

Interpretación de la multifuncionalidad en la evaluación de agroecosistemas

Interpreting multifunctionality in agroecosystem assessment

IDALIA ZARAGOZA-HERNÁNDEZ

Universidad Autónoma Chapingo. Programa de Posgrado en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Col. Chapingo, C.P. 56230, Texcoco, Estado de México, México.

zarher.id@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2575-3714>

JOSÉ LUIS ROMO-LOZANO

Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Col. Chapingo, C.P. 56230, Texcoco, Estado de México, México.

jlromo@aya.yale.edu

<https://orcid.org/0000-0002-1256-591X>

EDUARDO VALDÉS-VELARDE

Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Col. Chapingo, C.P. 56230, Texcoco, Estado de México, México.

valdevela@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6226-7443>

RUFO SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Agropecuarias. Avenida Universidad S/N, Zona De La Cultura, Colonia Magisterial, C.P. 86040, Villahermosa, Centro, Tabasco, México.

rufo.sanchez@ujat.mx

<http://orcid.org/0000-0002-4385-4837>

Recibido/Received:01/02/2025. Aceptado/Accepted: 06/05/2025.

Cómo citar/How to cite: Zaragoza Hernández, Idalia, Romo Lozano, José Luis, Valdés Velarde, Eduardo, Sánchez Hernández, Rufo, “Interpretación de la multifuncionalidad en la evaluación de agroecosistemas”, *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 264 (2025): 188-214. DOI: <https://doi.org/10.24197/recap.264.2025.188-214>

Este artículo está sujeto a una [licencia “Creative Commons Reconocimiento-No Comercial” \(CC-BY-NC\)](#). / Open access article under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC-BY 4.0\)](#).

Sumario: 1. Introducción. 2. Metodología. 3. Resultados y discusión. 3.1. Interpretación de multifuncionalidad de agroecosistemas. 3.2. Evaluación de la multifuncionalidad de agroecosistemas. 3.2.1. Características principales de la categoría EMDA. 3.2.2 Características principales de la categoría EMFA. 3.2.3. Características generales de los indicadores utilizados en la evaluación de la MF. 3.3. Consideraciones en la evaluación de la MF de agroecosistemas. 4. Conclusiones.

Resumen: La multifuncionalidad de los agroecosistemas ha evolucionado a lo largo de las últimas décadas, desde que se incorporó a la agenda mundial. En los últimos años, la investigación sobre su evaluación ha aumentado, aunque con metodologías, indicadores e interpretaciones variables. Este estudio analiza la aplicación del concepto de multifuncionalidad asociada con agroecosistemas, sus metodologías e indicadores de evaluación a través de una revisión de artículos en Scopus y Web of Science. Los resultados muestran una creciente integración del concepto de servicios ecosistémicos, destacando su entrega simultánea. Predominan las metodologías mixtas, con prioridad en el uso de indicadores ambientales. Las diferencias en la aplicación del concepto de multifuncionalidad influyen en la profundidad y alcance de las evaluaciones. La variabilidad en términos asociados se puede explicar por las diversas perspectivas de análisis, como el sector, disciplina o formación de los investigadores y usuarios del concepto.

Palabras clave: definición de multifuncionalidad del agroecosistema; funciones del agroecosistema; indicadores de multifuncionalidad del agroecosistema; servicios ecosistémicos; evaluación multidimensional de agroecosistemas.

Abstract: The multifunctionality of agroecosystems has evolved over the last decades since it was incorporated into the global agenda. In recent years, research on their evaluation has increased, albeit with varying methodologies, indicators, and interpretations. This study analyzes the application of the concept of multifunctionality associated with agroecosystems, its methodologies, and evaluation indicators through a review of articles in Scopus and Web of Science. The results show a growing integration of the concept of ecosystem services, highlighting their simultaneous delivery. Mixed methodologies predominate with priority given to the use of environmental indicators. Differences in applying the concept of multifunctionality influence the depth and scope of evaluations. The variability in associated terms can be explained by the different analytical perspectives, such as the sector, discipline, or background of the researchers and users of the concept.

Keywords: agroecosystem multifunctionality definition; agroecosystem functions; agroecosystem multifunctionality indicators; ecosystem services; agroecosystem multidimensional evaluation.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis de la multifuncionalidad (MF) agrícola o de los agroecosistemas se remonta a la década de 1990, cuando comenzaron a cuestionarse los modelos productivos centrados exclusivamente en la producción de alimentos (Moon, 2015). Esta evolución conceptual también se refleja en la terminología utilizada, destacando la incorporación de la expresión *agroecosistema*, ampliamente difundida en el ámbito académico para referirse a la evaluación de la MF de sistemas agrícolas. Aunque persiste el debate en la comunidad científica respecto a su aplicación, en esta investigación se parte de la acepción más básica de agroecosistema como sistema de producción, es decir, áreas destinadas principalmente a la producción de alimentos (de origen vegetal o animal), materias primas o combustibles. Sin embargo, se reconoce que los agroecosistemas deben entenderse como sistemas complejos que generan diversos servicios ecosistémicos, resultado de la interacción entre componentes bióticos, abióticos y sociales (Liu et al., 2022; Nicholls et al., 2015).

Estas interacciones abarcan dimensiones ecológicas, económicas, culturales, políticas y otras formas de participación humana, que reflejan las decisiones, racionalidades y conocimientos de los actores involucrados (Casanova et al., 2016; Gallardo-López et al., 2021; Melgarejo et al., 2021). En ese sentido, los servicios ecosistémicos (se presentan solo algunos ejemplos) que proveen los agroecosistemas se clasifican en servicios de *apoyo* (formación del suelo o el ciclo de nutrientes), de *aprovisionamiento* (alimentos, agua potable, recursos genéticos), de *regulación* (regulación climática, control de enfermedades, polinización) y *culturales* (valores espirituales, identidad cultural, ecoturismo), según lo presentado en la *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005). La provisión de estos servicios está condicionada tanto por el entorno natural como por factores históricos y sociales.

De acuerdo con lo anterior, el enfoque de la MF en la agricultura visibiliza un alcance amplio para incluir la diversidad de servicios que esta actividad presta a la sociedad (Zhang et al., 2023). En otras palabras, se reconoce que la agricultura implica múltiples interacciones socioecológicas cuyos resultados van más allá de la simple producción de alimentos o materias primas (Rodríguez Sousa et al., 2020). En esta investigación se plantea que la MF debe entenderse como la capacidad de los agroecosistemas para proveer simultáneamente diversos servicios ecosistémicos y que se deben tomar en cuenta los efectos positivos y/o negativos en su evaluación.

El interés por el paradigma de la agricultura multifuncional se incrementa cada vez más pues se asocia con la transición hacia sistemas agroalimentarios más resilientes, inclusivos y sostenibles (Murphy et al., 2023). La incorporación de tales propiedades representa una forma de atención a los problemas que afectan a los sistemas productivos, como el cambio climático, la migración y otras dinámicas globales (FAO, 2022; Stokes et al., 2023).

En este contexto, diversos actores sociales promueven el cambio hacia sistemas agrícolas más multifuncionales, los cuales, en un escenario ideal, deberían proporcionar servicios de aprovisionamiento, regulación, apoyo y culturales, dentro de límites socioeconómicos viables (Wittwer et al., 2021). Sin embargo, debido a la variedad de configuraciones, escalas y contextos de los agroecosistemas, la provisión de servicios varía entre unidades de producción, dando lugar a diferentes niveles o grados de multifuncionalidad (Moon, 2015; Stokes et al., 2023).

A pesar del reconocimiento creciente de la MF en la agricultura, su comprensión e interpretación continúan presentando ambigüedades. Diversos autores han señalado la falta de consenso respecto a las funciones o servicios que definen de manera universal este carácter multifuncional (Huang et al., 2015; Moon, 2015; Nowack et al., 2022; Zhang et al., 2023). Esta falta de claridad conceptual también se refleja en la diversidad de métodos, indicadores o variables empleadas para evaluar la MF de los agroecosistemas. Bajo este contexto, es de suma importancia identificar los contextos de aplicación del concepto de MF y sus alcances cuando se estudian los agroecosistemas bajo el paradigma de la agricultura multifuncional.

Con base en esta necesidad, en el presente estudio se plantearon los objetivos siguientes: 1) analizar la interpretación de MF en investigaciones que realizaron la evaluación de agroecosistemas; 2) describir las evaluaciones realizadas de agroecosistemas a través de la identificación de los tipos de metodologías e indicadores utilizados. La atención de los dos objetivos se sustentó en la revisión de literatura científica que se encuentra en bases de datos, según se explica en el apartado siguiente.

2. METODOLOGÍA

En primer lugar, se realizaron pruebas exploratorias en bases de datos científicas mediante distintas combinaciones de términos clave relacionados con la evaluación de agroecosistemas desde la perspectiva de

la MF de los sistemas de producción agrícola. A partir de los ejercicios que ofrecieron resultados en línea con el tema de interés, se definieron las palabras clave utilizadas en las siguientes fórmulas de búsqueda.

Scopus: TITLE-ABS-KEY (((multifuncio* OR "multi-funcio*" OR "multiple funcio*") AND (agricultu* OR agroecosystem* OR "agroecosystem*") AND (assess* OR evalua* OR measu* OR analy* OR quant* OR valua*)) AND (indicator* OR criteria OR variable OR index* OR factor*)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "AGRI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "ENVI")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")).

Web of Science: TS=((multifuncio* OR "multi functional*" OR "multiple function*") AND (agricultu* OR agroecosystem* OR "agroecosystem*") AND (assess* OR evalua* OR measu* OR analy* OR quant* OR valua*)) AND (indicator* OR criteria OR variable OR index* OR factor*)).

En ambas bases de datos, la búsqueda se limitó a artículos científicos dentro de las áreas de investigación de ciencias ambientales y agricultura, considerando el periodo comprendido desde el primer registro disponible hasta el año 2024.

Los resultados obtenidos fueron depurados para eliminar duplicados entre bases de datos. Posteriormente, se realizó la revisión de los resúmenes con el fin de seleccionar únicamente aquellos estudios relacionados con la evaluación de la MF de agroecosistemas. Estos trabajos fueron descargados para su lectura detallada. Como resultado, se identificaron 94 estudios que reportan explícitamente indicadores (o sus equivalentes) empleados en la evaluación de agroecosistemas.

La revisión del concepto de multifuncionalidad se realizó a partir de una muestra de los artículos más citados y otra de los más recientes (Cuadro 1). Con base en este análisis, se exploró la interpretación del concepto, cuyos resultados se presentan en el apartado 3.1 de este documento.

La información referente a los sistemas evaluados, las metodologías empleadas y los indicadores analizados fue sistematizada en una base de datos elaborada en Excel. A partir de esta base, se calcularon los porcentajes y las tablas que se presentan en la sección de resultados y discusión. Además, con el propósito de ilustrar visualmente los indicadores más utilizados en las evaluaciones, se generó una nube de palabras a partir de una muestra de estos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La revisión de los 94 artículos científicos sobre la evaluación de la MF de agroecosistemas permitió identificar, según las metodologías aplicadas en las investigaciones, dos enfoques principales que a continuación se explican. Un grupo que representa el 43% de los manuscritos, se centró en superficies con diversos usos de la tierra. En estos estudios, las áreas evaluadas combinaban sistemas de producción agropecuaria, vegetación natural y exótica, humedales, zonas urbanas y otros usos específicos. Tales estudios resaltan el papel de los agroecosistemas en relación con otras actividades. Debido a estas características, este conjunto de investigaciones se denominó, para los fines de esta revisión, como "Evaluación Multidimensional de Agroecosistemas" (EMDA).

Dadas las particularidades antes mencionadas, también se sugiere que este conjunto de investigaciones podría identificarse según el objeto de estudio, por ejemplo: evaluación de la MF de paisajes agrícolas, valuación de la MF de usos de la tierra o términos equivalentes, como así lo denominan en algunos de los trabajos incluidos en este grupo (Li et al., 2022; Xue et al., 2022; Seifert et al., 2024). Aunque en esta línea se incluyen evaluaciones que destacan a la agricultura como una actividad dentro de un conjunto de usos de la tierra, hay otras que profundizan en el papel de la actividad agrícola en el desarrollo rural o la multifuncionalidad de áreas circundantes. Estas observaciones se documentan en la presente revisión como una propuesta para considerarse en estudios futuros, cuya implementación podría facilitar la distinción de los alcances entre los diferentes tipos de evaluaciones de la MF relacionada con la agricultura. Es importante mencionar que los trabajos incluidos en este grupo se realizaron en superficies extensas, incluso abarcando un país o conjunto de países.

El restante 57% corresponde a investigaciones focalizadas en la actividad agrícola, pecuaria o agroforestal, que se identificaron como "Evaluación de la Multifuncionalidad de Agroecosistemas" (EMFA), las cuales se basaron en la biodiversidad o en las características del suelo y en algunos casos se trataron de evaluaciones orientadas a lo holístico de unidades de producción. En este grupo se incluyen desde microcosmos experimentales hasta estudios que se efectuaron a nivel de país.

En concreto, mediante la clasificación aplicada se separaron las evaluaciones enfocadas exclusivamente en agroecosistemas, de los estudios de diferentes usos de la tierra en conjunto, incluyendo agroecosistemas.

3.1. Interpretación de multifuncionalidad de agroecosistemas

Los resultados descritos muestran que el análisis de la MF puede ser aplicado a cualquier sistema de producción, área natural o de interés general (Huang et al., 2015). No obstante, el uso generalizado de este término ha generado diferentes interpretaciones (Stürck and Verburg, 2017), las cuales han evolucionado con el paso del tiempo. Tal situación se ha observado en los conceptos que forman parte de la MF. Por ejemplo, a finales de los años noventa, se propuso la redefinición de "recursos naturales" como "funciones naturales", al referirse a los bienes y servicios proporcionados por el entorno natural. Este cambio destaca la importancia de los elementos naturales como componentes esenciales de sistemas complejos, vitales para la existencia humana, a la vez que se descarta el término "recurso", que connota una perspectiva de tipo económica (de Groot, 1987).

En relación con lo anterior, se observa que la identificación de los grupos EMDA y EMFA, tiene asociación con lo documentado por Huang et al. (2015), quienes concluyeron que existen dos comunidades científicas estrechamente relacionadas por el uso del término "función" pero que operan de forma independiente. Según los autores, una es la que estudia la agricultura multifuncional centrada en la actividad agrícola que correspondería a la EMFA de esta investigación; y la otra se enfoca en los servicios ecosistémicos que se asemeja a las evaluaciones clasificadas como EMDA. Sin embargo, en el presente trabajo se encontró que, en las publicaciones más recientes, existe la tendencia de referirse a los servicios ecosistémicos como parte del concepto de MF para cualquier sistema, incluidos los enfocados en la producción (Cuadro 1). Esto sugiere un reconocimiento más amplio de que la actividad agropecuaria debe considerar sus efectos sobre las funciones del sistema y sus externalidades desde diversas perspectivas. A partir del análisis realizado sobre la MF, en este trabajo de revisión se defiende que tanto el sentido positivo como el negativo son necesarios para un análisis integral orientado a lo holístico; por lo tanto, cuando se realice una evaluación, los sistemas que se aproximan a la MF deseada sean aquellos que maximizan los efectos positivos sobre los negativos.

Los argumentos anteriores representan un avance a lo encontrado hace varios años por Andersen et al., (2013) sobre como la concepción de MF de la agricultura mostraba un sentido positivista, cuando se hace énfasis en

las funciones o servicios que son percibidos como buenos o que aportan a la demanda de la sociedad, pero sin hacer mayor análisis sobre los efectos negativos ocurridos durante el manejo del sistema. Esta y otras interpretaciones del concepto de interés se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Interpretación de MF de agroecosistemas.

Referencia	Título de la publicación	Interpretación de MF
Willemen et al., 2010*	Space for people, plants, and livestock? Quantifying interactions among multiple landscape functions in a Dutch rural region	Provisión de diferentes bienes y servicios
Crossman & Bryan, 2009*	Identifying cost-effective hotspots for restoring natural capital and enhancing landscape multifunctionality	Provisión de una gran cantidad de funciones relacionadas con la prosperidad y la sostenibilidad social, económica y ambiental
Rodríguez-Loinaz et al., 2015*	Multiple ecosystem services landscape index: A tool for multifunctional landscapes conservation	Capacidad de un paisaje para proporcionar una variedad de servicios ecosistémicos, independientemente de su valor de mercado, considerando todos los servicios como de igual importancia
Stürck & Verburg, 2017*	Multifunctionality at what scale? A landscape multifunctionality assessment for the European Union under conditions of land use change	Provisión de múltiples servicios ecosistémicos
Parra-López et al., 2008*	A systemic comparative assessment of the multifunctional performance of alternative olive systems in Spain within an AHP-extended framework	Las múltiples funciones y roles que desempeña la agricultura, más allá de la producción de alimentos, incluyendo aspectos

Referencia	Título de la publicación	Interpretación de MF
		económicos, ambientales, sociales y culturales
Andersen et al., 2013*	An indicator-based method for quantifying farm multifunctionality	Provisión de funciones de manera equilibrada
Alignier et al., 2024**	Assessing cropping system multifunctionality: An analysis of trade-offs and synergies in French cereal fields	Funciones más allá de la producción de alimentos y contribución en la gestión de recursos, la conservación de la biodiversidad, el bienestar de los agricultores y los ciudadanos, el desarrollo rural y el empleo, la identidad cultural y el paisaje, etc.
Garba et al., 2024**	Optimizing ecosystem function multifunctionality with cover crops for improved agronomic and environmental outcomes in dryland cropping systems	Varias funciones ecosistémicas se proporcionan simultáneamente
Zhou et al., 2024**	Converted paddy to upland in saline-sodic land could improve soil ecosystem multifunctionality by enhancing soil quality and alleviating microbial metabolism limitation	Realizar múltiples funciones simultáneamente
Lin & Yun, 2023**	Spatiotemporal Dynamics of Ecosystem Services Driven by Human Modification over the Past Seven Decades: A Case Study of Sihua Agricultural Watershed, China	Capacidad de los ecosistemas para proporcionar una variedad de servicios ecosistémicos

Referencia	Título de la publicación	Interpretación de MF
Yang et al., 2023**	Nitrogen inhibitors improve soil ecosystem multifunctionality by enhancing soil quality and alleviating microbial nitrogen limitation	Provisión de múltiples funciones simultáneamente
Zhang et al., 2023**	The development of multifunctional agriculture in farming regions of China: Convergence or divergence?	La MF se representó mediante la función de suministro de productos agrícolas, la función económica, la función social y la función ecológica de los paisajes agrícolas.

*Fuente: Elaboración propia a partir de una muestra de los *artículos más citados y de los **más recientes sobre evaluación de la MF.*

Los artículos más citados que al mismo tiempo son de los primeros publicados, según esta revisión, utilizan las palabras, “provisión”, “capacidad”, “funciones”, “servicios” y especificaciones para algunos términos (por ejemplo, “funciones sociales”, “servicios ambientales”). En fechas más actuales, se incorporan las palabras “servicio ecosistémico” y “simultáneo” (y sus equivalentes); este último sugiere una forma de enfatizar que la existencia de las funciones o servicios ocurre en conjunto. A decir de varios autores, es necesario prestar mayor atención a la estrecha relación que guardan los fenómenos y sus interacciones tanto al interior del sistema como con su entorno cuando se investiga sobre estos temas (Moon, 2015; Garland et al., 2021; Stokes et al., 2023).

Con respecto a los términos utilizados, se observa que algunos investigadores utilizan palabras que confieren mayor claridad que otras, en la definición. Ejemplo de esto es el caso de “provisión” que tiene la connotación de que el sistema contiene o produce, mientras que “capacidad” denota que la producción o generación de “algo” puede cambiar, es decir, que los sistemas presentan ciertas propiedades o características que resultan en una menor o mayor MF. A partir de esto se propone que el término “capacidad” otorga mayor precisión que solo “provisión”. Derivado de lo anterior, se sugiere que la conjunción de

ambos términos, es decir, “capacidad de provisión”, favorece en la claridad de la definición de MF.

Continuando con el uso de términos, algunos especialistas señalan que el concepto de MF agrícola se usa parcialmente, como sinónimo de diversificación agrícola, en cuyo caso los sistemas se vuelven multifuncionales tan pronto como se dedican a diversas actividades, además de la producción de alimentos (Nowack et al., 2022). De acuerdo con el razonamiento del párrafo anterior, estos casos estarían más alineados con el uso del término “provisión”.

Otros autores exponen la necesidad de diferenciar dos tipos de MF: 1) MF de la función del ecosistema y 2) MF del servicio del ecosistema (Manning et al., 2018; Garland et al., 2021). La primera se refiere a la función de los procesos biológicos, geoquímicos y físicos dentro del ecosistema, mientras que la segunda corresponde al suministro simultáneo de múltiples servicios ecosistémicos (derivados de las propiedades y procesos de los ecosistemas) en relación con la demanda humana (Manning et al., 2018).

Por su parte, Hölting et al., (2019) hacen referencia a la escala, en su trabajo aplicaron los términos “alfa-multifuncionalidad” que definen como la diversidad de la oferta de servicios ecosistémicos a nivel municipal; y “beta-multifuncionalidad” cuando se trata de la contribución de los servicios ecosistémicos de cada municipio a la oferta regional de servicios ecosistémicos. Aunque ambos términos fueron utilizados para una superficie extensa, se considera que es necesario diferenciar la escala incluso en sitios de menores dimensiones, cuando se realiza la evaluación de la MF.

Otra consideración reiterada en las investigaciones es la estrecha relación que existe entre la MF y la sostenibilidad. Algunos autores refieren que la MF es una herramienta o un camino hacia la sostenibilidad (Rodríguez Sousa et al., 2020; Zhang et al., 2023) e indican que las evaluaciones de la MF son necesarias para identificar prácticas sostenibles en la agricultura (Ostandie et al., 2022).

De acuerdo con esta revisión, la definición de MF se encuentra influenciada por el sector, campo o formación de los usuarios del término e incluso los mismos términos que componen la definición pueden cambiar su interpretación. Esto se traslada a los alcances o profundidad de la evaluación o cuantificación de la MF de los agroecosistemas.

Los planteamientos antes descritos refieren que toda actividad productiva hace uso de las funciones ambientales vía los servicios

ecosistémicos, siendo el ser humano quien realiza un uso más intensivo que otros seres vivos. En particular, la actividad agrícola está relacionada de manera sustancial con las funciones ambientales, dada la intervención directa que existe sobre los elementos naturales para la consecución de la producción. En este sentido, los efectos positivos y negativos ocurren dentro de esa MF agrícola.

3.2. Evaluación de la multifuncionalidad de agroecosistemas

Como se describió en el apartado anterior, en el análisis de la MF se consideran elementos desde diferentes dimensiones, aspectos, funciones o servicios. A su vez, cada uno de estos se compone de categorías más específicas. En algunos trabajos se detallan varios niveles de desagregación; por ejemplo, tipo de servicio ecosistémico, subtipo de servicio ecosistémico, tipo de función y proxy o indicador (Alignier et al., 2024). Otro ejemplo con menos desagregación es categoría o tipo de función o servicio ecosistémico, subtipo de función y proxy o indicador (Ostandie et al., 2022; Garba et al., 2024). En varios de los trabajos recientes se muestra preocupación por justificar los *proxies* o indicadores utilizados mediante marcos metodológicos que integran diferentes niveles de desagregación.

En la mayoría de los trabajos se observa el interés por aplicar al menos un indicador relacionado con la producción o provisión de alimentos, fibras o combustibles. Aún así, los indicadores se refieren en esencia a aspectos ambientales de los agroecosistemas. En los párrafos siguientes se explican más detalles para cada grupo de investigaciones.

3.2.1. Características principales de la categoría EMDA

Los estudios de este grupo se realizaron, principalmente, en grandes superficies, emplearon análisis espacial o simulación, requiriendo fuentes secundarias de información para efectuar la evaluación de la MF.

También se destaca el uso de métodos mixtos con la participación de expertos o tomando en cuenta la opinión de diferentes actores relacionados con los sistemas sometidos a evaluación, como productores y funcionarios públicos. En particular, se observa que se están incorporando los métodos de análisis multicriterio (MAMC), en donde el proceso jerárquico analítico es el más aplicado.

Los estudios del grupo EMDA proporcionan una visión integral de la MF de áreas amplias, aprovechando herramientas e información existentes que se actualizan constantemente. Sin embargo, los propios autores de estas investigaciones señalan varias limitaciones que deberán abordarse en futuros trabajos. Entre estas se encuentran la disponibilidad y calidad de los datos utilizados, lo cual puede afectar la precisión y representatividad de los resultados obtenidos (Li et al., 2022; Tran et al., 2022; Lin and Yun, 2023). También se destaca la escasez de datos empíricos, lo que en algunos casos podría introducir subjetividad y limitar la precisión de los resultados (Tran et al., 2022). Además, se reconoce que la selección de funciones o paquetes de servicios ecosistémicos depende de los investigadores o de la información disponible, lo que puede tener un carácter subjetivo (Stürck and Verburg, 2017; Ren, 2021).

3.2.2 Características principales de la categoría EMFA

La información utilizada proviene principalmente de mediciones en campo, encuestas, entrevistas y, en menor medida, de datos secundarios. Las investigaciones de este grupo suelen incluir indicadores más especializados que los del grupo EMDA, ya que abordan temas específicos como el suelo, la biodiversidad o estudios de laboratorio detallados. Generalmente, son estudios que se han realizado a nivel de muestras de suelo, en fincas y en algunos casos en grandes superficies, pero enfocados en alguno elemento o componente del sistema. También se observa la incorporación, principalmente, del proceso analítico jerárquico, cuando se utilizan los MAMC.

En el grupo EMFA, se menciona que los resultados de las evaluaciones dependen de las prácticas agrícolas aplicadas a través del tiempo (Rodríguez Sousa et al., 2020; Yang et al., 2023), en ese sentido existe la limitante de la falta de seguimiento o mecanismos de monitoreo del sistema agrícola de interés, para mayor comprensión de dichos resultados. De manera similar que en el grupo EMDA, el peso que se otorga a los indicadores puede presentar cierta subjetividad (Marques-Perez and Segura, 2018; Rodríguez Sousa et al., 2020), por lo tanto, es necesario experimentar con diferentes metodologías en la búsqueda de las más robustas, para este tema complejo.

3.2.3. Características generales de los indicadores utilizados en la evaluación de la MF

Aunque la mayoría de las investigaciones trata de analizar diferentes dimensiones, aún prevalecen los indicadores de tipo ambiental en términos de cantidad. La figura 1 muestra las variables o indicadores que se emplean con más frecuencia en las evaluaciones que se han realizado. Esta tendencia coincide con los señalamientos de algunos investigadores, quienes remarcan el desequilibrio en el tipo de indicadores en las evaluaciones relacionadas con la MF o sostenibilidad (Nowack et al., 2022; Lin and Yun, 2023).

Los indicadores más comunes están relacionados con la fertilidad del suelo y la producción, tal como se evidencia en las palabras de mayor tamaño en la Figura 1. Aunque se han utilizado indicadores de tipo socioeconómico, se observa una clara predominancia de aquellos de temas ambientales. Por lo tanto, es necesario mejorar el balance entre los diferentes tipos de indicadores o prestar atención en sus ponderaciones con el fin de lograr una evaluación más exhaustiva y equilibrada, considerando las interacciones positivas y negativas que ocurren en los sistemas.

Figura 2. Indicadores más frecuentes en la evaluación de la MF de agroecosistemas.



Fuente: Elaboración propia a partir de los indicadores citados en una muestra de los artículos, mismos que se identifican en la lista siguiente: 10.1007/s10980-016-0459-6, 10.1016/j.agee.2017.06.007, 10.1016/j.agry.2024.104062, 10.1016/j.ecolecon.2008.05.003, 10.1016/j.ecolind.2009.02.015, 10.1016/j.ecolind.2022.109210,

10.1016/j.jenvman.2014.09.001, 10.1016/j.jenvman.2024.122259, 10.1016/j.landurbplan.2008.08.004,
 10.1016/j.landusepol.2016.07.028, 10.1016/j.landusepol.2017.08.025, 10.1016/j.landusepol.2020.104982,
 10.1016/j.landusepol.2022.106355, 10.1016/j.landusepol.2023.106576, 10.1016/j.scitotenv.2022.158707,
 10.1080/21513732.2017.1399929, 10.1111/1365-2664.13260, 10.1111/ejss.13345, 10.12912/27197050/132094,
 10.3389/fenvs.2022.1063907, 10.3390/ijerph20031938, 10.3390/land10040418, 10.3390/land12030577, 10.3390/su14159285,
 10.1007/s00267-018-1043-4, 10.1007/s10457-010-9328-5, 10.1016/j.agee.2018.08.016, 10.1016/j.agee.2020.107206,
 10.1016/j.agee.2023.108539, 10.1016/j.agry.2014.02.001, 10.1016/j.agry.2021.103071, 10.1016/j.agry.2022.103489,
 10.1016/j.agry.2024.104100, 10.1016/j.apsoil.2019.03.011, 10.1016/j.ecolecon.2007.05.004, 10.1016/j.ecolecon.2020.106658,
 10.1016/j.ecolind.2012.09.025, 10.1016/j.ecolind.2017.04.009, 10.1016/j.ecolind.2023.110496, 10.1016/j.eja.2024.127188,
 10.1016/j.geodrs.2018.e00181, 10.1016/j.jclepro.2022.132768, 10.1016/j.scitotenv.2023.163238,
 10.1016/j.scitotenv.2023.163683, 10.1016/j.soilbio.2021.108514, 10.1111/1365-2664.12765, 10.1111/1365-2664.14285,
 10.1111/ejss.13019, 10.17221/291-agricon.2023.103682, 10.30682/nm1802d, 10.3390/agriculture14040558,
 10.3390/agronomy14071552, 10.3390/land11122194 y <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=s-2-s-0-80054078482&partnerID=40&md5=827e1c24e877d18d4ce556d90e981263>.

En relación con el número de indicadores o *proxies* empleados en las investigaciones, se observa una notable variabilidad (Cuadro 2), abarcando desde aquellas que utilizaron tres hasta las que emplearon más de 40, con un promedio de 13 indicadores para evaluar la MF. Esta condición ilustra la complejidad inherente al tema.

Tabla 2. Variables e indicadores utilizados en la evaluación de la MF de agroecosistemas.

Referencia	Variables o indicadores. Tamaño del área de estudio.
Willemen et al., 2010*	Tamaño de la finca; Uso/cobertura del suelo sin cambios; Uso homogéneo del suelo agrícola; Área natural homogénea; Áreas naturales agrupadas; Apertura del paisaje; Distancia a la autopista; Presencia de parque empresarial/industria; Proximidad a espacios naturales; Proximidad a espacio natural accesible; Presencia de caminos pequeños; Proximidad a instalaciones recreativas; Nivel freático en invierno y verano; Suelo arenoso; Suelo arcilloso arenoso; Suelo de turba; Tamaño medio de explotación; Número de fincas vecinas; Distancia a zonas residenciales; Ausencia de carreteras. <i>Superficie del área de estudio: aproximadamente 75,000 ha.</i>
Crossman y Bryan, 2009*	Ingreso agrícola anual promedio; Rentabilidad económica neta; Índice de Diversidad de Shannon; Beneficios para especies y ecosistemas; Beneficio total para el suelo; Beneficios para el agua; Total de equivalentes de CO2 secuestrados/año. <i>Superficie del área de estudio: 11.87 millones de ha.</i>
Rodríguez-Loinaz et al., 2015*	Densidad de cabezas de ganado; Producción agrícola; Madera en plantaciones forestales; Escorrentía, suministro de agua renovable; Carbono almacenado en suelo y biomasa; Carbono orgánico en el suelo; Evapotranspiración; Capacidad de almacenamiento de agua del suelo; Agua del suelo en capacidad de filtración; Cobertura de bosque ribereño en río; Cobertura de bosque natural; Zonas sin erosión; Densidad del turismo rural establecimientos; Zona de especial protección; Hábitat de interés comunitario. <i>Superficie del área de estudio: 720,000 ha.</i>

Stürck & Verburg, 2017*	Producción de cultivos; Materia prima; Regulación del clima; Regulación de inundaciones; Polinización; Control de la erosión; Turismo de naturaleza; Comida salvaje; Función residencial; Conectividad del hábitat; Agro-biodiversidad; Hábitat de megafauna. <i>Área de estudio: Unión Europea.</i>
Parra-López et al., 2008*	Ingreso; Estabilidad de los ingresos en el tiempo; Autonomía frente a subsidios institucionales; Independencia de los insumos externos a los agrícolas; Oportunidades comerciales y de venta; Productividad; Cosecha con crecientes perspectivas de éxito; Calidad del aceite de oliva; Condiciones de salud del trabajo de los agricultores; Empleo local directo; Empleo local indirecto; Justicia social en las zonas rurales; Presencia de la agricultura en regiones desfavorecidas; Compatibilidad con los valores socioculturales locales; Uso recreacional; Menos erosión del suelo; Fertilidad del suelo; Uso racional del agua de riego; Menos contaminación del agua; Menos contaminación atmosférica; Biodiversidad. <i>Área de estudio: 4.04 millones de ha.</i>
Andersen et al., 2013*	Unidades agrícolas en propiedad; Motivo de propiedad; Tiempo de trabajo del cónyuge en la finca; Nuevo edificio de granja; Nuevos drenajes; Irrigación en finca; Área de cultivo del área total; Planes para áreas reservadas; Terreno alquilado; Número de ganado; Cambio, pasto a rotación; Cambio, sin cultivar a la rotación; Formulario de propiedad; Número de residentes de la granja; Motivo de propiedad; Nuevos edificios de granja residencial; Edificios de producción cambiados a residenciales; Tierra alquilada; Mejoras en jardines privados; Área de pasto; Área forestal; Área no cultivada; Planes para cambios de retirada de tierras; Edad de las áreas naturales; Estado de la agricultura ecológica; Número aumentado de la vida silvestre observada; Cambio, rotación a pasto; Cambio, rotación a baldío; Setos plantados; Diques establecidos; Pequeñas áreas naturales establecidas; Nuevos estanques o lagos; Bordes de ríos sin cultivar; Subvenciones para la reducción de nitratos; Subvenciones para pastos permanentes; Subvenciones para proyectos de naturaleza; Actividades de caza; Interés por la vida silvestre (no la caza); Mejora del terreno de caza; Actividades de pesca; Actividades de equitación; Nuevo bosque plantado; Mejoras de accesibilidad (establecimiento de caminos y senderos); La recreación de otras personas; Valor de amenidad expresado; Actividades recreativas de la familia campesina. <i>Área de estudio: 11,300 ha.</i>
Alignier et al., 2024**	Riqueza de especies de carábidos; Riqueza de morfo-grupos de insectos visitantes de flores; Riqueza de malezas; Abundancia de carábidos; Abundancia de arañas; Abundancia de estafilínidos; Abundancia de larvas de mariquitas; Abundancia de sírfidos; Abundancia de áfidos; Abundancia de malezas problemáticas; Abundancia de insectos que visitan flores de malezas; Rendimiento del

	cultivo; Margen semineto; Horas de trabajo. <i>Área de estudio: parcelas de cereales, sin especificar la superficie.</i>
Garba et al., 2024**	Acumulación de biomasa; Rendimiento de los cultivos comerciales; Rentabilidad del sistema; Eficiencia de barbecho; Nematodos de vida libre; Nematodo parásito; Respiración acumulada del suelo; Carbón activo; Supresión de biomasa de malezas; Nitrógeno en la biomasa del cultivo de cobertura; Fijación biológica de Nitrógeno; Acumulación de Nitrógeno en barbecho; Agregados mega y macro, 0-10 cm; Agregados mega y macro, 10-30 cm. <i>Área de estudio: parcelas experimentales de 40 m².</i>
Zhou et al., 2024**	β -glucosidasa; Celobiosidasa; Sacarasa; N-acetil-glucosaminidasa; Ureasa; Fosfatasa; Catalasa; Deshidrogenasa; Leucina-aminopeptidasa. <i>Área de estudio: parcelas de arroz y maíz, sin especificar la superficie.</i>
Lin & Yun, 2023**	Producción de arroz, algodón y cultivos oleaginosos; Producción de productos de agua dulce; Volumen de rendimiento de agua; Volumen de escorrentía; Índice de calidad del hábitat; Exportación total de nitrógeno; Exportación total de fósforo; Capacidad de almacenamiento de carbono; Materia orgánica del suelo; Valor de pH; Índice de potencial de recreación. <i>Área de estudio: 1,154,750 ha.</i>
Yang et al., 2023**	pH del suelo; Carbono de biomasa microbiana; Nitrógeno de biomasa microbiana; Contenido de agua del suelo; Carbono orgánico del suelo; Temperatura del suelo; Nitrógeno total del suelo; Fósforo total; Potasio total; Nitrógeno disponible; Fósforo disponible (Olsen-P); Potasio disponible; Enzima de adquisición de carbono; Enzima de adquisición de nitrógeno; Enzima de adquisición de fósforo; β -glucosidasa; Celobiosidasa; β -1,4-N-acetilglucosaminidasa; Fosfatasa alcalina; Leucina aminopeptidasa. <i>Área de estudio: parcelas experimentales de 19.25 m², 16.5 m², 20 m² y 30 m².</i>
Zhang et al., 2023**	Rendimiento del cultivo; Participación per cápita en el rendimiento de cereales; Proporción de tierra cultivada; Índice de cultivos múltiples; Valor añadido agrícola per cápita; Productividad laboral para la producción de granos; Nivel de mecanización agrícola; Provisión de empleo; Superficie de tierras agrícolas per cápita; Ingreso neto per cápita; Intensidad de aplicación de fertilizante químico; Capacidad de suministro de agua; Valor del servicio ecosistémico; Dominio ecológico de las tierras cultivadas; Índice de biodiversidad. <i>Área de estudio: región comprendida por cinco provincias (Jiangsu, Anhui, Shandong, Henan y Hebei) y dos municipalidades (Beijing y Tianjin) de China.</i>

Fuente: Elaboración propia a partir de una muestra de los *artículos más citados y los **artículos más recientes.

En términos generales, se observa que, en la muestra presentada, los estudios que profundizan en las funciones del sistema han utilizado análisis muy especializados sobre elementos de los agroecosistemas, de

acuerdo con la presente revisión. El Cuadro 2 también ilustra que las escalas son variables, desde experimentos en parcelas hasta nivel de país.

La diversidad de elementos considerados entre las investigaciones dificulta realizar comparaciones de los resultados. Un aspecto para mejorar la evaluación de la MF es la justificación de los indicadores o variables seleccionadas. Garland et al. (2021) enfatizan esta necesidad en su trabajo. En esa misma línea, Stokes et al. (2023) recomienda caracterizar la magnitud, estabilidad y vulnerabilidad de los indicadores de servicios ecosistémicos valorados.

Desde una perspectiva general, la evaluación de los agroecosistemas se caracteriza por la aplicación de metodologías mixtas (análisis espacial, modelación, cuestionarios, entrevistas, mediciones de campo y experimentos), mediante indicadores, principalmente, de tipo ambiental. Las escalas en su mayoría corresponden a varias unidades de producción en conjunto o superficies tan extensas como un país que requieren información de fuentes secundarias.

3.3. Consideraciones en la evaluación de la MF de agroecosistemas

Además de los conceptos mencionados en los apartados anteriores, el mismo término “evaluación” requiere de una explicación más detallada. Al respecto, Andrich and Marais (2019) mencionan que los términos “propiedad”, “rasgo”, “construcción”, “atributo” y “variable” se pueden utilizar en diferentes áreas del conocimiento como sinónimos. Trasladando el análisis al presente manuscrito, la MF es una propiedad, rasgo o algún otro sinónimo, de los agroecosistemas. Esto implica que no se mide directamente, sino que se mide su manifestación. Los autores referidos argumentan que antes de que se pueda medir un rasgo es necesario contar con un procedimiento controlado para manifestar la propiedad, a este procedimiento se le denomina evaluación. A esta la definen como “un conjunto de observaciones que surgen cuando las manifestaciones de alguna propiedad se observan de alguna manera sistemática aceptable para la investigación o el área de especialización”.

Por otro lado, es necesario enfatizar que el término “multifuncional” se utiliza para cualquier ámbito relacionado con el ser humano. En su acepción más común, es un calificativo para cualquier sistema que ofrece más de una función o servicio. Tal interpretación es utilizada en algunas investigaciones que abordan el carácter multifuncional de la agricultura. Al respecto, en los siguientes párrafos se resaltan algunos argumentos que

pueden explicar las diferentes formas de analizar la MF, según los resultados de esta investigación.

El primer argumento se refiere a la inexistencia de actividades productivas unifuncionales, dicho de otra forma, en mayor o menor medida las acciones realizadas para lograr un objetivo en un sistema presentan más de un efecto positivo o negativo dentro o al exterior de este. Sin embargo, los estudios que analizan la MF agrícola, en general, incluyen indicadores para evaluarla desde el lado favorable, así lo describe Andersen et al., (2013), quienes discuten la visión positivista de la agricultura. En este sentido, la postura que se defiende en ese manuscrito es que la MF agrícola deseable, en un análisis objetivo, es aquella que maximice los efectos positivos y minimice los negativos.

Otra situación sobre la diversidad de perspectivas es que la interpretación de MF bajo la cual se realizaron las evaluaciones generalmente no está explícita. Esto dificulta la comparación de los resultados de las investigaciones. De ahí, secundar la sugerencia de algunos autores sobre la necesidad de explicar el uso de uno u otro indicador.

Las condiciones antes descritas explican el motivo de los diferentes enfoques y alcances bajo los cuales se han realizado las evaluaciones de MF de agroecosistemas. Algunos aplican de manera más fiel la definición de evaluación explicada en el primer párrafo de este apartado. De forma que realizan el análisis de un marco metodológico sobre la MF, es decir, generan un procedimiento controlado para evaluar la manifestación de la propiedad y luego cuantifican la MF, esto significa que avanzan más allá de la evaluación. En otro enfoque se combinan ambas estrategias; sin embargo, se observa que, en la mayoría de los casos, no se distingue claramente entre la evaluación y la cuantificación, ya que se presentan como conceptos sinónimos.

Asimismo, el nivel de profundidad de los estudios en términos de escala y enfoque de variables confirman la diversidad de interpretaciones de MF en relación con agroecosistemas. Así se encuentran investigaciones, en referencia a la escala, que analizan la MF asociada con agroecosistemas en superficies extensas hasta las que utilizan muestras en laboratorio. Con respecto al enfoque, se han aplicado aquellas que evalúan indicadores en diferentes dimensiones hasta las que se especializan en variables de la salud del suelo o las relacionadas con biodiversidad.

3.4. Limitaciones del estudio y futuras investigaciones

Si bien en esta revisión se realizó un análisis general de los indicadores empleados, se considera necesario que futuras investigaciones profundicen en el tipo de indicador utilizado según cada perspectiva —ya sea por escalas de análisis, tipos de dimensiones, funciones o servicios ecosistémicos, o métodos de evaluación— con el fin de caracterizar de manera más precisa las evaluaciones existentes.

Por la sistematización que ofrecen los repositorios utilizados, esta revisión se enfocó en literatura registrada en las bases de datos Scopus y Web of Science; sin embargo, se reconoce la conveniencia de incorporar en trabajos futuros artículos científicos no indexados en estas plataformas, lo cual permitiría ampliar el panorama de análisis.

La evaluación multidimensional de agroecosistemas aún se encuentra difusa entre la evaluación de la MF agrícola en grandes escalas, MF de usos de la tierra, MF rural y MF del paisaje agrícola. Explorar este campo con mayor profundidad resulta especialmente pertinente, dado que en la actualidad se sugiere su aplicación como herramienta para el diseño e implementación de políticas públicas relacionadas con la agricultura sostenible.

4. CONCLUSIONES

Las investigaciones revisadas utilizan e interpretan la MF de forma diversa, influida por la escala, el objeto de estudio y el enfoque conceptual, principalmente. En la revisión realizada se identificaron dos enfoques principales: la EMDA que se aplica a superficies con usos múltiples del suelo, y la EMFA, enfocada en sistemas agrícolas más específicos. Si bien hay una tendencia creciente a perspectivas más integrales, prevalece la falta de una definición explícita de MF y se omiten los efectos negativos que pudieran presentarse. Este panorama pone de relieve la necesidad de precisar conceptualmente la MF y delimitar claramente el tipo de evaluación empleada, en función del objeto de estudio, así como de incorporar de forma sistemática tanto los aportes positivos como las externalidades negativas de la actividad agropecuaria en futuras investigaciones.

Las evaluaciones de MF en agroecosistemas muestran gran heterogeneidad metodológica. Las EMDA emplean análisis espaciales y fuentes secundarias, mientras que las EMFA se basan en datos de campo y análisis especializados. Predominan los indicadores ambientales,

especialmente sobre suelo y productividad en términos de frecuencia. Además, hay variabilidad en el número de indicadores utilizados y poca justificación en su selección. Estas limitaciones reducen la comparabilidad entre estudios. Para avanzar, se requieren marcos metodológicos más equilibrados, justificados y transparentes que integren múltiples dimensiones y distingan claramente entre evaluación y cuantificación, fortaleciendo así la solidez de futuras evaluaciones en agroecosistemas. Estos avances en los procesos de evaluación pueden contribuir a decisiones técnicas, científicas y de política pública más informadas y coherentes, que promuevan una agricultura más sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- ALIGNIER, Audrey, CAROF, Matthieu, AVIRON, Stéphanie, «Assessing cropping system multifunctionality: An analysis of trade-offs and synergies in French cereal fields», *Agricultural Systems*, vol. 221, 104100, (2024). <https://doi.org/10.1016/j.agry.2024.104100>
- ANDERSEN, Peter Stubkjær, VEJRE, Henrik, DALGAARD Tommy, BRANDT, Jesper, «An indicator-based method for quantifying farm multifunctionality», *Ecological Indicators*, vol. 25, (2013), pp. 166–79. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.09.025>
- ANDRICH, David, MARAIS, Ida, «A course in rasch measurement theory: measuring in the educational, social and health sciences», 1ra. Edición, Springer Nature Singapore, 2019, pp. 3–11. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7496-8_1
- CASANOVA, Lorena, MARTÍNEZ, Juan, LÓPEZ, Silvia, LÓPEZ, Gustavo, «De von Bertalanffy a Luhmann: Deconstrucción del concepto “agroecosistema” a través de las generaciones sistémicas», *Revista Mad*, no. 35, (2016), pp. 60-74. <https://doi.org/10.5354/0718-0527.2016.42797>
- CROSSMAN, Neville D., BRYAN, Brett A., «Identifying cost-effective hotspots for restoring natural capital and enhancing landscape multifunctionality», *Ecological Economics*, vol. 68, no. 3, (2009), pp. 654–68. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.05.003>

DE GROOT, Rudolf S., «Environmental functions as a unifying concept for ecology and economics», *Environmentalist*, vol. 7, no. 2, (1987), pp. 105–09. <https://doi.org/10.1007/BF02240292>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), «El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2022. Aprovechar la automatización de la agricultura para transformar los sistemas agroalimentarios», 2022, pp. 200. <https://doi.org/10.4060/cb9479es>

GALLARDO-LÓPEZ, Felipe, LINARES-GABRIEL, Ariadna, HERNÁNDEZ-CHONTAL, Mario-Alejandro, «Theoretical and conceptual considerations for analyzing social interfaces in agroecosystems», *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 5, 658438, (2021). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.658438>

GARBA, Ismail I., BELL, Lindsay W., CHAUHAN, Bhagirath S., WILLIAMS, Alwyn, «Optimizing ecosystem function multifunctionality with cover crops for improved agronomic and environmental outcomes in dryland cropping systems», *Agricultural Systems*, vol. 214, 103821, (2024). <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103821>

GARLAND, Gina, BANERJEE, Samiran, EDLINGER, Anna, MIRANDA OLIVEIRA, Emily, HERZOG, Chantal, WITTEWER, Raphaël, PHILIPPOT, Laurent, MAESTRE, Fernando T., VAN DER HEIJDEN, Marcel G.A., «A closer look at the functions behind ecosystem multifunctionality: A Review», *Journal of Ecology*, vol. 109, (2021), pp. 600–13. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13511>

HÖLTING, Lisanne., JACOBS, Sander, FELIPE-LUCIA, María R., MAES, Joachim, NORSTRÖM, Albert V., PLIENINGER, Tobias, CORD, Anna F., «Measuring ecosystem multifunctionality across scales», *Environmental Research Letters*, vol. 14, no. 12, (2019). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5ccb>

HUANG, Jiao, TICHIT, Muriel, POULOT, Monique., DARLY, Ségolène, LI, Shuangcheng, PETIT, Caroline, AUBRY, Christine, «Comparative review of multifunctionality and ecosystem services in

- sustainable agriculture», *Journal of Environmental Management*, vol. 149, (2015), pp. 138–47. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2014.10.020>
- LI, Jingxin, ZHANG, Hongqi, XU, Erqi, «Quantifying production-living-ecology functions with spatial detail using big data fusion and mining approaches: A case study of a typical Karst region in Southwest China», *Ecological Indicators*, vol. 142, 109210, (2022). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109210>
- LIN, Haowen, YUN, Hong, «Spatiotemporal dynamics of ecosystem services driven by human modification over the past seven decades: a case study of Sihua agricultural Watershed, China», *Land*, vol. 12, 577, (2023). <https://doi.org/10.3390/land12030577>
- LIU, Qinghua, SUN, Xiao, WU, Wenbin, LIU, Zhenhuan, FANG, Guangji, YANG, Peng, «Agroecosystem services: A review of concepts, indicators, assessment methods and future research perspectives», *Ecological Indicators*, vol. 142, 109218, (2022). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109218>
- MANNING, Peter, VAN DER PLAS, Fons, SOLIVERES, Santiago, ALLAN, Eric, MAESTRE, Fernando T., MACE, Georgina, WHITTINGHAM, Mark J., FISCHER, Markus, «Redefining ecosystem multifunctionality», *Nature Ecology & Evolution*, vol. 2, no. 3, (2018), pp. 427–36. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0461-7>
- MARQUES-PEREZ, Inmaculada, SEGURA, Baldomero, «Integrating social preferences analysis for multifunctional peri-urban farming in planning. an application by multi-criteria analysis techniques and stakeholders», *Agroecology and Sustainable Food Systems*, vol. 42, no. 9, (2018), pp. 1029–57. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1468379>
- MELGAREJO, Vladimir, BAUTISTA-RODRÍGUEZ, Sandra Cecilia, CAMARGO PARDO, Mauricio, «Dimensiones y enfoques de valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas»,

Cuadernos de desarrollo rural, vol. 18, (2021).
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr18.devs>

MOON, Wanki, «Conceptualising multifunctional agriculture from a global perspective: implications for governing agricultural trade in the post-Doha Round era», *Land Use Policy*, vol. 49, (2015), pp. 252–63.
<https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2015.07.026>

Millennium Ecosystem Assessment (MEA), «Ecosystems and Human Well-being: Opportunities and Challenges for Business and Industry», World Resources Institute, Washington, DC., 2005.

MURPHY, Maureen, CAREY, Rachel, ALEXANDRA, Leila, «Building the resilience of agri-food systems to compounding shocks and stresses: A case study from Melbourne, Australia», *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 7, (2023).
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1130978>

NICHOLLS, Clara I., ALTIERI, Miguel A., VÁZQUEZ, Luis L., «Agroecología: principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas», *Agroecología*, vol. 10, no. 1, (2015), pp. 61-72.

NOWACK, Wiebke, SCHMID, Julia C., GRETHE, Harald, «Social dimensions of multifunctional agriculture in Europe - towards an interdisciplinary framework», *International Journal of Agricultural Sustainability*, vol. 20, no. 5, (2022), pp. 758–73.
<https://doi.org/10.1080/14735903.2021.1977520>

OSTANDIE, Noémie, GIFFARD, Brice, TOLLE, Pauline, UGAGLIA, Adeline Alonso, THIÉRY, Denis, RUSCH, Adrien, «Organic viticulture leads to lower trade-offs between agroecosystem goods but does not improve overall multifunctionality», *Agricultural Systems*, vol. 203, 103489, (2022). <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103489>

PARRA-LÓPEZ, Carlos, CALATRAVA-REQUENA, Javier, DE-HARO-GIMÉNEZ, Tomás, «A systemic comparative assessment of the multifunctional performance of alternative olive systems in Spain within an ahp-extended framework», *Ecological Economics*, vol. 64,

no. 4, (2008), pp. 820–34.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.05.004>

REN, Kai, «Following rural functions to classify rural sites: an application in Jixi, Anhui province, China», *Land*, vol. 10, 418, (2021).
<https://doi.org/10.3390/land10040418>

RODRÍGUEZ SOUSA, Antonio Alberto, PARRA-LÓPEZ, C., SAYADI-GMADA, S., BARANDICA, J.M., RESCIA, A.J., «A multifunctional assessment of integrated and ecological farming in olive agroecosystems in southwestern Spain using the analytic hierarchy process», *Ecological Economics*, vol. 173, 106658, (2020).
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106658>

RODRÍGUEZ-LOINAZ, Gloria, ALDAY, Josu G., ONAINDIA, Miren, «Multiple ecosystem services landscape index: a tool for multifunctional landscapes conservation», *Journal of Environmental Management*, vol. 147, (2015), pp. 152–63.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.09.001>

SEIFERT, Stefan, WOLFF, Saskia, HÜTTEL, Silke, «Eco-efficiency in the agricultural landscape of North Rhine-Westphalia, Germany», *Agricultural Systems*, vol. 220, 104062, (2024).
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104062>

STOKES, Alexia, BOCQUÉHO, Géraldine, CARRERE, Pascal, CONDE SALAZAR, Raphaël, DECONCHAT, Marc, GARCIA, Léo, GARDARIN, Antoine, GARY, Christian, GAUCHEREL, Cédric, GUEYE, Mamadou, HEDDE, Mickael, LESCOURRET, Françoise, MAO, Zhun, QUÉROU, Nicolas, RUDI, Gabrielle, SALLES, Jean-Michel, SOUBEYRAN, Raphael, SUBERVIE, Julie, VIALATTE, Aude, VINATIER, Fabrice, THOMAS, Marielle, «Services provided by multifunctional agroecosystems: questions, obstacles and solutions», *Ecological Engineering*, vol. 191, 106949, (2023).
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2023.106949>

STÜRCK, Julia, VERBURG, Peter H., «Multifunctionality at what scale? a landscape multifunctionality assessment for the European Union

- under conditions of land use change», *Landscape Ecology*, vol. 32, (2017), pp. 481–500. <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0459-6>
- TRAN, Duy X., PEARSON, Diane, PALMER, Alan, GRAY, David, LOWRY, John, DOMINATI, Estelle J., «A comprehensive spatially-explicit analysis of agricultural landscape multifunctionality using a New Zealand hill country farm case study», *Agricultural Systems*, vol. 203, 103494, (2022). <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103494>
- WILLEMEN, Louise, HEIN, Lars, VAN MENSVOORT, Martin E.F., VERBURG, Peter H., «Space for people, plants, and livestock? quantifying interactions among multiple landscape functions in a Dutch rural region», *Ecological Indicators*, vol. 10, no. 1, (2010), pp. 62–73. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2009.02.015>
- WITTWER, Raphaël A., BENDER, Franz S., HARTMAN, Kyle, HYDBOM, Sofia, LIMA, Ruy A. A., LOAIZA, Viviana, NEMECEK, Thomas, OEHL, Fritz, OLSSON, Pål Axel, PETCHEY, Owen, PRECHSL, Ulrich E., SCHLAEPPI, Klaus, SCHOLTEN, Thomas, SEITZ, Steffen, SIX, Johan, VAN DER HEIJDEN, Marcel G. A., «Organic and conservation agriculture promote ecosystem multifunctionality», *Science Advances*, vol. 7, (2021). <https://www.science.org>
- XUE, Mengqi, WANG, Hongwei, WEI, Yiming, MA, Chen, YIN, Yucong, «Spatial characteristics of land use multifunctionality and their trade-off/synergy in Urumqi, China: implication for land space zoning management», *Sustainability*, vol. 14, 9285, (2022). <https://doi.org/10.3390/su14159285>
- YANG, Ruizhe, YANG, Ze, YANG, Shilong, CHEN, Lan-lan, XIN, Jia, XU, Lingying, ZHANG, Xuechen, ZHAI, Bingnian, WANG, Zhaohui, ZHENG, Wei, LI, Ziyang, «Nitrogen inhibitors improve soil ecosystem multifunctionality by enhancing soil quality and alleviating microbial nitrogen limitation», *Science of the Total Environment*, vol. 880, 163238, (2023). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163238>
- ZHANG, Yingnan, LONG, Hualou, CHEN, Shuocun, MA Li, GAN Muye, «The development of multifunctional agriculture in farming

regions of China: convergence or divergence?», *Land Use Policy*, vol. 127, (2023). <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2023.106576>

ZHOU, Tairan, LV, Quilin, ZHANG, Luxin, FAN, Jingbiao, WANG, Tianhao, MENG, Yunshan, XIA, Haiyang, REN, Xueqin, HU, Shuwen, «Converted paddy to upland in saline-sodic land could improve soil ecosystem multifunctionality by enhancing soil quality and alleviating microbial metabolism limitation», *Science of the Total Environment*, vol. 924, 171707, (2024). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171707>