

Revisión Sistemática: análisis de la biodiversidad en las economías rurales mediante el modelo de hogares agrícolas y recomendaciones para futuros reportes

Ivonne F. Reyes-Mandujano^a, Francisco J. Fernández^b, Waldemar Mercado^a, Luz Gómez^a, Roberto D. Ponce^c

RESUMEN: Los modelos de agricultura familiar, han sido utilizados para analizar *ex-ante* diferentes políticas; sin embargo, se desconoce el estado del arte con relación a la evaluación de la biodiversidad dentro de estos modelos. Por esta razón, se desarrolló una revisión sistemática de modelos de agricultura familiar que integren la variable “biodiversidad”. Para tal efecto, se consultaron buscadores especializados, aplicando una estrategia de búsqueda genérica, que permitió identificar 1420 artículos, de los cuales solo 23 fueron seleccionados en base a criterios de inclusión específicos. Se evidencia un vacío en la evaluación de la biodiversidad dentro de los modelos de agricultura familiar.

Systematic Review: Analysis of the economic modeling of biodiversity in rural agricultural households, recommendations for future reports

ABSTRACT: The *Farm-Household* models have been used to analyze *ex-ante* different policies; however, the state of the art is unknown in relation to the evaluation of biodiversity within these models. For this reason, a systematic review on *Farm-Household* models that integrate the “biodiversity” variable is required. For this purpose, we consulted a specialized search engine, applying a generic search strategy, which identified 1420 articles, of which only 23 were selected based on specific inclusion criteria. There is a gap in the evaluation of biodiversity within *Farm-Household* models.

PALABRAS CLAVE / KEYWORDS: Bioeconomía, conservación de la biodiversidad, hogares agrícolas / *Bioeconomics, biodiversity conservation, farm household*.

Clasificación JEL / JEL classification: Q57, Q12.

DOI: <https://doi.org/10.7201/earn.2020.01.03>.

^a Escuela de Posgrado. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú. E-mail: ivonnefanny@gmail.com; wmercado@lamolina.edu.pe; luzgomez@lamolina.edu.pe.

^b Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor. Santiago-Chile. E-mail: franjo.fernandez@gmail.com.

^c Facultad de Economía y Negocios, Universidad del Desarrollo. Concepción – Chile. E-mail: rdanielponce@gmail.com.

Agradecimientos: Los autores agradecen al Convenio de Subvención N.º 200-2015-FONDECYT, que en su cláusula tercera otorga a favor de la Universidad Nacional Agraria La Molina una subvención para el desarrollo del Doctorado de Economía de los Recursos Naturales y desarrollo sustentable.

Citar como: Reyes-Mandujano, I.F., Fernández, F.J., Mercado, W., Gómez, L. & Ponce, R.D. (2020). “Revisión sistemática: análisis de la biodiversidad en las economías rurales mediante el modelo de hogares agrícolas y recomendaciones para futuros reportes”. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 20(1), 51-73. doi: <https://doi.org/10.7201/earn.2020.01.03>.

Dirigir correspondencia a: Ivonne F. Reyes Mandujano.

Recibido en mayo de 2019. Aceptado en enero de 2020.

1. Introducción

Según el censo agropecuario global, la agricultura familiar, es la forma más predominante de agricultura (Graeub *et al.*, 2016); y en sus distintos contextos, desempeña un papel fundamental para la producción mundial de alimentos (Antle *et al.*, 2017). Irónicamente, también concentra a los más pobres dentro de una agricultura familiar de subsistencia (Djankov & Saliola, 2019), con una evidencia significativa que vincula la pobreza rural con la degradación ambiental (pérdida de la biodiversidad, erosión y deforestación) (Chappell *et al.*, 2013). De este modo, los sistemas de agricultura familiar están asociados con una variedad de estrategias de medios de vida con diferentes niveles de integración en los mercados (High Level Panel of Experts, 2016), que han sido modelados, a través de diferentes técnicas, y evaluado sobre ellas, políticas agrícolas, políticas tecnológicas, políticas nutricionales y algunas interacciones bióticas (Antle *et al.*, 2017). Sin embargo, la comprensión de los mecanismos, límites, dependencias e interacciones de la agricultura familiar de subsistencia con la biodiversidad y ecosistemas, parecen estar poco explorados.

Aun cuando el contexto actual busca, por un lado; que los sistemas alimentarios sostenibles integren roles socioculturales, ambientales y económicos, donde la rentabilidad a corto plazo y el aumento de los rendimientos estén en equilibrio con objetivos de resiliencia, salud, cuidado del medio ambiente, resistencia al cambio climático, entre otros (High Level Panel of Experts, 2014). Y por el otro, disminuir la preocupación generada por la evolución de la intensificación de la agricultura, la pérdida de la biodiversidad y sus potenciales efectos económicos sobre la toma de decisiones de las familias agrícolas de subsistencia, con respecto al cultivo, acceso al crédito, la nutrición y salud (Benin *et al.*, 2003; Janvry & Sadoulet, 2006).

Por ello, nuestro objetivo fue, identificar, seleccionar y evaluar información disponible acerca de modelos matemáticos de familias agrícolas de subsistencia que integren a la biodiversidad o evalúen aspectos de esta. A fin de contribuir a evidenciar el nivel de avance en esta línea de investigación; así como, a sugerir potenciales aplicaciones de ciertas técnicas de modelamiento y/o conceptos para el desarrollo de este. Con este fin, el artículo fue estructurado según la guía PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews*) como sigue; primero, se estableció la pregunta que se desea responder, luego se identificó conceptos y términos a fin de diseñar estrategias de búsqueda para la base de datos consultada, seguidamente se realizó la selección de los artículos en base a criterios de inclusión, y la extracción de los datos de acuerdo con los propósitos del estudio. Finalmente, se expone el análisis y sistematización de la información y discusión de los principales hallazgos, recomendaciones futuras y limitaciones encontradas durante su desarrollo.

2. Materiales y métodos

Esta investigación fue desarrollada adaptando las directrices descritas en la guía PRISMA para reporte de revisiones sistemáticas y metaanálisis de estudios clínicos (Moher *et al.*, 2009). Sin embargo, con la finalidad de obtener la mejor evidencia cien-

tífica disponible en el áreas de estudio empíricos cualitativos, cuantitativos empíricos y de la investigación de modelos, también se ha tenido como referencia la guía de revisión sistemática de literatura científica (SRL) propuesta por Durach *et al.* (2017).

2.1. Planteamiento del propósito de la investigación

Para delimitar la pregunta de investigación se tomó como referencia el manual de revisiones sistematicas de Higgins & Green (2012), adaptándola de tal manera que refleje la relación entre los conceptos del fenómeno de este estudio en concordancia con Durach *et al.* (2017). Este paso es importante a fin de establecer los métodos para identificar, seleccionar y evaluar las investigaciones relevantes; así como para extraer, analizar y resumir los datos de los estudios incluidos (Moher *et al.*, 2009) que se describen en apartados posteriores. De esta manera se busca reducir sesgos e incrementar la transparencia en la evaluación de un número razonable de estudios con un tema afin (Cuadro 1).

2.2. Procedimientos de búsqueda

La información, se obtuvo de la consulta a la base de datos Google Académico, esto en razón a que la pregunta de investigación cruza diversas disciplinas, entre ellas la económica, agraria, biológica, etc. Además, este motor de búsqueda, recientemente ha demostrado ser el más completo (Gusenbauer, 2019). El proceso de búsqueda se llevó acabo entre 06-11-2017 al 09-11-2017, diseñando para ello una estrategia de búsqueda general (Cuadro 1), con la finalidad de incrementar la sensibilidad de la exploración; es decir disminuir el riesgo de eliminar artículos que sean potencialmente útiles, por el uso de una estrategia de búsqueda restrictiva. Tras la búsqueda se obtuvieron 1420 artículos, que incluían todos los tipos de publicación en inglés o español. Adicionalmente, se realizó una búsqueda manual “en bola de nieve” haciendo uso de la herramienta “related citations” del gestor bibliográfico Mendeley Desktop v1.19.3.

2.3. Criterios de elegibilidad y selección de los estudios

El proceso de selección de los artículos fue realizado por dos personas, de manera independiente, en base a los criterios de elegibilidad establecidos (Cuadro 1). La selección preliminar analizó sólo los títulos y resúmenes; las discrepancias fueron absolutas en base a la discusión y consenso. Los mismos pasos fueron seguidos en una segunda etapa, pero examinando la versión completa de los reportes seleccionados (Gráfico 1).

2.4. Extracción de datos de la literatura potencialmente relevante

Una vez obtenidos los artículos finales, se construyó una hoja de datos usando Microsoft Excel 2013. Las características a extraer de los artículos incluidos fueron

definidas en base a lo descrito por Taylor & Adelman (2003); Van Wijk *et al.* (2012) (Cuadro 1). En el caso del término de “biodiversidad”, esta fue definida como: variabilidad o diversidad interespecífica (entre cultivos, número de especies) e intra-específica (dentro de un cultivo, variabilidad genotípica), también se consideró su funcionalidad (complementariedad funcional entre especies) como componentes o dimensiones de la biodiversidad (Gusenbauer, 2019).

CUADRO 1
Descripción Metodológica de la revisión sistemática

I. Pregunta de investigación		
Durach <i>et al.</i> , 2017	J. Higgins & Green, 2012	Preguntas de investigación
<p>Qué La evaluación de la biodiversidad en modelos de hogares agrícolas de subsistencia.</p> <p>Cómo A través del análisis de estudios que tengan como objetivo principal o secundario la evaluación de la biodiversidad en modelos de hogares agrícolas de subsistencia.</p> <p>Porqué Existe una influencia de la biodiversidad sobre los niveles de subsistencia de los hogares agrícolas que, al parecer, aún no se han descrito.</p>	<p>Población Hogares agrícolas de subsistencia.</p> <p>Intervención a evaluar Modelos que integren la “biodiversidad” o afines en su diseño.</p> <p>Desenlaces Características de los modelos.</p>	<p>Principales ¿Cuáles son las características de los modelos de agricultura familiar de subsistencia que evalúan la biodiversidad o aspectos de ella?</p> <p>Secundarias ¿Se define “biodiversidad y se delimita su alcance? ¿Cual es la técnica de modelamiento propuesta para evaluar la biodiversidad o sus elementos en sistemas agrícolas de subsistencia? ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades de los modelos de hogares agrícolas existentes que limitan su aplicación en aspectos relacionados a la biodiversidad de los cultivos?</p>
II. Búsqueda de información		
<p>Descriptor: “Modeling Agricultural Household Models”, “Agricultural Household Models”, “Model and Absent Markets”, “Agricultural Household Modeling”, “Agricultural Household”, “family economics”, “no-separable models” “farm household”, “Farm Household Modelling”, “Farm Household Model”, “Modeling of rural households”, “Modelling rural household”.</p> <p>Estrategia de búsqueda: (“Modeling Agricultural Household Models” OR “Agricultural Household Models” OR “Model and Absent Markets” OR “Farm Household Modelling” OR “Farm Household Model” OR “Modeling of rural households” OR “Modelling rural household” OR “Agricultural Household Modeling” OR “Agricultural Household” OR “family economics” OR “farm household”) OR “farm household”) AND “biodiversity”).</p>		

III. Criterios de elegibilidad y selección de estudios		
Parámetros	Criterio de inclusión	Criterios de exclusión
Hogares agrícolas de subsistencia.	Sí cumple.	No cumple.
Tipo de estudio, diseño.	Estudios que plantean modelos matemáticas o biomodelos, no econométricos. Estudios de casos de modelos Revisión de modelos sistemáticas o no.	
Características	Técnicas de modelamiento.	
Estado de la publicación.	Estudios publicados en revistas indexadas. Versión completa. Publicados entre el 2010-2018.	Resúmenes de conferencia, editoriales, columnas, manifiestos.
Responden a la pregunta de investigación.	Sí cumple.	No cumple.
País de origen.	Sin restricción.	
Idioma.	Sin restricción.	
IV. Extracción de los datos		
Referencias del estudio.	Autor/año, el objetivo del artículo incluido, el estado de la publicación (Artículo, libro, tesis, etc.) y el tipo de estudio (de caso, revisiones, etc.).	
Población.	Se describe la localización/ambiente geográfico donde se aplica el modelo; se describe si se ha evaluado la heterogeneidad agrícola (tipos de agricultores). El hogar agrícola de subsistencia debe de hallarse explícita o describir las decisiones de no-separabilidad entre el consumo y asignación de recursos.	
Performance del modelo/ Función Objetivo (F.O.).	Maximización de la utilidad, Maximización de los ingresos (criticada, porque el proceso de consumo y producción están ligadas, (Louhichi <i>et al.</i> , 2013), Maximización de los ingresos dentro del análisis <i>trade-off</i> /multi-criterio, Minimización de los costes, Maximización de ingresos en el tiempo, Maximización de ingresos con análisis de <i>trade-off</i> , maximización de ingresos con un análisis multi-criterio, optimización del margen bruto. La F. O. busca asegurar la sobrevivencia del hogar por la aversión al riesgo.	
Técnica de modelamiento.	Simulación dinámica, programación matemática (optimización) (Incluyendo la programación lineal, programación no lineal, programación entera mixta, programación matemática positiva); programación matemática combinada con modelos de simulación; modelos multiagente o basado en agente (ABM) (las familias, agricultores o miembros del hogar, que están representados como entidades individuales, explícitamente se tienen en cuenta las interacciones entre ellas), modelo bioeconómico, "econometric-mathematical" programación (EMP) Técnica avanzada denominada así por Buysse <i>et al.</i> (2007).	
Temporalidad:	Estática, dinámica.	
Estructura.	Componentes del modelo.	
Evaluación de la biodiversidad.	En cualquiera de sus componentes: intra o interespecíficos, o relativos a su funcionalidad.	

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Síntesis de la información

Para la síntesis de información, se organizó, integró y discutieron los diferentes hallazgos para determinar el cómo, qué, quién y bajo qué circunstancias se desarrollaron estos estudios. Para alcanzar estos fines se separaron los estudios primarios (estudios de caso) de los secundarios (revisiones de literatura reportadas con respecto al tema o relacionados hasta el 2018); la síntesis de los primeros fue contrastada con el argumento de los segundos. Así mismo, se realizó un análisis del alcance del término “biodiversidad” en sus componentes a fin de mejorar la discusión de nuestros resultados.

2.6. Análisis estadístico

Con datos extraídos de los artículos se realizaron Análisis de Correspondencia Múltiple haciendo uso del programa estadístico IBM SPSS V25. Esto con la finalidad de poder visualizar las correlaciones entre las variables de interés.

3. Resultados

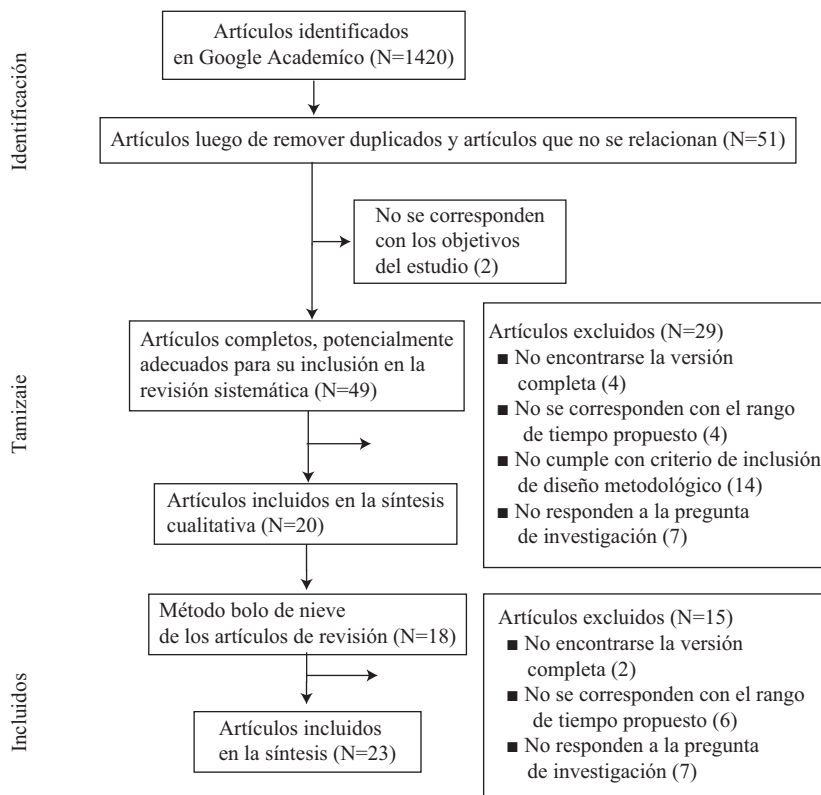
3.1. Descripción general de los estudios incluidos

El Gráfico 1 muestra el proceso de inclusión de estudios. Tras la aplicación de una estrategia de búsqueda genérica (ver Cuadro 1), se identificaron 1420 artículos; los que se redujeron drásticamente a 23, luego de la selección basada en los criterios de inclusión (ver Gráfico 1). Tres artículos, no cumplieron con el criterio de inclusión “modelos no econométricos”; sin embargo, fueron incluidos debido a la forma en que abordaron la evaluación de la biodiversidad (Benin *et al.*, 2003; Owach *et al.*, 2017; Russell *et al.*, 2006). De los 20 artículos restantes; 16 (80 %) fueron estudios de caso y 4 (20 %) artículos de revisión; así también, solo el 31 % de los estudios de caso y el 50 % de las revisiones, fueron registradas en revistas indexadas.

Los estudios que incluyeron un análisis de bases de datos de fuente secundaria fueron (Acs *et al.*, 2010; Chenoune *et al.*, 2017; Priyanti *et al.*, 2007; Quaranta & Salvia, 2003; Rotz *et al.*, 2011) y los de fuente primaria (Antle *et al.*, 2010; Claessens *et al.*, 2012; Fernández *et al.*, 2018; Floridi *et al.*, 2013; Komarek *et al.*, 2017; Louhichi & Gomez y Paloma, 2014; Louhichi *et al.*, 2013; Murphy *et al.*, 2014; Sébastien *et al.*, 2013; Tillie *et al.*, 2016; Tsai-wei, 2016).

GRÁFICO 1

Flujo de información a través de las diferentes fases de la revisión



Fuente: Elaboración propia, en base a guía PRISMA de revisiones sistemáticas (Moher *et al.*, 2009).

3.2. Población de estudio

Geográficamente, los estudios evaluados se distribuyen principalmente en varios países del África occidental, como Sierra Leona (Acs *et al.*, 2010; Louhichi & Gomez y Paloma, 2014; Louhichi *et al.*, 2013; Chenoune *et al.*, 2017); países del Sudeste del África (Acs *et al.*, 2010; Komarek *et al.*, 2017); países del Oeste de África, como Níger (Tillie *et al.*, 2016). Seguidamente los países Europeos, como Irlanda (Murphy *et al.*, 2014), Países Bajos (provincia de Noord-Holland) (Floridi *et al.*, 2013), Francia (Sébastien *et al.*, 2013). Podría decirse que las áreas geográficas anteriormente mencionadas son representativas de este tipo de estudios. Muy por el contrario los Países asiáticos, como Indonesia (Priyanti *et al.*, 2007), Vietnam (Tsaiwei, 2016); y países de América del Sur, como Perú (Lieven Claessens, Stoorvogel,

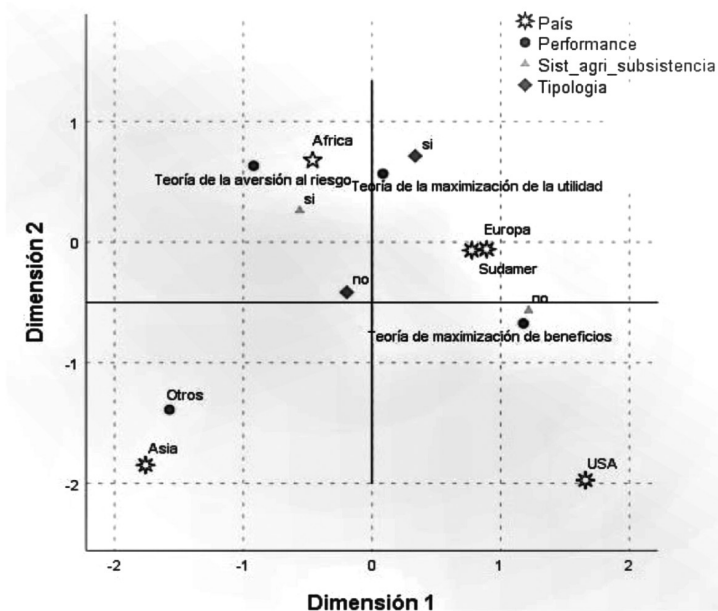
& Antle, 2010) y Chile (Fernández *et al.*, 2017), cuentan con poco desarrollo en esta área de investigación como se observa en el Gráfico 2.

3.3. Performance de los modelos

Los 19 estudios de caso fueron evaluados en razón a su performance (Función objetivo); para ello se consideraron las tres teorías económicas existentes en relación al comportamiento de los hogares agrícolas reportados por Louhichi *et al.* (2013); la primera es la “teoría de maximización de beneficios”, la segunda, la “teoría de maximización de la utilidad”, la tercera, la “teoría de la aversión al riesgo”. Como se observa en el Gráfico 2; la teoría económica más aplicada es la de aversión al riesgo y la de maximización de la utilidad; además estas se encuentran correlacionadas con los países africanos y europeos. Otra característica asociada con estos países es la declaración explícita de su alcance a sistemas de agricultura de subsistencia (ver Gráfico 2).

GRÁFICO 2

Distribución de países con estudios de modelamiento de hogares agrícolas considerando aspectos de la “biodiversidad”. Se observa la distribución de los países en relación con las teorías económicas aplicadas, el *performance* del modelo, el reporte de sistema agrícola y la tipología. Se destacan los países africanos



Fuente: Elaboración propia, a partir del análisis de correspondencia múltiple (IBM SPSS V.25).

En cuanto a la teoría de maximización de beneficios, si bien se han aplicado a hogares agrícolas de subsistencia como Tsai-wei (2016); estos han sido criticados porque ignoran el aspecto del consumo en los procesos de toma de decisiones de los hogares (Louhichi *et al.*, 2013), hecho que se corrobora en nuestro análisis con los países asiáticos, americanos y europeos (ver Gráfico 2).

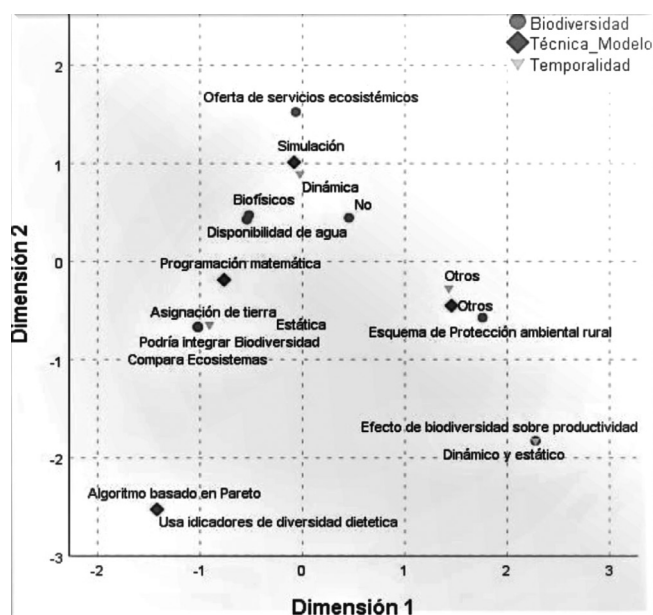
Con respecto a la tipología o clasificación desarrollado por los artículos, se observa que sólo 7 estudios realizaron este análisis; a pesar de la importancia que tienen, en razón a que no existe un modelo específico para sistemas agrícolas de subsistencia, sino más bien un modelo que en un contexto de heterogeneidad agrícola (que es lo más común) puede capturar el comportamiento de este tipo de agricultores; de allí la importancia del hallazgo realizado por esta investigación (ver Gráfico 2).

3.4. Técnicas de modelamiento y su temporalidad

Con respecto, a la técnica de modelamiento 13 % (2) aplicaron Programación matemática/dinámica, 31 % (5) Programación matemática/estática, 6 % (1) Programación matemática/simulación, 6 % (1) Optimización Multiobjetivo; y 44 % (7) simulación (Gráfico 3). La correlación entre ellas se muestra en el Gráfico 3.

GRÁFICO 3

Distribución de las técnicas de modelamiento, su temporalidad y la evaluación de aspectos de la Biodiversidad



Fuente: Elaboración propia, a partir del análisis de correspondencia múltiple (IBM SPSS V.25).

3.5. Evaluación de la biodiversidad

3.5.1. Estudios de caso

De los 16 estudios de caso identificados; 19 % (03/16) abordaron la biodiversidad de manera explícita, 38 % (06/16) lo hizo de manera implícita, y el 44 % (07/16) aludió el término de manera muy tangencial. Ninguno de los estudios definió, ni delimitó el alcance del término. Así como, tampoco se encontraron modelos agrícolas de subsistencia, que integren la variable biodiversidad. Por otro lado, se evidenció que los estudios que explícitamente describieron las características de no separabilidad entre las decisiones de producción y consumo; también realizaron un análisis tipológico o de clasificación de estos hogares. Entre ellos se destaca FSSIM-Dev (Farm System Simulator for Developing Countries) (Louhichi & Gomez y Paloma, 2014; Louhichi *et al.*, 2013), modelo FarmDESIGN (Tsai-wei, 2016); Modelo Household computacional Dynamic Agricultural Household Simulation Model (DAHBSIM) (Komarek *et al.*, 2017); y Trade-off analysis modelling system (TOA) (Antle *et al.*, 2010; Claessens *et al.*, 2010) (ver Cuadro 2).

Ninguno, de los modelos bio-económicos, incluidos en esta revisión, define el término “biodiversidad”, ni describe su alcance; solo se alude a áreas con diferentes características naturales (ecosistemas) (tierra alta, tierra baja o patrones de cultivo) (Louhichi & Gomez y Paloma, 2014), distribución del agua (Claessens *et al.*, 2010), “diversidad de cultivos” (Chenoune *et al.*, 2017; Komarek *et al.*, 2017). o simplemente a la biodiversidad como una finalidad de la evaluación “se hace esto para” (Murphy *et al.*, 2014).

Los estudios incluidos en la evaluación, si bien no han abordado biodiversidad en su sentido más estricto; si han tratado aspectos relacionados a ella, principalmente a los biofísicos (lixiviación de suelos, etc.), la disponibilidad de agua (para riego), y otros (ver Gráfico 4). Esta descripción, junto con la técnica de modelamiento y la temporalidad se muestran en el Gráfico 3.

CUADRO 2
Características de estudios de caso incluidos

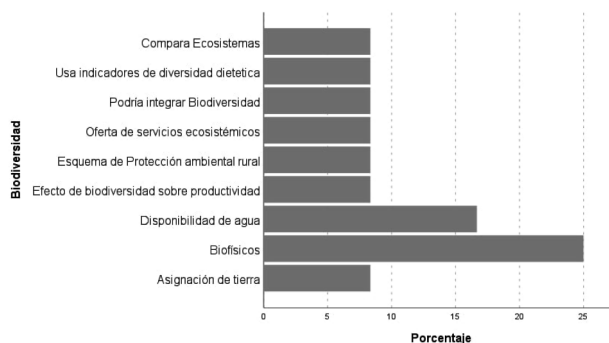
Autor (año)	Objetivo	Población	Técnicas del modelo	Intervención/ Performance/ F.O.	Temporalidad	Evaluación de la biodiversidad
Quaranta <i>et al.</i> (2003).	Evaluar efectos sobre la degradación del suelo en base a variables que determina las actitudes ambientales.	Europa (Mediterráneo). No Tipología. Decisión de producción y consumo ligadas.	Programación matemática. (MP)/dinámica <i>simula el comportamiento del hogar agrícola.</i>	Modelo bioeconómico F.O. Maximización de la utilidad.	Dinámica.	Aborda aspectos biofísicos / agro-ecológicos.
Benin <i>et al.</i> (2003).	Comparar los determinantes de la diversidad inter e intra-específica de los cereales del Norte de Etiopía.	África (Etiopía). No tipología. Decisión de producción y consumo ligadas.	Regresiones.	Modelo Econométrico F.O. Maximización de la utilidad.	No corresponde.	Define biodiversidad y considera la diversidad inter- e intra-específicos.
Russell <i>et al.</i> (2006).	Investigar el efecto de la conservación de la biodiversidad sobre la productividad agrícola.	Europa (Reino Unido). No tipología. Sistemas agrícolas mixtos (según nivel de intensificación).	Función de distancia de los <i>outputs</i> -Producción de Frontera dinámica.	Modelo bioeconómico F.O. Maximización de valor presente discontinuo de la utilidad.	Dinámico y estático.	Efecto de la conservación de la biodiversidad sobre la productividad agrícola.
Priyanti <i>et al.</i> (2007).	Evaluar el éxito del programa de integración de sistemas de cultivo y ganadería en el comportamiento económico.	Asia (Indonesia). No tipología. Decisión de producción y consumo ligadas.	Programación Matemática/ simulación.	Modelo Económico F.O. Maximizar la satisfacción.	Dinámica.	No.
Acs <i>et al.</i> (2010).	Analizar el impacto de dos políticas sobre el ingreso del hogar agrícola, uso de la mano de obra y producción.	África. No tipología. Decisión de producción y consumo ligadas.	Programación matemática.	Modelo bioeconómico (FSSIM) F.O. Maximizar la utilidad.	Estática.	Considera restricciones biofísicas.
Antle <i>et al.</i> (2010).	Aplicación de MD a sistemas de producción de sistemas de semisubsistencia con actividades de producción.	África. No tipología. Sistemas agrícolas de semisubsistencia.	Simulación de los retornos esperados medios.	Modelo de datos mínimos MD. Aversión al riesgo.	Dinámica.	Se evalúa la oferta de servicios ecosistémicos.

Autor (año)	Objetivo	Población	Técnicas del modelo	Intervención/ Performance/ F.O.	Temporalidad	Evaluación de la biodiversidad
Claessens <i>et al.</i> (2010).	Modelo para ver interacciones entre el aterramiento, disponibilidad de agua, decisiones de tierra e ingreso.	América del Sur (Perú). No tipología. No precisa.	Simulación TOA (integra espacialmente datos económicos biofísicos, y modelos).	Modelo Hidrológico. Productividad esperada.	Dinámica.	Evalúa las interacciones entre disponibilidad de agua, uso de la tierra.
Rotz <i>et al.</i> (2011).	Evaluar impactos ambientales y económicos de la aplicación de estiércol en una granja.	América del Norte (USA). No tipología. No precisa.	Simulación.	'Integrated Farm System Model'.	Dinámica.	El modelo predice emisiones de amoníaco, lixiviación de nitrato, etc.
Fernández <i>et al.</i> (2018).	Evaluar el efecto económico del cambio climático (agua) sobre la agricultura a escala micronivel.	América del Sur (Chile). Tipología. Decisión de producción y consumo ligadas.	Programación matemática.	Modelo bioeconómico (FSSIM-Dev) Maximizar la utilidad.	Estática.	Evalúa efecto del cambio climático en rendimiento y disponibilidad agua.
Floridi <i>et al.</i> (2013).	Evaluar el impacto de políticas sobre la adopción de sistemas automáticos de ordeño (AMS) y su efecto sobre factores de producción.	Europa (Holanda). Tipología. Sistemas agrícolas mixtos.	Simulación.	Modelo de opciones reales (RO). Maximizar el valor neto presente.	Dinámica.	No.
Louhichi <i>et al.</i> (2013).	Herramienta para evaluaciones ex-ante y ex-post en poblaciones en condición de pobreza.	África (Sierra Leona). Tipología. Sistemas agrícolas de subsistencia.	Programación matemática.	Modelo bioeconómico (FSSIM-Dev). Maximiza la utilidad esperada.	Estática.	El modelo alude a su potencialidad de integrar a la biodiversidad.
Sébastien <i>et al.</i> (2013).	Impacto de herramientas sobre asignación de insumos, productos agrícolas y el ingreso.	Europa (Francia). No tipología. Sistemas agrícolas mixtos.	Programa estocástico.	Modelo <i>Farm-Household</i> . Maximiza la utilidad esperada intertemporal.	Dinámico.	No.
Louhichiet <i>al.</i> (2014).	Impacto de subsidio al precio de la semilla en la subsistencia de hogares agrícolas.	África. Tipología. Sistemas agrícolas de subsistencia.	Programación matemática.	Modelo bioeconómico (FSSIM-Dev). Maximiza la utilidad esperada.	Estática.	Comparan ecosistemas.

Autor (año)	Objetivo	Población	Técnicas del modelo	Intervención/ Performance/ F.O.	Temporalidad	Evaluación de la biodiversidad
Murphy <i>et al.</i> (2014).	Estimar la función de participación de los agricultores en un Esquema Agroambiental irlandés.	Europa (Irlanda). Tipología. Sistema agrícola mixto.	Modelo econométrico (preferencias reveladas) + Simulación.	Modelo <i>Farm-Household</i> . Maximizar la utilidad.	No corresponde.	Estudia Esquema de Protección Ambiental Rural (REPS).
Tillie <i>et al.</i> (2016).	Impactos de programa (riego) sobre asignación de tierras, producción, seguridad alimentaria y pobreza.	África (Nigeria). No precisa. Sistema agrícola de subsistencia.	Programación positiva estática.	Modelo bioeconómico: (FSSIM-Dev). Maximiza la utilidad esperada.	Estática.	Evalúa asignación tierra entre cultivos irrigados y no irrigados.
Tsai-wei <i>et al.</i> (2016).	Evaluar desempeño y reacciones de hogares agrícolas a desafíos (crecimiento poblacional, cambio climático, etc.).	Asia (Vietnam). No precisa. Decisión de producción y consumo ligadas.	Algoritmo basado en Pareto.	Modelo bioeconómico (<i>Farm-DESIGN</i>). Optimización Multiobjetivo: (Maximizar el balance de la materia orgánica, maximiza presupuesto, maximiza el tiempo de ocio).	Estática.	Uno de sus indicadores de nutrición materia orgánica del suelo (componentes ambientales).
Chenoune <i>et al.</i> (2017).	Evaluar cuantitativamente como tres políticas pueden afectar la producción y consumo de hogares agrícolas.	África (Sierra Leona). Tipología. Sistemas agrícolas de subsistencia.	Simulación.	Modelo Bioeconómico. Maximizar la utilidad.	Estática.	No.
Komarek <i>et al.</i> (2017).	Evaluar efectos de cambios en precios de los fertilizantes en la producción e ingresos de las familias agrícolas.	África (Malawi). Tipología. Sistemas agrícolas de subsistencia.	Simulación.	Modelo bioeconómico (DAHBSIM). Maximiza el Valor presente del ingreso neto.	Dinámica.	No.
Owach <i>et al.</i> (2017).	Evalúa el almacenamiento, consumo y venta de los alimentos utilizando dos granos (mijo y frijoles).	África (Uganda). No tipología. Sistemas agrícolas de subsistencia.	Regresiones.	Modelo <i>Farm-Household</i> . Maximiza el tiempo.	No corresponde.	No.

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 4
Aspectos de la biodiversidad abordados por los estudios incluidos



Fuente: Elaboración propia, a partir del análisis de datos.

3.5.2. Revisiones

Se han identificado (4) revisiones relacionadas con hogares agrícolas y aspectos de la biodiversidad (Rojas *et al.*, 2015; Van Wijk *et al.*, 2014; Van Wijk, 2014; Van Wijk *et al.*, 2012). Van Wijk *et al.* (2012) analiza la adaptación de los sistemas agrícolas a cambios del entorno biofísico y socioeconómico, especialmente el clima. En este punto, los autores concluyen que existen suficientes técnicas de modelamiento para analizar sistemas de explotación con relación a la adaptación y mitigación al cambio climático, pero requieren ser bien exploradas; sin embargo, ningún modelo reportado, en esta revisión, integra la variable biodiversidad. Aunque, muchos de ellos se aplicaron en países en desarrollo.

Van Wijk (2014), describe la organización de los modelos de niveles macro y micro para analizar el uso de la tierra, destaca que se debe de tener un enfoque gradual en su abordaje. Esto es, incrementar los datos en los niveles micro (pequeña agricultura) para poder cubrir la brecha existente con respecto a la distribución de los mercados locales en la formación de precios y en la representación de la diversidad agrícola, el ingreso, y la seguridad alimentaria. De manera análoga, plantea que los modelos integrados a escala global, existentes fueron usados para el estudio de la dinámica de la vegetación, balances de carbono, crecimiento de cultivo y emisiones de gases del efecto invernadero; y recientemente la seguridad alimentaria y los Servicios Ecosistémicos (ES). Sin embargo, sus resultados son aún discutibles al carecer de datos a escalas micronivel.

Van Wijk *et al.* (2014), evaluaron la seguridad alimentaria y el cambio climático con la aplicación de modelos a diferentes niveles, entre ellos; el Modelo TOA (Trade-off Analysis Model) y Modelo FarmDESIGN y los modelos basados en agen-

tes. Aunque, no aborda aspectos relacionados a la biodiversidad, destaca la importancia de la evaluación de la seguridad alimentaria, en relación con el clima. Los puntos débiles de los modelos en este contexto serían: 1) la dimensión temporal; 2) atención a actividades agrícolas, 3) los costos de inversión.

Finalmente, Rojas *et al.* (2015) evaluó la integración de ES en modelos económicos de agricultura; y los trade-offs entre la productividad, nutrición y ES. Se describen modelos de niveles macro y micro. A nivel micro, especifica los modelos Farm-Household; FSSIM- Dev, MPMAS (Mathematical Programming based Multi Agent Systems), y el ARIES (Inteligencia Artificial para los ES) que cuantifican los ES teniendo en cuenta su complejidad dinámica y consecuencias; para ello se basan en la economía, ecología y geografía para apoyar la toma de decisiones. Otros hallazgos importantes de Rojas *et al.* (2015) son: 1) A escalas micro-nivel es posible integrar ES y biodiversidad; 2) los modelos de Equilibrio Parcial (PE) tienen potencial para analizar los ES y biodiversidad; pero operan a niveles altos de resolución espacial; 3) Para analizar el impacto de la biodiversidad y ES en contexto de sistemas agrícolas; es preferible utilizar modelos a diferentes escalas; 4) No existe un único modelo para estimar o mapear los ES y biodiversidad y sus trade-offs; 5) Sugiere desarrollar un lenguaje común entre los investigadores (ES y biodiversidad y variables relacionadas); 6) Se recomienda desarrollar una tipología de preguntas relacionadas a la biodiversidad e impactos socioeconómicos, 7) Desarrollar una meta-base de datos para diferentes tipos de modelos; y 8) Explorar los vínculos entre los ES y biodiversidad.

3.5.3. Estudios econométricos incluidos

Estos estudios fueron incluidos en razón a que Benin *et al.* (2003), no solo cita la definición de “biodiversidad” de Wood & Lenné (1997), sino que discrimina la biodiversidad de los cultivos en dos componentes; interespecífico (entre los cultivos) e intraespecíficos (dentro de los cultivos); a fin de comparar los determinantes de estos dos componentes en los cereales cultivados (el trigo, sorjo, mijo y teff). Por otro lado, Russell *et al.* (2006); plantea un modelo de producción de frontera dinámico, para investigar el efecto de la conservación de la biodiversidad sobre la productividad agrícola. Finalmente, Owach *et al.* (2017), evalúan el almacenamiento, consumo y venta de los alimentos en contexto de agricultura rural.

4. Importancia de la biodiversidad en las economías rurales

El término “biodiversidad” fue acuñado por Edward Wilson en 1988 (Halffter, 1994) y desde entonces, se han generado varias controversias con respecto a su definición y alcances. En su sentido más estricto, se deriva de la teoría de sistemas y es una medida de heterogeneidad de un sistema (Calvo *et al.*, 2000). En los sistemas agrícolas, según Brookfield & Stocking (1999), se distinguen la “agro-biodiversidad” y “agro-diversidad”; el primero, se refiere a la diversidad biológica en las tierras utilizadas para fines agrícolas; el segundo, se refiere a las muchas formas en que los agricultores usan la diversidad natural del entorno para la producción, que incluye

no solo su elección de cultivos, sino también el manejo de la tierra, el agua y la biota como un “todo”; o el “resultado de la interacción entre los recursos filogenéticos, los ambientes bióticos y abióticos, y las prácticas de manejo” (Almekinders *et al.*, 1995). Estas distinciones y características conciben no sólo con los atributos funcionales de la biodiversidad (flujo de genes, el reciclaje de materia y energía, etc.); sino también con los estructurales (distribución en el espacio) e incluso con la diversidad cultural humana (nomadismo, la rotación de los cultivos, patrones de uso de la tierra, gestión de la agricultura, etc.) según (Pedroni & Morera, 2002); todos ellos determinados por los mercados (Van, 2014).

Por lo tanto, basándonos en el concepto de biodiversidad descrito por Gaston & Spicer (2004); Benin *et al.* (2003) y el de “agroecología” de Gliessman (2002), y otros autores; proponemos que el abordaje de la biodiversidad, bajo un contexto de agroecosistema, se defina tanto desde el nivel intra-específico como del inter-específico (ver Gráfico 5). De tal manera, que se pueda capturar la complementariedad funcional con respecto a estos dos niveles; que teóricamente pueden ser interpretados como mecanismos básicos para la influencia de la biodiversidad sobre el funcionamiento de los ecosistemas (Anderson, 2016).

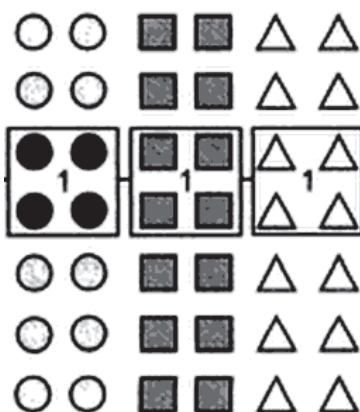
No obstante, cualquiera sea la definición, existe un consenso en la importancia que tiene la biodiversidad como soporte de los ES, su potencialidad para asegurar las cosechas en algunos entornos de crecimiento difícil (Benin *et al.*, 2003); y la existencia de un vínculo con la seguridad alimentaria global. Debido a ello, entender los *trade-offs* entre los factores que afectan el sistema de producción, generan una oportunidad para mejorar las capacidades de modelamiento en sistemas agrícolas, especialmente aquellos asociados al riesgo de la incidencia de plagas/enfermedades, polinización, uso eficiente y calidad del agua, salud del suelo. Interacciones que se ven marcadamente diferenciadas entre el sistema agrícola intensivo y extensivo (amigable con la naturaleza) (Desquilbet *et al.*, 2017).

Justamente, el sistema agrícola extensivo, es el que caracteriza a los sistemas agrícolas de subsistencia; motivo por el cual, el desarrollo de esta revisión sistemática ha identificado la carencia de información, con respecto a modelos de sistemas agrícolas de subsistencia que evalúen la biodiversidad. Tal vez una de las mejores aproximaciones al tema sea la propuesta de Antle *et al.* (2010), quien evalúa ecosistemas, en razón a que se sabe que la gestión de decisiones de los agricultores con respecto a la tierra impacta la función de los ecosistemas y la oferta de ES. Otra sería la planteada por Louhichi *et al.* (2013), quien deja abierta la posibilidad de integrar a la biodiversidad en su modelo (FSSIM-Dev). Aunque algunas referencias previas (Janssen & van Ittersum, 2007) y las reportadas en este estudio, indican que las variables biofísicas, como el nitrógeno, han sido integrados, a través de actividades o restricciones en los modelos (Ver Gráfico 4). Ellos también coinciden con nosotros en que menos atención ha recibido la biodiversidad; no obstante, la potencialidad de los modelos bioeconómicos para integrar a la biodiversidad. En este caso, esta puede ser medida con indicadores (diversidad de cultivos, diversidad de ganado, etc.), a pesar de que estos se centren en especies individuales más que en interacciones complejas en las redes alimentarias subyacentes (Janssen & van Ittersum, 2007).

GRÁFICO 5

Biodiversidad intraespecífica e interespecífica en contexto de agroecosistema

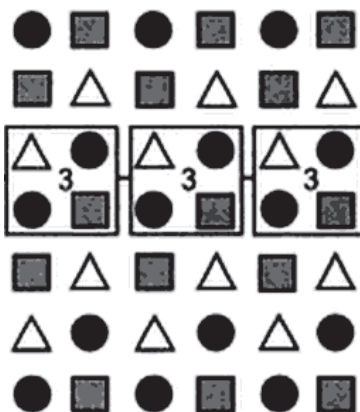
A



La diversidad presente en tres áreas, se ve representada en el gráfico por una forma (tipos de cultivo) por caja (especie); es decir, existe poca diversidad intraespecífica.

La diversidad espacial dentro del sistema (explotación), se ve representada por los tres tipos de cajas; es decir, existe gran diversidad interespecífica.

B



La diversidad presente en tres áreas, se ve representada en el gráfico por una forma (tipos de cultivo) por caja (especie); es decir, existe gran diversidad intraespecífica.

La diversidad espacial dentro del sistema (explotación), se ve representada por los tres tipos de cajas; es decir, existe poca diversidad interespecífica.

Fuente: Elaboración propia, basado en Brookfield & Stocking (1999).

Por otro lado, nuestro estudio deja en evidencia que los modelos de hogares agrícolas de subsistencia que evalúan biodiversidad son escasos. Los existentes se enfocan en algunos atributos funcionales de la biodiversidad, principalmente a los relacionados a las características de los suelos (Ver Gráfico 4); además, de encontrarse poco difundidos en el ámbito científico; es decir, no son publicados en revistas indexadas. A pesar de que, su desarrollo sea importante para describir, los sistemas agrícolas de subsistencia, que difieren por un lado, en relación a la dotación de los recursos, orientación de la producción y objetivos, etnicidad, educación, experiencia del pasado, manejo de las habilidades y en su actitud hacia el riesgo; y por el otro en razón al ambiente, donde es de suponer que la biodiversidad, propia del lugar, brinda ES más allá de la producción de alimentos (reciclaje de nutrientes, control del microclima local, regulación de los procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables y la desintoxicación de sustancias químicas nocivas, etc.), y donde, las políticas de agricultura intensificada (altos niveles de químicos, insumos mecánicos, e intervención continua del hombre para substituir la función de regulación interna del sistema ecológico), tienen un impacto proporcional a la pérdida de la biodiversidad del lugar (Russell *et al.*, 2006).

A pesar, de elegir como metodología, una revisión sistemática, a fin de minimizar los sesgos en la identificación, selección, extracción y evaluación de la calidad de los artículos (sesgos dentro de los estudios y entre los estudios) como lo propone (Higgins & Green, 2012; Moher *et al.*, 2009). No se evaluó la validez de los resultados reportados por los estudios incluidos; visto que al ser un campo poco explorado no se cuentan con instrumentos para ello.

5. Conclusión

Basándonos en que la biodiversidad tiene escalas, niveles de organización e interacciones entre ellas; concluimos que la biodiversidad, en su definición más amplia, incluye a los conceptos de agro-biodiversidad y la agro-diversidad. Por ende, su estudio debe de definir sus alcances; es decir, el nivel de organización que se adopte (Halfpter, 1994); el area de estudio, y las características del lugar (bosque, valle, río, etc.) (Gliessman, 2002).

Así también, dada la evidencia que la mayor parte de los estudios económicos, que consideran variables ambientales, se han realizado en sistemas agrícolas que no son los de subsistencia; se requiere del uso de enfoques y métodos de modelamiento más específicos para evaluar los *trade-off* y las complementariedades entre la producción de comida, productividad, el ingreso y la biodiversidad en este tipo de agricultura familiar. Esta revisión, tiene como hallazgo principal la existencia de este vacío de conocimiento; no obstante, los modelos FSSIM-Dev y FarmDESIGN, potencialmente, podrían realizar este tipo de evaluaciones considerando, además, variables de seguridad alimentaria, elemento importante, pues se sugiere, que la “biodiversidad” tiene efecto directo sobre la seguridad alimentaria y capacidad de adaptación al medio.

Referencias

- Acs, S., Delincé, J., Gonzalez-Mellado, A. & Sammeth, F. (2010). *The Link between Agricultural and Rural Statistic and Agricultural Economic Modelling*. Sevilla: European Commission.
- Almekinders, C.M., Fresco, L.O. & Struik, P.C. (1995). "The need to study and manage variation in agro-ecosystems". *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 43(2), 127-142.
- Anderson, E. (2016). "Multiple dimensions of biodiversity and ecosystem processes: Exploring the joint influence of intraspecific, specific and interspecific diversity". *Journal of Theoretical Biology*, 404, 215-221. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtbi.2016.06.004>.
- Antle, J.M., Basso, B., Conant, R.T., Godfray, H.J., Jones, J.W., Herrero, M., Howit, R.E., Keating, B.A., Munoz-Carpena, R., Rosenzweig, C., Titttonell, P. & Wheeler, T.R. (2017). "Towards a new generation of agricultural system data, models and knowledge products: Design and improvement". *Agricultural Systems*, 155, 255-268. <http://dx.doi.org/10.1016/j.a.gsy.2016.10.002>.
- Antle, J.M., Diagana, B., Stoorvogel, J.J. & Valdivia, R.O. (2010). "Minimum-data analysis of ecosystem service supply in semi-subsistence agricultural systems". *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 54(4), 601-617. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8489.2010.00511.x>.
- Benin, S., Smale, M., Gebremedhin, B., Pender, J. & Ehui, S. (2003). "The determinants of cereals crop diversity on farms in the Ethiopian highlands". Comunicación presentada a la *25th International Conference of Agricultural Economists*, August. Durban, South Africa.
- Brookfield, H. & Stocking, M. (1999). "Agrodiversity: Definition, description and design". *Global Environmental Change*, 9(2), 77-80. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-3780\(99\)00004-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-3780(99)00004-7).
- Buysse, J., Van Huylenbroeck, G. & Lauwers, L. (2007). "Normative, positive and econometric mathematical programming as tools for incorporation of multifunctionality in agricultural policy modelling". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120(1), 70-81. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2006.03.035>.
- Calvo Sendín, J.F., Esteve Selma, M.A. & López Bermúdez, F. (2000). *Biodiversidad : contribución a su conocimiento y conservación en la región de Murcia*. Murcia: FG Graf. Universidad de Murcia & Instituto del Agua y el Medio Ambiente.
- Chappell, M.J., Wittman, H., Bacon, C.M., Ferguson, B.G., García Barrios, L.G., Barrios, R., Jaffee, D., Lima, J., Méndez, V.E., Morales, H., Soto-Pinto, L., Vandermeer, J. & Perfecto, I. (2013). "Food sovereignty: An alternative paradigm for poverty reduction and biodiversity conservation in Latin America". *F1000Research*, 2. <http://dx.doi.org/10.12688/f1000research.2-235.v1>.

- Chenoune, R., Thomas, A., Komarek, A.M., Gómez y Paloma, S., Flichman, G., Capillon, A. & Belhouchette, H. (2017). "Assessing consumption-production-resources nexus decisions for rice-focused agricultural households in Sierra Leone". *Land Use Policy*, 67, 597-607. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.06.014>.
- Claessens, L., Antle, J.M., Stoorvogel, J.J., Valdivia, R.O., Thornton, P.K. & Herrero, M. (2012). "A method for evaluating climate change adaptation strategies for small-scale farmers using survey, experimental and modeled data". *Agricultural Systems*, 111, 85-95. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2012.05.003>.
- Claessens, Lieven, Stoorvogel, J. & Antle, J. (2010). "Exploring the impacts of field interactions on an integrated assessment of terraced crop systems in the Peruvian Andes". *Journal of Land Use Science*, 5(4), 259-275. <http://dx.doi.org/10.1080/1747423X.2010.500687>.
- Desquilbet, M., Dorin, B. & Couvet, D. (2017). "Land Sharing vs Land Sparing to Conserve Biodiversity: How Agricultural Markets Make the Difference". *Environmental Modeling and Assessment*, 22(3), 185-200. <http://dx.doi.org/10.1007/s10666-016-9531-5>.
- Djankov, S. & Saliola, F. (2019). *World Development Report: Changing Nature of Work*, World Bank Group.
- Durach, C.F., Kembro, J. & Wieland, A. (2017). "A New Paradigm for Systematic Literature Reviews in Supply Chain Management". *Journal of Supply Chain Management*, 53(4), 67-85. <https://dx.doi.org/10.1111/jscm.12145>.
- Fernández, F.J., Blanco, M., Ponce, R.D., Vásquez-lavín, F. & Roco, L. (2017). "Implications of climate change for semi-arid dualistic agriculture: A case study in Central Chile". *Regional Environmental Change*, 1-26. <https://dx.doi.org/10.1007/s10113-018-1380-0>.
- Floridi, M., Bartolini, F., Peerlings, J., Polman, N. & Viaggi, D. (2013). "Modelling the Adoption of Automatic Milking Systems in Noord-Holland". *Bio-Based and Applied Economics*, 2(1), 73-90.
- Gaston, K.J. & Spicer, J.L. (2004). "Biodiversity: An introduction". *Biological Conservation*, 122(2), 361. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2004.07.009>.
- Gliessman, S.R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. (Rodríguez, E., Bensjamín, T., Rodríguez, L. & Cortés, A. Eds.). Turrialba: CATIE.
- Graeub, B.E., Chappell, M.J., Wittman, H., Ledermann, S., Kerr, R.B. & Gemmill-Herren, B. (2016). "The State of Family Farms in the World". *World Development*, 87, 1-15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.05.012>.
- Gusenbauer, M. (2019). *Google Scholar to overshadow them all? Comparing the sizes of 12 academic search engines and bibliographic databases*. *Scientometrics*, 118. Springer International Publishing. <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-018-2958-5>.
- Halfpeter, G. (1994). "¿Qué es la biodiversidad?" *Butlletí de La Institució Catalana d'Història Natural*, 62, 5-14.

- Higgins, J. & Green, S. (2012). “Cochrane handbook for systematic reviews of interventions”. En Higgins, J.P.T & S. Green, S. (Eds.): *Cochrane*. Barcelona: Centro Cochrane Iberoamericano. <http://dx.doi.org/www.cochrane-handbook.org>.
- High Level Panel of Experts. (2014). “Critical and Emerging Issues for Food Security and Nutrition”. *Committee on World Food Security*, 26. Obtenido de: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_Reports/HLPE_Note-to-CFS_Critical-and-Emerging-Issues_6-August-2014.pdf.
- High Level Panel of Experts. (2016). “Sustainable agricultural development for food security and nutrition: What roles for livestock?” *HLPE Report*, 10 (July), 140. Obtenido de: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_Reports/HLPE-Report-10_EN.pdf.
- Janssen, S. & van Ittersum, M.K. (2007). “Assessing farm innovations and responses to policies: A review of bio-economic farm models”. *Agricultural Systems*, 94(3), 622-636. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2007.03.001>.
- Janvry, A. & Sadoulet, E. (2006). “Progress in the Modeling of Rural Households’ Behavior under Market Failures”. In Janvry A. & Kambur, R. (Eds.): *Poverty, Inequality and Development, Essays in Honor of Erik Thorbecke*, 155-181. New York: Kluwer. http://dx.doi.org/10.1007/0-387-29748-0_9.
- Komarek, A.M., Drogue, S., Chenoune, R., Hawkins, J., Msangi, S., Belhouchette, H. & Flichman, G. (2017). “Agricultural household effects of fertilizer price changes for smallholder farmers in central Malawi”. *Agricultural Systems*, 154, 168-178. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2017.03.016>.
- Louhichi, K. & Gomez y Paloma, S. (2014). “A farm household model for agri-food policy analysis in developing countries: Application to smallholder farmers in Sierra Leone”. *Food Policy*, 45, 1-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.10.012>.
- Louhichi, K., Gomez y Paloma, S., Belhouchette, H., Allen, T., Fabre, J., Blanco, M., Chenoune, R., Acs, S. & Flichman, G. (2013). *Modelling Agri-Food Policy Impact at Farm-household Level in Developing Countries (FSSIM-DEV) Application to Sierra Leone*. Luxembourg: European Commission. <http://dx.doi.org/10.2791/14527>.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G. & Group, T.P. (2009). “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses : The PRISMA Statement”. *PLoS Medicine*, 6(7). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>.
- Murphy, G., Donoghue, C.O., Hynes, S. & Murphy, E. (2014). “Modelling the Participation Decision in Agri-Environmental Schemes”. Comunicación presentada al *EAAE 2014 Congress “Agri-Food and Rural Innovations for Healthier Societies”*. Ljubljana, Slovenia.
- Owach, C., Bahiigwa, G. & Elepu, G. (2017). “Farming household food storage, consumption and sales decision making under price risk in northern Uganda”. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 9(1), 8-15. Obtenido de: https://academicjournals.org/ebook/journal1484231290_JDAE%20January%202017%20Ebook.pdf.

- Pedroni, L. & Morera Jiménez, M. (2002). *Biodiversidad, el problema y los esfuerzos que se realizan en Centroamérica*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza- CATIE.
- Priyanti, A., Inaga, B.M., Syaukat, Y. & Kuntjoro, S.U. (2007). “Model Ekonomi Rumah tangga Petani Pada Sistem Integrasi Tanaman-Ternak: Konsepsi Dan Studi Empiris”. *Wartazoa*, 17(2), 61-70.
- Quaranta, G. & Salvia, R. (2003). *A bio-economic model to simulate farmers behaviour in a Mediterranean desertification risky area: Data needs and empirical evidences*. Potenza: Soil Conservation And Protection for Europe-Scape.
- Rojas Lara, T., Regmi, A. & Kleinwechter, U. (2015). *Literature Review on the Integration of Ecosystem Services in Agricultural Economic Models*. Bioversity International. Impact assessment discussion paper, 14. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3542.0887>.
- Rotz, C.A., Kleinman, P.J.A., Dell, C.J., Veith, T.L. & Beegle, D.B. (2011). “Environmental and Economic Comparisons of Manure Application Methods in Farming Systems”. *Journal of Environment Quality*, 40(2), 438-448. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2010.0063>.
- Roza, C., Allen, T., Komarek, A.M., Gomez y Paloma, S., Guillermo, F., Alain, C. & Hatem, B. (2017). “Assessing consumption-production-resources nexus decisions for rice-focused agricultural households in Sierra Leone”. *Land Use Policy*, 67, 597-607. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.06.014>.
- Russell, N.P., Pascual, U. & Omer, A.A. (2006). “Economics and Biodiversity in Intensively Managed Agro-ecosystems”. Comunicación presentada a la *International Association of Agricultural Economists Conference- Gold Coast*. Australia.
- Sébastien, M., Santini, F. & Boulanger, P. (2013). “An ex-ante assessment of CAP income stabilisation payments using a Farm Household model”. Comunicación presentada a la *87th Annual Conference of the Agricultural Economics Society*, 1-27. Sevilla: University of Warwick.
- Taylor, J.E. & Adelman, I. (2003). “Agricultural Household Models: Genesis, Evolution, and Extensions”. *Review of Economics of the Household*, 1(1), 33-58. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1021847430758>.
- Tillie, P., Louhichi, K. & Gomez y Paloma, S. (2016). “Modelling the farm household impacts of a small irrigation program in Niger”. Comunicación presentada a la *5th International Conference of AAEE*, p. 19. Sevilla.
- Tsai-wei, C. (2016). *Linking a whole farm model to household labour and economics of smallholder farmers - a case study in Northwest Vietnam*. Wageningen University Linking.
- Van Wijk, M.T, Rufino, M.C., Enahoro, D., Parsons, D., Silvestri, S., Valdivia, R.O. & Herrero, M. (2012). “A review on farm household modelling with a focus on climate change adaptation and mitigation”. *Climate Change Agriculture and Food Security*. CCAFS Working Paper 20. Copenhagen: CIAT. Obtenido de: <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

-
- Van Wijk, M.T., Rufino, M.C., Enahoro, D., Parsons, D., Silvestri, S., Valdivia, R.O. & Herrero, M. (2014). "Farm household models to analyse food security in a changing climate: A review". *Global Food Security*, 3(2), 77-84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2014.05.001>.
- Van Wijk, M.T. (2014). "From global economic modelling to household level analyses of food security and sustainability: How big is the gap and can we bridge it?" *Food Policy*, 49(2), 378-388. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.10.003>.
- Wood, D. & Lenné, J.M. (1997). "The conservation of agrobiodiversity on-farm: Questioning the emerging paradigm". *Biodiversity and Conservation*, 6(1), 109-129. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1018331800939>.