

## Sustentabilidad ambiental rural y servicios ecosistémicos: una revisión

Diomedes Arnoldo Sandoval Muelas<sup>1</sup>   
Julio Eduardo Beltrán Vargas<sup>2</sup>  

Recibido: 30 de Junio de 2020 - Aceptado: 13 de febrero de 2023 - Actualizado: 26 de septiembre de 2024

**DOI: 10.17151/luaz.2023.56.3**

### Resumen

Los servicios ecosistémicos tienen un rol preponderante para explicar la sustentabilidad ambiental rural, al incidir en el estado de bienestar y relaciones sociales, que condicionan la capacidad en estas zonas para garantizar la sustentabilidad ambiental. En este trabajo investigativo de revisión se analizan los avances existentes, en torno a las formas de evaluación de los servicios ecosistémicos en la sustentabilidad ambiental rural. El estudio empleó las bases de datos de Scopus, ScienceDirect, Taylor & Francis y JSTOR, y se utilizó un marco de búsqueda de tres etapas: exploración, síntesis y análisis. Del total de casos de estudio, la suma de la frecuencia de citación fue de 200 veces, de estos el 57% de las citaciones correspondió a un servicio de aprovisionamiento, el 29% a un servicio de regulación y el 14% a un servicio cultural. Destacándose en los servicios de aprovisionamiento el suministro de cultivos (32,5%), en los servicios de regulación la conservación del suelo (41,38%) y en los servicios culturales el conocimiento tradicional (89%).

**Palabras claves:** sostenibilidad ambiental, servicios ambientales, agricultura tradicional.

### Rural environmental sustainability and ecosystem services: a review

#### Abstract

Ecosystem services have a preponderant role to explain rural environmental sustainability, by influencing the welfare state and social relations, which condition the capacity in these areas to guarantee environmental sustainability. This investigative review work analyzes the existing advances, around the ways of evaluating ecosystem services in rural sustainability. The study used the databases of Scopus, ScienceDirect, Taylor & Francis and JSTOR, and a three-stage search framework was used: exploration, synthesis and analysis. Of the total number of case studies, the sum of the citation frequency was 200 times, of these, 57% of the citations corresponded to a provisioning service; 29% to a regulatory service; and 14% to a cultural service. Highlighting provisioning services: crop supply (32.5%); in regulatory services: soil conservation (41.38%), and in cultural services: traditional knowledge (89%).

**Key words:** environmental sustainability, environmental services, traditional agriculture.

---

## Introducción

La sustentabilidad rural es inherente a cada territorio que emerge de las acciones e interacciones sociales con los componentes de la naturaleza, expresada en servicios ecosistémicos, que se traduce en bienestar humano y ambiental (Tian, 2017), pero la presión sobre los servicios ecosistémicos que impone el modelo de crecimiento económico erosiona la soberanía alimentaria, las estructuras sociales y la cultura, sumiendo a campesinos e indígenas en la pobreza y miseria, situación que afecta negativamente la sustentabilidad rural. Sin embargo, algunos territorios habitados por campesinos e indígenas muestran una actitud de resistencia en defensa de sus modos tradicionales de vida y rincones de naturaleza (Silveti, 2011).

Para Lucas et al. (2014), el desarrollo rural y la erradicación del hambre están vinculados con la sustentabilidad rural, que depende en gran medida de los servicios del ecosistema, pero prácticas agrícolas insostenibles deterioran beneficios humanos y ambientales. En este sentido, Wu (2013) sostiene que el mantenimiento de los servicios ecosistémicos tiene relación con la sustentabilidad. En consecuencia, la deficiente comprensión de bienes y servicios del ecosistema que se transan en acciones e interacciones sociales locales, impide el desarrollo de estrategias adecuadas; y considerando que más del 70% de los pobres del mundo viven en zonas rurales y dependen directamente de los servicios del ecosistema para su subsistencia (Silori, 2015).

Es un hecho la interdependencia entre servicios que incluyen el agua, el aire limpio, los alimentos y los combustibles. En este sentido, los servicios del ecosistema son una oferta eficaz para mejorar el bienestar humano y, con ello, la sustentabilidad (Farber et al., 2002), acorde a las condiciones del medio y la cultura de los habitantes. Para Chen et al. (2017), estudiar los servicios ecosistémicos aporta conocimiento del desempeño del desarrollo rural, que conduce a optar por mejorar o nuevas prácticas de gestión en los territorios. Por lo anterior, existe un aumento de interés en el campo de investigación de servicios ecosistémicos para el esclarecimiento de relaciones de equilibrio entre sociedad y naturaleza, en el marco de la sustentabilidad (Potschin y Haines-Young, 2013), que permita enfrentar desafíos socioeconómicos y ecológicos (Silori, 2015). Por lo mencionado, es importante un estudio de revisión bibliométrica para conocer las tendencias actuales en la producción de conocimiento (Hallinger et al., 2020), especialmente en el campo de los servicios ecosistémicos en relación con la sustentabilidad ambiental rural.

Además, la incorporación de los servicios ecosistémicos en el debate de la planificación del desarrollo y la construcción de políticas públicas, se incrementó en años recientes (Cook et al., 2020; Wegner y Pascual, 2011). A nivel mundial, los servicios ecosistémicos cada vez más se tienen en cuenta como marco, para la noción de sustentabilidad (Abson et al., 2014); como concepto multidimensional que integra aspectos ecológicos, políticos, éticos, socioeconómicos, democráticos, culturales y teológicos (Vogt y Weber, 2019), propios del entretejido relacional en ambientes rurales.

Ante las condiciones actuales de deterioro ambiental, es una prioridad el desarrollo de metodologías interdisciplinarias, que tienen enfoque en los servicios ecosistémicos para describir

la condición de sustentabilidad (De Groot et al., 2010). En este sentido, varios estudios relacionan el secuestro de carbono por plantas y macroorganismos con las prácticas agrícolas y la sustentabilidad del territorio (Okolo et al., 2020); así mismo, la valoración de la provisión de leña y madera, alimentos silvestres, conocimiento tradicional (uso de plantas medicinales o técnicas agrícolas), prevención de la erosión, diversificación de cultivos, gestión de animales silvestres y agua, para describir cualitativamente la sustentabilidad (Landreth y Saito, 2014). Pico-Mendoza et al. (2020) evaluaron cuantitativamente los servicios ecosistémicos (mantenimiento de hábitats, calidad del agua, reducción de la erosión del suelo y secuestro de carbono), para establecer la sustentabilidad en sistemas productivos de café.

Otros investigadores reportan experiencias en la evaluación de la sustentabilidad rural aplicando metodologías como: el índice ambiental (Diouf y Hatvany, 2015), diseño de comunidades sustentables (Winther, 2017), índice de medios de vida sostenibles (You y Zhang, 2017), índice de sustentabilidad de los medios de vida — —LSI— (Wang et al., 2016). Acorde con lo anterior, el objetivo principal de esta investigación fue realizar una revisión de estudios científicos de los servicios ecosistémicos utilizados en el análisis de la sostenibilidad ambiental rural para el periodo de tiempo 2010-2020 y, de otra parte, identificar las metodologías de evaluación de servicios ecosistémicos utilizados en investigaciones recientes, para este fin se realizó una búsqueda sistemática en cuatro bases de datos: Scopus, ScienceDirect, Taylor & Francis y JSTOR.

---

## **Materiales y métodos**

### **Sistema de búsqueda bibliográfica**

Se utilizaron las bases de datos Scopus, ScienceDirect, Taylor & Francis y JSTOR. Se usaron palabras clave estructuradas en tres grupos diferentes. El primer grupo “sustentabilidad”, el segundo grupo “servicios ecosistémicos” y el tercer grupo “rural”. Se manejó el operador booleano “AND” (Y) para conectar los grupos de palabras para la construcción de la ecuación de búsqueda: sustentabilidad Y “servicios ecosistémicos” Y rural. Los descriptores de la ecuación fueron ajustados al idioma inglés, por tanto, la ecuación utilizada fue: Sustainability AND “Ecosystem services” AND rural. La búsqueda en bases de datos se efectuó, para el intervalo de tiempo entre 2010 y 2020.

En una primera etapa, se encontró un total de 23.408 publicaciones científicas entre las bases de datos consultadas, distribuidas 56,05% en Scopus, 28,42% en ScienceDirect, 11,68% en Taylor & Francis y JSTOR con 3,8%. En la segunda etapa, se identificaron palabras clave o temáticas asociadas a parámetros de búsqueda, en este propósito se utilizaron publicaciones científicas en Scopus, que investigadores consideran es la mayor base de datos en revistas científicas con publicaciones recientes, útil para la búsqueda de palabras clave y el análisis de citas (Falagas et al., 2008; Vanzetto y Thomé, 2019), además, contiene la mayor cantidad de resúmenes de artículos científicos revisados por pares y fuentes web (Agarwal et al., 2016). En este caso, se seleccionaron 7 palabras clave o temáticas según frecuencia de citación: Biodiversidad, Usos del suelo, Agricultura, Silvicultura, Percepción, Paisaje y Bosques ([Tabla 1](#)).

**Tabla 1.** Listado de hallazgos en publicaciones científicas para cada palabra clave o temática

Etapas	Ecuación de búsqueda	Bases de datos								Índice Q promedio	Qn
		Scopus	Q	ScienceDirect	Q	Taylor & Francis	Q	JSTOR	Q		
<b>Eta</b>	Sustainability AND "Ecosystem services" AND rural	13.120	1	6.652	1	2.735	1	901	1		
<b>Eta</b>	Biodiversidad	8.740	0,666	4.810	0,723	1.939	0,709	128	0,142	0,560	Q3
	Usos del suelo	9.495	0,724	6.230	0,937	588	0,215	46	0,051	0,482	Q2
	Agricultura	8.513	0,649	5.807	0,873	2.456	0,898	125	0,139	0,640	Q3
	Silvicultura	5.214	0,397	2.784	0,419	2.037	0,745	87	0,097	0,414	Q2
	Percepción	4.190	0,319	2.463	0,370	1.566	0,573	48	0,053	0,329	Q2
	Paisaje	9.430	0,719	4.739	0,712	1.852	0,677	115	0,128	0,559	Q3
	Bosques	8.817	0,672	4.922	0,740	2.037	0,745	101	0,112	0,567	Q3
<b>Eta</b>	Biomasa	2.241	0,171	1.908	0,287	584	0,214	226	0,251	0,230	Q1
	Recursos naturales (bosque)	6.605	0,503	3.210	0,483	1.450	0,530	640	0,710	0,557	Q3
	Suministro de agua	848	0,065	1.128	0,170	500	0,183	141	0,156	0,143	Q1
	Suministro de alimentos	596	0,045	447	0,067	164	0,060	46	0,051	0,056	Q1
	Cultivos	4.308	0,328	3.693	0,555	1.465	0,536	402	0,446	0,466	Q2
	Alimentos de origen Animal	2.567	0,196	2.733	0,411	1.364	0,499	340	0,377	0,371	Q2
	Secuestro de carbono	1.575	0,120	1.403	0,211	463	0,169	31	0,034	0,134	Q1
	Calidad del agua	1.779	0,136	1.761	0,265	725	0,265	42	0,047	0,178	Q1
	Conservación del suelo	738	0,056	515	0,077	226	0,083	15	0,017	0,058	Q1
	Conservación de la biodiversidad	266	0,020	425	0,064	147	0,054	9	0,010	0,037	Q1
	Participación local	365	0,028	136	0,020	81	0,030	12	0,013	0,023	Q1
	Conocimiento tradicional	454	0,035	287	0,043	187	0,068	17	0,019	0,041	Q1

Fuente: los autores.

Para la tercera etapa se utilizaron los términos que tuvieran un índice Q promedio superior a 0,5 (50%) de la segunda etapa; siendo seleccionados "biodiversidad", "agricultura", "paisaje" y "bosques" (Índice promedio Q3=0,560, Q3=0,640, Q3=0,559 y Q3=0,567, respectivamente) que reportaron el mayor número de coincidencias en las cuatro bases de datos, para la detección de los servicios ecosistémicos más citados en las palabras clave en Scopus ([Tabla 1](#)). Igualmente, se realizó una nueva búsqueda para identificar el grado de citación para cada uno de los servicios ecosistémicos, en este caso, el resultado no se tradujo en una exclusión del servicio ecosistémico.

En la tercera etapa se excluyeron términos como "usos del suelo", "silvicultura" y "percepción" (Índice promedio Q2=0,482, Q2=0,414 y Q2=0,329, respectivamente) que están por debajo del estándar establecido (0,5), registran menos citación en publicaciones. Para la elección de los artículos se plantearon los siguientes criterios de selección: a) Publicaciones que abordan la sustentabilidad a partir de descriptores directos o indirectos de servicios ecosistémicos, y b) Publicaciones que miden servicios ecosistémicos y asocian con la sustentabilidad. Igualmente, se establecieron criterios de exclusión: a) Publicaciones que abordan la sustentabilidad en escenarios urbanos y marinos, b) Publicaciones que valoran la sustentabilidad a partir de la dimensión económica, c) Publicaciones que relacionan servicios ecosistémicos con transacciones económicas (pagos por servicios), d) Publicaciones de tipo técnico y político, e) Publicaciones que

no relacionan, mencionan o asocian servicios ecosistémicos con la sustentabilidad o condición sostenible o sustentable.

Se cuantificaron 1.447 publicaciones en las cuatro bases de datos. En este sentido, la base de datos que detectó el mayor número de publicaciones fue Scopus (47,33%), seguido por Taylor & Francis (24,74%), ScienceDirect (16,65%) y JSTOR (11,26%). Posteriormente, se realizó una revisión de los títulos y resúmenes de todas las publicaciones detectadas, para evaluar su pertinencia en la presente investigación bibliográfica; lo anterior, a partir de los criterios de exclusión establecidos. Por tanto, en la construcción del presente artículo se seleccionó un total de 63 publicaciones, representando 4,3% de los documentos detectados inicialmente por las bases de datos utilizadas.

### **Análisis estadístico**

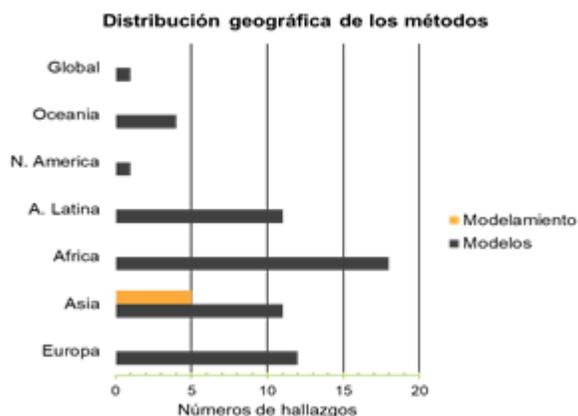
En los artículos se extrajo información: a) País, b) Nombre de la revista, c) Métodos, d) Modo de evaluación, e) Autor, y f) Servicios ecosistémicos preseleccionados en Scopus. La información fue almacenada en Excel. El análisis estadístico de datos incluyó cálculo de promedio, media, mediana y desviación estándar. Se utilizó el programa SPSS (versión 25.0, SPSS Inc., Chicago, IL) para la prueba de Shapiro-Wilk y gráfico Q-Q valores residuales para verificar la tendencia de normalidad de los datos según Kiraz y Demir (2020) y Pico-Mendoza et al. (2020).

---

## **Resultados**

### **Distribución geográfica de publicaciones revisadas**

Los 63 estudios sobre los servicios ecosistémicos en la sustentabilidad se distribuyeron en cinco continentes a nivel global: Asia (16 estudios), Europa (12 estudios), África (18 estudios), Norte América (1 estudio), América Latina (11 estudios), Oceanía (4 estudios) y un estudio de tipo global ([Figura 1](#)). Entre estos estudios, 58 fueron modelos y 5 de modelamiento. La referencia a modelos y modelamiento se refiere a una categoría general de los métodos identificados para la recolección de información en campo. En este caso, modelos integra: métodos como entrevistas, encuestas, conocimiento de expertos, toma de muestras, datos estadísticos, entre otros; mientras que modelamiento incluye: uso de sistemas de información espacial y programas para modelado. Particularmente, África (28,6%) y Asia (25,4%) se destacaron por concentrar el mayor número de estudios.



**Figura 1.** Distribución geográfica de los modelos identificados.

Fuente: los autores.

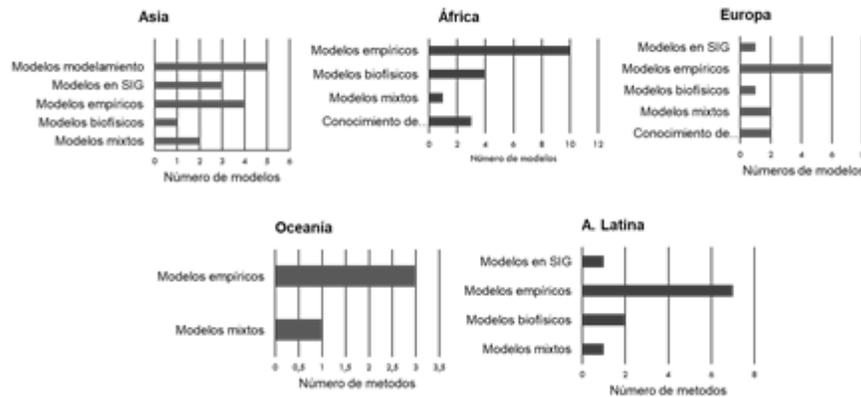
Por continentes, Asia con China lidera el mayor número de estudios identificados con el 56,25% (9 estudios), seguido por Nepal, Japón y Vietnam con igual número de estudios (2), que representa el 12,5% para cada país y finalmente Israel con 6,25% (1 estudio). En Europa, las publicaciones detectadas tuvieron una distribución más uniforme en 7 países y un estudio compartido entre España y Portugal. En esta región se destacó Alemania con el 25% (3 estudios), seguido por Rumania y España, con el 16,6% respectivamente (2 estudios/país). El resto de países fueron Slovakia, Finlandia, Irlanda y Bélgica, cada uno con un estudio (8,33%/país, respectivamente).

En África, los estudios detectados se distribuyen en 14 países, siendo Sudáfrica el de mayor número de estudios (4 estudios, 22,2%), seguido por Etiopía (3 estudios, 16,6%) y finalmente República del Sudán, Camerún, Ghana, Kenia, Benín, África Subsahariana, Marruecos, Níger, Madagascar, África Occidental, Burkina Faso, cada uno con un estudio (5,5%/país).

El América Latina, se detectaron hallazgos en cuatro países, siendo Brasil el de mayor número (5 estudios, 45,45%), seguido por México (3 estudios, 27,27%) y por último Perú (1 estudio, 9,1%), Ecuador (1 estudio, 9,1%) y un estudio regional que abarcó la zona Caribe (9,1%). En la región Oceanía, se reportaron cuatro países con un estudio cada uno: Australia, Tanzania, Indonesia y Nueva Zelanda. En Norte América, un estudio en Estado Unidos.

### **Modelos y evaluación de información**

La revisión evidenció el empleo de diversas técnicas para la recolección de información que dieron respuesta de los servicios ecosistémicos en la sustentabilidad rural ([Figura 2](#)). Específicamente, el modelo más utilizado fue el empírico (30 estudios, 47,62%), seguido del biofísico (9 estudios, 14,28%), modelo mixto (8 estudios, 12,7%), modelo de modelamiento (5 estudios, 7,9%), modelo de sistemas de información geográfica —SIG— (5 estudios, 7,9%), modelo basado en conocimiento de expertos (5 estudios, 7,9%) y modelo estadístico (1 estudio, 1,6%).



**Figura 2.** Tipos de modelos por región.

Fuente: los autores.

El modelo empírico integró 30 estudios que aplican técnicas para recolectar información sobre las características, uso y gestión que dan las personas al servicio ecosistémico, para ello, se reportó el empleo de encuestas o cuestionarios y entrevistas. Predominan los cuestionarios o encuestas para recopilar datos de las personas sobre el servicio ecosistémico (Mengist et al., 2020). En esta categoría, África reportó el mayor número de estudios (10), seguido por América Latina (7), Europa (6), Asia (4) y Oceanía (3).

El modelo biofísico, según Vihervaara et al. (2018), tiene como objetivo cuantificar parámetros bióticos y abióticos que influyen en la provisión de servicios ecosistémicos. Acorde con Vihervaara et al. (2018), entre estos modelos se encuentran modelos fenomenológicos, modelos macroecológicos, modelos basados en rasgos, modelos basados en procesos, modelos estadísticos, modelos de conectividad ecológica, modelos de estado y transición. Para esta investigación, la adopción de modelos biofísicos incorporó 9 publicaciones que emplearon técnicas de muestreo y monitoreo en campo para la cuantificación de variables descriptoras de la condición del servicio ecosistémico. En este caso, África reportó el mayor número con 4 estudios, seguido por América Latina (2 estudios), Asia (1 estudio), Europa (1 estudio) y un estudio en Norte América, el presentado por Franzluebbers (2013) que describió la influencia del carbono orgánico del suelo en la provisión de servicios ecosistémicos, cómo la agricultura afecta su concentración y la relación con la sustentabilidad que emana de la gestión del suelo.

En el modelo mixto se reportan 8 publicaciones sobre el empleo combinado de varias técnicas para la recolección de información como el uso de encuestas e imágenes SIG para caracterizar la composición del paisaje objeto de estudio. Arki et al. (2020) describieron el empleo combinado de imágenes satelitales y entrevistas en estudios patrones de paisaje en la sustentabilidad. Regionalmente, Asia (3 estudios), Europa (2 estudios), África (1 estudio) y América Latina (1 estudio). Adicionalmente, se encontró un estudio a escala global, correspondiente a Romero-Díaz et al. (2019).

El modelo SIG se centró en la utilización de mapas satelitales o imágenes ráster, cuya manipulación requirió el uso de software específico. En este modelo, según las publicaciones revisadas, Asia reportó mayor número de estudios (3 estudios), seguido por Europa (1 estudio) y América Latina (1 estudio). Este tipo de modelos requieren de imágenes satelitales que contienen información sobre el uso del suelo, cobertura, características del paisaje, entre otros, según el objetivo de estudio (Haase et al., 2014). En modelos de modelamiento, pocos estudios emplearon programas para el modelamiento de servicios ecosistémicos en términos de pronosticar su condición futura bajo parámetros actuales de uso por actividades humanas. En este sentido, Asia reportó mayor número (5 estudios).

El modelo basado en conocimiento de expertos fue reportado en África (3 estudios) y Europa (2 estudios). Los estudios que clasificaron en esta categoría optaron por fuente de información bases de datos científicas para la caracterización y cuantificación de los servicios ecosistémicos para describir el estado de sustentabilidad. Los modelos basados en conocimiento de expertos están respaldados con información de literatura y datos secundarios (Wolff et al., 2015).

Un estudio clasificó como modelo estadístico, que empleó bases de datos estadísticos que contenían información de parámetros asociados a servicios ecosistémicos como, por ejemplo, alimentos, materias primas, agua dulce y suministro de energía, reportado por Feng et al. (2018). Los modelos estadísticos se centran en la estimación de la relación entre una variable respuesta (en este caso, servicio ecosistémico) y variables explicativas (Vihervaara et al., 2018).

Por otro parte, comparando los continentes por el número de modelos identificados en las publicaciones revisadas, Europa y Asia (5 cada uno) emplean una mayor variedad de modelos para la captación de información, seguido por África (4 modelos), América Latina (4 modelos) y Oceanía (2 modelos).

En cuanto al modo de evaluación, entre 63 publicaciones se reportó empleo de evaluaciones tipo cuantitativo (16 estudios, 25,4%), cualitativo (24 estudios, 38,1%) y mixto (23 estudios, 36,61%) (Figura 3). A escala regional, Europa y Oceanía tuvieron mayor preferencia por el modo de evaluación cualitativo con 50% y 75% de los estudios, respectivamente. En Asia se reportó el empleo de evaluación cuantitativa, con el 56,25% de los estudios. En África se reportó el uso de evaluación cualitativa (44,4%) y mixta (44,4%). En América Latina tuvo mayor preferencia evaluación mixta (45,45%). En Norte América solo un estudio de evaluación cuantitativa y, a escala global, el estudio reportado por Romero-Díaz et al. (2019) que analizaron las terrazas para cultivos en la provisión múltiples SE en beneficio de la sustentabilidad.

La revisión identificó la utilización de las tres formas de evaluación, que presentan una marcada diferenciación a nivel regional, por ejemplo, se encontró que tres tipos de evaluación se emplearon en Europa, Asia, África y América Latina, mientras que Oceanía solo reporta la utilización de evaluación cualitativa y mixta.

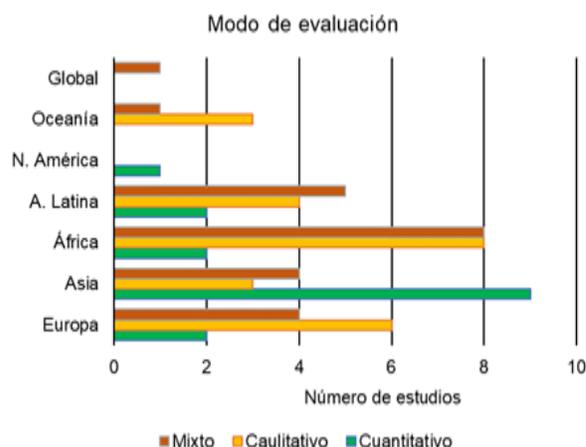


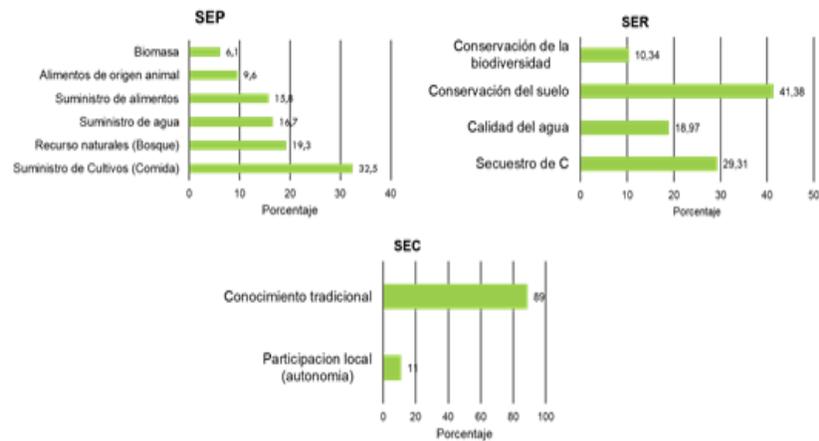
Figura 3. Tipos de evaluación por región.

Fuente: los autores.

### Categorías de los servicios ecosistémicos evaluados

Los servicios ecosistémicos evaluados en esta revisión fueron clasificados en función de las categorías definidas por Rincón-Ruiz et al. (2014), que identificó: Servicios ecosistémicos de provisión (SEP), Servicios ecosistémicos de regulación (SER) y Servicios ecosistémicos culturales (SEC). Para este estudio, los servicios ecosistémicos de provisión se agrupan en: Biomasa, Alimentos de origen animal, Suministro de alimentos, Recursos naturales (bosques), Suministro de cultivos. Así mismo, los servicios ecosistémicos de regulación: Conservación de la biodiversidad, Conservación del suelo, Calidad del agua y Secuestro de carbono (C). Finalmente, los servicios ecosistémicos culturales: Conocimiento tradicional y Participación local (Figura 4).

En 63 publicaciones revisadas, los servicios ecosistémicos mencionados fueron citados en total 200 veces. De estos, 57% de las citas correspondió a SEP, 29% a SER y 14% a SEC. Siguiendo las categorías en la Figura 4, por tipología fueron: SEP: Suministro de cultivos (32,5%), Recursos naturales (19,3%), Suministro de agua (16,7%), Suministro de alimentos (15,8%); en menor medida se citan Alimentos de origen animal (9,6%) y Biomasa (6,1%). En SER: Conservación del suelo (41,38%), Secuestro de carbono (29,31%), Calidad del agua (18,97%) y menor citación Conservación de la biodiversidad (10,34%). Finalmente, SEC: Conocimiento tradicional —también se encontró como Conocimiento ecológico local, que para esta investigación se asumió como igual— (89%) y menor citación Participación local (11%).



**Figura 4.** Categorías para los servicios ecosistémicos evaluados en la revisión de publicaciones.

Fuente: los autores.

## Discusión

### Ubicación geográfica de los estudios

El estudio de revisión de los servicios ecosistémicos en la sustentabilidad rural, identificó a escala global el empleo recurrente de modelos y en menor cantidad aplicaciones de modelamiento. En términos de ubicación geográfica, Asia reportó el empleo del 100% de los modelos de modelamiento identificados. Además, esta región presentó un mayor repunte en tres modelos diferentes: Modelamiento, SIG y Empíricos (Figura 2), en comparación con otras regiones. Asia es una región que en últimos años ha mostrado un creciente desarrollo, no solo económico sino también tecnológico, que ha posibilitado a los investigadores el uso de variadas herramientas tecnológicas para enriquecer los métodos de recolección de información en campo que permita un análisis avanzado al detalle de imágenes satelitales para el estudio de servicios ecosistémicos. De las 16 publicaciones, 9 fueron reportados en China, este hecho está relacionado con el creciente desarrollo económico y tecnológico, asociado a la Política de Línea Roja Ecológica (ERP, sigla en inglés). Para Bai et al. (2016), la ERP es una prioridad de cumplimiento para gobiernos regionales y locales en China, para mejorar la protección de los SE, sostener el desarrollo económico y entornos de vida, por ello el interés de investigaciones en este campo.

Por otra parte, la ubicación espacial de los modelos muestra una mayor concentración en regiones como África, Europa, América Latina y Asia. Entre estas, África concentra el mayor número de modelos (18). Esto coincide con el hecho de que, en los últimos años, ha aumentado el número de estudios desarrollados en África, que goza de una notable heterogeneidad espacial que deriva en diversas estrategias que usa la población, en su gran mayoría ubicada en la zona rural, para el aprovechamiento de unidades proveedoras de servicios ecosistémicos como son los bosques, cuerpos de agua, praderas y cultivos agrícolas tradicionales, vitales para mantener la sustentabilidad local y regional (Waweru et al., 2016).

Esta revisión permitió tener una panorámica sobre la distribución de los modelos en estudios de servicios ecosistémicos en la sustentabilidad en el contexto global. Sin embargo, a escala regional la evidencia muestra una distribución desigual de los modelos. Se sugieren tres causas que pueden tener una incidencia en mayor o menor medida en el desarrollo de la investigación, que son analizadas por el investigador al momento de elegir entre uno o varios modelos como el uso de entrevistas, encuestas, conocimiento de expertos, toma de muestras, datos estadísticos y modelamiento, es decir, el uso de sistemas de información espacial y programas para modelado: el tiempo de duración de la investigación, el acceso a financiación y el limitado uso de herramientas tecnológicas. Mengist et al. (2020) sugirieron que este hecho encierra un vacío que limita la comprensión y conocimiento de los servicios ecosistémicos.

En muchos casos, los investigadores no pueden prolongar el tiempo de duración de la investigación al emplear muestreos a largo tiempo o múltiples muestreos. Así mismo, el empleo de tecnología especializada no es accesible en varias regiones del mundo debido al bajo avance en el desarrollo tecnológico en campos como las ciencias biológicas, químicas, médicas y computacionales; además, su costo es elevado para su adquisición.

### **Descripción de modelos y formas de evaluación en la revisión**

**Modelos de modelamiento.** De acuerdo con las 63 publicaciones, solo fue empleado en Asia, sugiriendo un progresivo avance y popularidad de tecnologías basadas en paquetes de software para el análisis de información contenida en imágenes satelitales para caracterizar y cuantificar servicios ecosistémicos. El hecho de que Asia muestre el empleo de sistemas de modelamiento, indica la utilidad del uso de este tipo de herramientas en el análisis de los servicios ecosistémicos en regiones distantes e inferir en estado de sustentabilidad. Dang et al. (2018) mostraron la utilidad de los modelos de modelamiento en la comprensión de flujos de servicios ecosistemas y, con ello, su impacto en la regulación de peligros naturales y contribución a la sustentabilidad en diferentes ecosistemas.

**Modelos SIG.** Como ocurrió con el modelo anterior, se detectó mayormente en Asia (3 estudios), en menor medida en América Latina (1 estudio) y Europa (1 estudio). Nuevamente Asia muestra una mayor difusión de este modelo entre los investigadores, útil para captar información espacial, en cuanto a cualidades y distribución de unidades proveedoras de SE. En este sentido, el desarrollo tecnológico en los últimos 30 años favoreció el acceso de bajo costo a datos y convirtió la teledetección en una herramienta valiosa de información espacial (Henke y Petropoulos, 2013).

**Modelos empíricos.** En cuatro regiones se detectó como el modelo más difundido (África, Europa, América Latina y Oceanía); en Asia ocupó la segunda posición en difusión, después del modelo de modelamiento. Este hecho plantea un posicionamiento de las técnicas que integran este modelo (cuestionarios o encuestas y entrevistas) en la captación de datos no solo cualitativos sino también cuantitativos en el campo de los SE en la sustentabilidad. Otros estudios como los realizados por Cheng et al. (2019), encontraron igualmente el empleo del cuestionario o encuesta y la entrevista, que fueron los instrumentos más difundidos entre los investigadores a nivel mundial para recolectar información de SE.

**Modelos biofísicos.** Si bien está presente en 5 regiones excepto en Oceanía, el grado de difusión entre las publicaciones no fue mayor, como sí ocurrió con el modelo empírico. Solo África destacó con 4 estudios. En esta investigación, las publicaciones clasificadas en este modelo establecían zonas experimentales para muestrear y monitorear, esta evidencia condiciona el modelo biofísico a escalas de tiempo más largas, recursos e incrementa los costos de estudio. En este sentido, Bernard et al. (2016) agregaron que, a escala local, en muchos casos, la poca disponibilidad de tiempo junto con los recursos necesarios para adquirir datos experimentales, no permiten la operatividad de los modelos biofísicos; en términos generales, incrementan los costos de investigación.

**Modelos mixtos.** Tal como ocurrió en el caso anterior, está presente en 5 regiones excepto en Norte América; su grado de preferencia entre los investigadores no es alto en estudios de servicios ecosistémicos en la sustentabilidad rural. Santos-Martin et al. (2018) igualmente encontraron que la utilización de este tipo de métodos es escasa entre los investigadores en el campo de mapeo y evaluación de servicios ecosistémicos. Los modelos mixtos pueden contribuir a esclarecer y responder eficientemente los objetivos de estudio, en este caso, los vínculos de los servicios ecosistémicos con la sustentabilidad en escala local, regional y nacional. Sin embargo, una inadecuada combinación de los métodos en la recolección de datos puede conducir a impresiones en los resultados (Vihervaara et al., 2019).

**Modelos basados en conocimiento de expertos.** No fue una práctica común entre en los estudios revisados, solo fue detectado en dos regiones, pero con escasa utilización: África (3 estudios) y Europa (2 estudios). Este hecho sugiere la preferencia en investigaciones de servicios ecosistémicos en la sustentabilidad por datos explícitos obtenidos en campo, condición necesaria en la comprensión de las variaciones en las interacciones del componente natural y social que determinan las transformaciones del paisaje proveedor de SE a escala local y regional.

Por otro parte, esta investigación evidenció el posicionamiento de dos formas de evaluación entre los estudios revisados: evaluación mixta (36,51%) y cualitativa (38,1%). En la mayoría de estudios destacó la importancia de valorar ampliamente, objetiva y subjetivamente tanto factores biofísicos como sus interrelaciones con el componente social a escala local. Muchas de estas interrelaciones son construcciones que tienen cientos de años, que han pasado de generación en generación por medios orales, escritos y la observación de la experiencia. Las encuestas o cuestionarios y entrevistas fueron los instrumentos más frecuentes para la recolección de datos, en otros casos se combinaron o se complementan con muestreos o SIG para esclarecer la sustentabilidad. En muchos contextos, el bienestar de los medios de vida de comunidades no solo integra el acceso a materiales sino también relaciones, prácticas y costumbres que requieren de una evaluación mixta o cualitativa (De Lange et al., 2015). Es decir, se deben considerar las reacciones cognitivas y conductuales de las personas en relación con los ecosistemas (Dawson et al., 2017).

### **Clasificación de los servicios ecosistémicos**

En los servicios ecosistémicos (SE) evaluados en esta revisión, se evidenció preferencia por servicios ecosistémicos provisión, seguido por servicios regulación y culturales. Este resultado coincide con Vihervaara et al. (2010), quienes encontraron que la mayoría de los estudios analizados se centran en SE de aprovisionamiento y regulación. Los primeros son más valorados y presentan un alto interés para las personas; gran parte de las construcciones de interrelaciones

con la naturaleza se hacen en función de la alta demanda de la población por la producción de alimentos usando medios tradicionales como el caso de la recolección, la labranza mínima o cero, y convencionales que involucra un fuerte componente de investigación especializada y tecnológica para incrementar la eficiencia y cantidad de alimentos para consumo humano. Los servicios de aprovisionamiento son relativamente más fáciles de cuantificar, mientras servicio de regulación y culturales guardan cierta complejidad (Baskent, 2020), pero esta investigación evidenció un esfuerzo en estudios por evaluar los servicios culturales, en este caso, conocimiento local tradicional, sin embargo, es preferible contar con un número mayor de servicios culturales para dimensionar su progreso.

En los servicios de provisión, el 84,3% corresponden a los ES más evaluados. En orden de mayor citación son: Suministro de cultivos, Recurso naturales (bosque), Suministro de agua y Suministro de alimentos, este último entendido como alimentos recolectados en la naturaleza. En los servicios de regulación, tres servicios representan el 89,6% que corresponden a los más citados: Conservación del suelo, Secuestro de carbono y Calidad de agua. En cambio, en los servicios culturales el conocimiento tradicional fue más citado. Sin embargo, SE como biomasa, alimentos de origen animal y participación local tuvieron un menor porcentaje de citación en los estudios de revisión seleccionados, sugiriendo que estos términos no son comúnmente utilizados para representar o hacer referencia a un servicio ecosistémico. En cambio, la débil citación del SE conservación de la biodiversidad puede estar ligada a que no existe un conjunto de métodos comunes de cuantificación bien documentados, bien aceptados y adecuados (Baskent, 2020).

Esta revisión encontró que muchos estudios incluían varios servicios ecosistémicos para la descripción de la sustentabilidad ambiental rural. Así mismo, diversas investigaciones revisadas tienen como objeto de estudio múltiples ecosistemas como bosques, acuáticos, cultivos y potreros, como también las formas de interrelación que tienen las personas con estos ecosistemas. Acorde con esta investigación, fueron escasos los estudios que hacen referencia al uso de un solo tipo de servicio ecosistémico en la descripción sustentabilidad ambiental rural. En los casos que se encontró, se hacía mención al manejo del suelo (Secuestro de carbono), cultivos y en otros casos a prácticas agrícolas o uso de conocimientos construidos mediante la experiencia u observación del medio (Conocimiento local tradicional). Sin embargo, los ecosistemas se articulan con otros sistemas para la provisión de servicios, que deben incluirse en el diagnóstico y generación de conocimiento que informe sobre sustentabilidad (Partelow y Winkler, 2016). Para lograr esto, no deben estudiarse de manera aislada el servicio ecosistémico de aprovisionamiento, regulación, cultural y la biodiversidad (Palacios-Agundez et al., 2015), que se encuentran integrados al paisaje local.

Específicamente, SE provisión resaltó la importancia de los cultivos. Este hecho sugiere que los cultivos, además de proveer alimento, tienen una fuerte injerencia en la provisión y sostenimiento de otros servicios ecosistémicos como el aporte de residuos de cosechas que contribuye a mejorar la fertilidad del suelo. Baudron et al. (2015) mostraron que los cultivos pueden contribuir en la recuperación de suelos deteriorados por el pastoreo, incrementan la productividad, el secuestro de carbono y el ciclo de nutrientes (aplicación de estiércol y compost) y una mayor sustentabilidad.

El SE regulación más citado fue servicio de Conservación del suelo. La revisión indicó que este servicio está relacionado con coberturas de bosque y cultivos, asociado con el control de la erosión, estabilización, y fertilidad del suelo. La conservación del suelo, como componente principal para la actividad agrícola y pecuaria, mediante variadas prácticas en el manejo de coberturas, influye en la sustentabilidad ambiental rural, además provee servicios ecosistémicos como retención de agua y en el ciclo de nutrientes. En este sentido, Bernués et al. (2016) indicaron mayor preferencia de los agricultores por los servicios de regulación para la sustentabilidad en las granjas, especialmente en la prevención de perturbaciones, que beneficia la conservación del suelo y fertilidad.

El SE cultural más citado fue el conocimiento tradicional local. En esta revisión hizo referencia al conocimiento ecológico local, visibilizado en prácticas culturales en interacción con la naturaleza, que involucró estrategias de manejo de suelos, agua, bosque, conocimiento y uso de plantas silvestres, cultivos, control de plagas y enfermedades. En particular, Gómez-Baggethun et al. (2010) establecieron que el incremento en las prácticas agrícolas mejora el conocimiento ecológico local, considerado relevante para sustentabilidad. Estudios de Naah y Guuroh (2017), en África occidental, mostraron que el conocimiento basado en el lugar es esencial para la gestión sustentable de plantas forrajeras y producción ganadera, que contribuyen a mejorar los medios de vida en zonas rurales. Sin embargo, Partelow y Winkler (2016) resaltaron que los estudios de sistemas sociales que se benefician de servicios ecosistémicos, deben contar con un marco conceptual para mejorar su comprensión, la comparación con otros estudios y generación de teorías.

---

## Conclusiones y recomendaciones

Las publicaciones seleccionadas cubren todas las regiones a nivel global. Sin embargo, las proporciones de publicaciones que relacionan SE con la sustentabilidad ambiental rural mostraron más progresos en zonas de África (28,6%), Asia (25,4%), Europa (19 %) y América Latina (17%), en comparación con zonas como Oceanía y Norte América que, para el momento de esta investigación, los hallazgos fueron escasos, 6,3% y 1,6% respectivamente. En este sentido, esta revisión evidenció que la generación de conocimiento en los procesos de evaluación de la sustentabilidad que incorporan los SE es desigual a nivel global. Por otra parte, SE como Suministro cultivos (alimentos) (32,5%), Conservación del suelo (41,38%) y Conocimiento tradicional (89%) fueron los más valorados en las publicaciones para la descripción de la sustentabilidad.

Por otra parte, los modelos empíricos (47,62% de los estudios) que integran entrevistas, encuestas o cuestionarios y talleres, se sostienen como los métodos más utilizados a nivel global, excepto en Asia, para la recolección de información puntual en campo de SE, hecho que evidenció la importancia de la interacción con los actores locales para la obtención de información clara y precisa que pueda ser empleada para describir la condición de sustentabilidad a escala local. También, destacó la importancia de la recolección de información tanto objetiva como subjetiva referente a la condición cultural y natural, de ahí que la evaluación cualitativa y mixta (74%) fueran las más empleadas en los estudios revisados.

Este estudio evidencia un creciente esfuerzo en el desarrollo de estrategias para la recolección y análisis de datos para la evaluación de la sustentabilidad ambiental rural, por ejemplo, utilización

de herramientas espaciales y modelación, que tiene un amplio desarrollo en Asia. En el futuro, sería importante la implementación a manera de complemento de este tipo de instrumentos para mejorar la captura de información idónea de SE en la descripción de la huella de las actividades de los seres humanos en la transformación del paisaje, que permita diseñar estrategias de gestión acordes con las propiedades de los territorios, beneficiando la construcción de sustentabilidad.

---

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen al grupo de Investigación INDESOS del Instituto de postgrados de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, programa Maestría en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental.

---

### **Potencial conflicto de intereses**

El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaran que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

---

### **Fuentes de financiación**

Grupo de investigación INDESOS de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

---

### **Referencias**

- Abson, D., Von Wehrden, H., Baumgärtner, S., Fischer, J., Hanspach, J., Härdtle, W., Heinrichs, H., Klein, A. M., Lang, D. J., Martens, P. y Walmsley, D. (2014). Ecosystem services as a boundary object for sustainability. *Ecological Economics*, 103, 29-37.
- Agarwal, A., Durairajanayagam, D., Tatagari, S., Esteves, S. C., Harlev, A., Henkel, R., Roychoudhury, S., Homa, S., Puchalt, N. G., Ramasamy, R., Majzoub, A., Ly, K. D., Tvrdá, E., Assidi, M., Kesari, K., Sharma, R., Banihani, S., Ko, E., Abu-Elmagd, M., Gosálvez, J. y Bashiri, A. (2016). Bibliometrics: tracking research impact by selecting the appropriate metrics. *Asian journal of andrology*, 18(2), 296-309. <https://doi.org/10.4103/1008-682X.171582>
- Arki, V., Koskikala, J., Fagerholm, N., Kisanga, D. y Käyhkö, N. (2020). Associations between local land use/land cover and place-based landscape service patterns in rural Tanzania. *Ecosystem Services*, 41, 101056.
- Bai, Y., Jiang, B., Wang, M., Li, H., Alatalo, J. M. y Huang, S. (2016). New ecological redline policy (ERP) to secure ecosystem services in China. *Land Use Policy*, 55, 348-351.

- Baskent, E. Z. (2020). A Framework for Characterizing and Regulating Ecosystem Services in a Management Planning Context. *Forests*, 11(1), 102.
- Baudron, F., Mamo, A., Tirfessa, D. y Argaw, M. (2015). Impact of farmland enclosure on the productivity and sustainability of a mixed crop-livestock system in the Central Rift Valley of Ethiopia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 207, 109-118.
- Bernard, P.-Y., Benoît, M., Roger-Estrade, J. y Plantureux, S. (2016). Using biophysical models to manage nitrogen pollution from agricultural sources: ¿Utopic or realistic approach for non-scientist users? Case study of a drinking water catchment area in Lorraine, France. *Journal of Environmental Management*, 183(Part 1), 260-274.
- Bernués, A., Tello-García, E., Rodríguez-Ortega, T., Ripoll-Bosch, R. y Casasús, I. (2016). Agricultural practices, ecosystem services and sustainability in High Nature Value farmland: Unraveling the perceptions of farmers and nonfarmers. *Land Use Policy*, 59, 130-142.
- Chen, X., Chen, Y., Shimizu, T., Niu, J., Nakagami, K., Qian, X., Jia, B., Nakajima, J., Han, J. y Li, J. (2017). Water resources management in the urban agglomeration of the Lake Biwa region, Japan: An ecosystem services-based sustainability assessment. *Science of The Total Environment*, 586, 174-187.
- Cheng, X., Van Damme, S., Li, L. y Uyttenhove, P. (2019). Evaluation of cultural ecosystem services: A review of methods. *Ecosystem Services*, 37, 100925. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100925>
- Cook, D., Malinauskaite, L., Davíðsdóttir, B., Ögmundardóttir, H. y Roman, J. (2020). Reflections on the ecosystem services of whales and valuing their contribution to human well-being. *Ocean & Coastal Management*, 186, 105100.
- Dang, K. B., Burkhard, B., Müller, F. y Dang, V. B. (2018). Modelling and mapping natural hazard regulating ecosystem services in Sapa, Lao Cai province, Vietnam. *Paddy and Water Environment*, 16(4), 767-781.
- Dawson, N. M., Grogan, K., Martin, A., Mertz, O., Pasgaard, M. y Rasmussen, L. V. (2017). Environmental justice research shows the importance of social feedbacks in ecosystem service trade-offs. *Ecology and Society*, 22(3). <https://doi.org/10.5751/ES-09481-220312>
- De Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L. Hein, L. y Willemen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision-making. *Ecol. Complex.*, 7, 260-272.
- De Lange, E., Woodhouse, E. y Milner-Gulland, E. J. (2015). Approaches used to evaluate the social impacts of protected areas. *Conservation Letters*, 9(5), 327-333. <http://dx.doi.org/10.1111/conl.12223>
- Diouf, A. y Hatvany, M. G. (2015). Terrestrial Ecosystem Dynamics in Senegal's Agro-silvopastoral Center-East Region in the Second Half of the Twentieth Century. En B. Werlen

(Ed.), *Global Sustainability. Cultural Perspectives and Challenges for Transdisciplinary Integrated Research* (pp. 139-160). Springer.

Falagas, M. E., Pitsouni, E. I., Malietzis, G. A. y Pappas, G. (2008). Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses. *FASEB J*, 22(2), 338-342.

Farber, S. C., Costanza, R. y Wilson, M. A. (2002). Conceptos económicos y ecológicos para valorar los servicios del ecosistema. *Ecol Econ*, 41(3), 375-392.

Feng, Z., Cui, Y., Zhang, H. y Gao, Y. (2018). Assessment of human consumption of ecosystem services in China from 2000 to 2014 based on an ecosystem service footprint model. *Ecological Indicators*, 94(Part 1), 468-481.

Franzluebbers, A. J. (2013). Pursuing robust agroecosystem functioning through effective soil organic carbon management. *Carbon Management*, 4(1), 43-56.

Gómez-Baggethun, E., Mingorría, S., Reyes-García, V., Calvet, L. y Montes, C. (2010). Traditional ecological knowledge trends in the transition to a market economy: empirical study in the Donana natural areas. *Conserv. Biol.*, 24(3), 721-729. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01401.x>

Haase, D., Larondelle, N., Andersson, E., Artmann, M., Borgström, S., Breuste, J., Gómez-Baggethun, E., Gren, Å., Hamstead, Z., Hansen, R., Kabisch, N., Kremer, P., Langemeyer, J., Rall, E. L., McPhearson, T., Pauleit, S., Qureshi, S., Schwarz, N., Voigt, A., Wurster, D. y Elmquist, T. (2014). A Quantitative Review of Urban Ecosystem Service Assessments: Concepts, Models, and Implementation. *Ambio*, 43, 413-433. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0504-0>

Hallinger, P., Wang, R., Chatpinyakoo, C., Nguyen, V.-T. y Nguyen, U.-P. (2020). A bibliometric review of research on simulations and serious games used in educating for sustainability, 1997-2019. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120358.

Henke, J. M. y Petropoulos, G. P. (2013). A GIS-based exploration of the relationships between human health, social deprivation and ecosystem services: The case of Wales, UK. *Applied Geography*, 45, 77-88.

Kiraz, M. y Demir, E. (2020). A Bibliometric Analysis of Publications on Spinal Cord Injury During 1980-2018. *World Neurosurgery*, 136, e504-e513.

Landreth, N. y Saito, O. (2014). An Ecosystem Services Approach to Sustainable Livelihoods in the Homegardens of Kandy, Sri Lanka. *Australian Geographer*, 45(3), 355-373. <https://doi.org/10.1080/00049182.2014.930003>

Lucas, P. L., Kok, M. T. J., Nilsson, M. y Alkemade, R. (2014). Integrating Biodiversity and Ecosystem Services in the Post-2015 Development Agenda: Goal Structure, Target Areas and Means of Implementation. *Sustainability*, 6(1), 193-216. <https://doi.org/10.3390/su6010193>

- Mengist, W., Soromessa, T. y Legese, G. (2020). Ecosystem services research in mountainous regions: A systematic literature review on current knowledge and research gaps. *Science of the Total Environment*, 702, 134581.
- Naah, J.-S. y Guuroh, R. T. (2017). Factors influencing local ecological knowledge of forage resources: Ethnobotanical evidence from West Africa's savannas. *Journal of Environmental Management*, 188, 297-307.
- Okolo, C. C., Dippold, M. A., Gebresamuel, G., Zenebe, A., Haile, M. y Bore, E. (2020). Assessing the sustainability of land use management of northern Ethiopian drylands by various indicators for soil health. *Ecological Indicators*, 112, 106092.
- Palacios-Agundez, I., Onaindia, M., Barraqueta, P. y Madariaga, I. (2015). Provisioning ecosystem services supply and demand: The role of landscape management to reinforce supply and promote synergies with other ecosystem services. *Land Use Policy*, 47, 145-155.
- Partelow, S. y Winkler, K. J. (2016). Interlinking ecosystem services and Ostrom's framework through orientation in sustainability research. *Ecology and Society*, 21(3). <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08524-210327>
- Pico-Mendoza, J., Pinoargote-Chang, M., Carrasco, B. y Limongi, R. (2020). Ecosystem services in certified and non-certified coffee agroforestry systems in Costa Rica. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 44(7). <https://doi.org/10.1080/21683565.2020.1713962>
- Potschin, M. y Haines-Young, R. (2013). Landscapes, sustainability and the place-based analysis of ecosystem services. *Landscape Ecology*, 28, 1015-1065. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9756-x>
- Rincón-Ruiz, A., Echeverry, M. y Zuluaga, P. (2014). Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: *Aspectos conceptuales y metodológicos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Romero-Díaz, A., De Vente, J. y Díaz-Pereira, E. (2019). Assessment of the ecosystem services provided by agricultural terraces. *Pirineos*, 174, e043.
- Santos-Martin, F., Viinikka, A., Mononen, L., Brander, L. M., Vihervaara, P., Liekens, I. y Potschin-Young, M. (2018). Creating an operational database for Ecosystems Services Mapping and Assessment Methods. *One Ecosystem*, 3, e26719. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e26719>
- Silori, C. (2015). Ecosystem services and sustainable development: *opportunities and challenges*. The Center for People and Forests, Bangkok, Thailand.
- Silvetti, F. (2011). Una revisión conceptual sobre la relación entre campesinos y servicios ecosistémicos. *Cuadernos De Desarrollo Rural*, 8(66), 19-45. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr8-66.rcsr>
- Tian, Q. (2017). *Rural Sustainability. A Complex Systems Approach to Policy Analysis*. Springer.

- Vanzetto, G. V. y Thomé, A. (2019). Bibliometric study of the toxicology of nanoescale zero valent iron used in soil remediation. *Environmental Pollution*, 252(Part A), 74-83.
- Vihervaara, P., Rönkä, M. y Walls, M. (2010). Trends in ecosystem service research: early steps and current drivers. *Ambio*, 39, 314-324. <https://doi.org/10.1007/s13280-010-0048-x>
- Vihervaara, P. et al. (2018). Biophysical mapping and assessment methods for ecosystem services. Deliverable D3.3 EU Horizon 2020 ESMERALDA Project, Grant agreement No. 642007.
- Vihervaara, P., Viinikka, A., Brander, L., Santos-Martín, F., Poikolainen, L. y Nedkov, S. (2019). Methodological interlinkages for mapping ecosystem services – from data to analysis and decision-support. *One Ecosystem*, 4, e26368. <https://doi.org/10.3897/oneeco.4.e26368>
- Vogt, M. y Weber, C. (2019). Current challenges to the concept of sustainability. *Global Sustainability*, 2(e4), 1-6. <https://doi.org/10.1017/sus.2019.1>
- Wang, C., Zhang, Y., Yang, Y., Yang, Q., Kush, J., Xu, Y. y Xu, L. (2016). Assessment of sustainable livelihoods of different farmers in hilly red soil erosion areas of southern China. *Ecological Indicators*, 64, 123-131.
- Waweru, P., Burkhard, B. y Müller, F. (2016). A review of studies on ecosystem services in África. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5(2), 225-245.
- Wegner, G. y Pascual, U. (2011). Cost-benefit analysis in the context of ecosystem services for human well-being: A multidisciplinary critique. *Global Environmental Change*, 21(2), 492-504.
- Winther, A. M. (2017). Community sustainability: a holistic approach to measuring the sustainability of rural communities in Scotland. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 24(4), 338-351. <https://doi.org/10.1080/13504509.2016.1224987>
- Wolff, S., Schulp, C. J. E. y Verburg, P. H. (2015). Mapping ecosystem services demand: a review of current research and future perspectives. *Ecological Indicators*, 55, 159-171.
- Wu, J. (2013). Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecol*, 28, 999-1023.
- You, H. y Zhang, X. (2017). Sustainable livelihoods and rural sustainability in China: ¿Ecologically secure, economically efficient or socially equitable? *Resources, Conservation and Recycling*, 120, 1-13.
- 

1 Mg. en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental. Facultad Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad de Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: diasandovalm@udistrital.edu.co - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9071-2049> - Google Scholar: [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=new\\_profile&hl=es&authuser=2](https://scholar.google.com/citations?view_op=new_profile&hl=es&authuser=2)

2 PhD en Ciencias Biología. Grupo de Investigación INDESOS - Docente, Programa Maestría en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental, Facultad Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: jebeltran@udistrital.edu.co - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9397-7894> - Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=n5321W8AAAAJ>

---

**Para citar este artículo:** Sandoval, D. A. y Beltrán, J. E. (2023). Sustentabilidad ambiental rural y servicios ecosistémicos: una revisión. Revista Luna Azul (En Línea),56, 27-46. <https://doi.org/10.17151/luaz.2023.56.3>

---

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Código QR del artículo

