

# **Servicios Ecosistémicos de los agroecosistemas: una aproximación a la integralidad de la producción agrícola - review**

Laura Daniela Patiño<sup>1</sup>; Danny Nuñez<sup>2</sup>; Luis Alejandro Arias<sup>3</sup>.

## **Resumen**

A nivel mundial la agricultura es uno de los principales factores que modifican los ecosistemas naturales por el uso de varios insumos para la producción, debido a que en sus prácticas se alteran suelos, cambian las características del agua y se modifica la biodiversidad presente en un territorio, alterando a si mismo los servicios ecosistémicos que influyen en la calidad de vida humana, principalmente por ser la fuente de alimentos, fibras, resinas e insumos fundamentales en el bienestar de la humanidad. Motivo por el cual en la actualidad existen diferentes estudios de caracterización y valorización de los servicios brindados por los ecosistemas, con el fin de obtenerlos y aprovecharlos de una manera sustentable en el área agrícola.

Por lo cual el presente artículo tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica enfocada en artículos de investigación entre los años 2010 a 2020 en la cual se identifiquen y analicen las diferentes los servicios ecosistémicos, enfocados en los servicios de soporte, aprovisionamiento, regulación, y culturales generados por los agroecosistemas; para poder contribuir a un mejor entendimiento de la producción sostenible, el manejo e implementación adecuado de los sistemas agrícolas. En el cual se revisaron 76 artículos de los cuales se seleccionaron 30 artículos de revisión y 38 de investigación donde se puede concluir que al realizar un análisis profundo en los agroecosistemas se pueden garantizar mejores prácticas de manejo, para la obtención de un mayor número de servicios ecosistémicos que puedan perdurar en el tiempo sin tener que causar una alteración en la totalidad del ecosistema

**Palabras claves:** Servicios ecosistémicos, agroecosistemas, servicios regulación, provisión.

## **Abstract**

At the global level, agriculture is one of the main factors that modify natural ecosystems due to the use of various inputs for production, given that its practices alter soils, change the characteristics of the water and modify the biodiversity present in a territory, altering itself the ecosystem services that influence the quality of human life, mainly because it is the source of food, fibers, resins and essential inputs for the well-being of humanity. Reason why there are currently different characterization and valuation studies of the services provided by ecosystems, in order to obtain and take advantage of them in a sustainable way in the agricultural area.

Therefore, this article aims to carry out a bibliographic review focused on research articles, in which the different classifications given to ecosystem services are identified and analyzed, focused on the support, provisioning, regulation, and cultural services generated by

---

<sup>1</sup> Estudiante de Biología Ambiental, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Email: laurad.patinor@utadeo.edu.co

<sup>2</sup> Estudiante del Doctorado en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad, Magister en Gestión ambiental, Ingeniero Agrónomo. Email: danny.nunezn@utadeo.edu.co

<sup>3</sup> Doctor en Agroecología, Msc en Ciencias ambientales, Ingeniero Agrónomo, Director Programas de Ciencias Marinas y Ambientales, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Email: luis.arias@utadeo.edu.co

agroecosystems; in order to contribute to a better understanding of sustainable production, management and proper implementation of agricultural systems. In which 76 articles were reviewed, of which 30 review articles and 38 research articles were selected, where it can be concluded that by carrying out an in-depth analysis in agroecosystems, better management practices can be guaranteed, in order to obtain a greater number of services. ecosystems that can last over time without having to cause an alteration in the entire ecosystem.

**Key words:** Ecosystem services, agroecosystems, regulation services, provision

## **Introducción**

Los ecosistemas naturales y cultivos agrícolas se caracterizan, valoran por la variedad de beneficios que otorgan a una sociedad o comunidad; estos beneficios son conocidos como bienes públicos, económicos y servicios ecosistémicos, los cuales son derivados de la ecología específica del lugar y llegan a determinar las actividades humanas. Por esta razón, la toma de decisiones respecto al uso o explotación del ecosistema y agroecosistema, está directamente relacionado con las comunidades ya que éstas afectan significativamente el bienestar de una región e incluso la existencia de ellos mismos en el futuro. (Rótolo y Francis; 2008).

Estos factores son derivados directa o indirectamente del desarrollo de la actividad ecosistémica o agroecosistémica que, al ser valorado económicamente, es considerado un servicio ecosistémico (SE) (Daily 1997; De Groot et al. 2002; MEA 2005). Los SE son el resultado de una variedad de funciones y servicios tanto de aprovisionamiento como de soporte; en los cuales se involucran diferentes condiciones y procesos para que los ecosistemas mantengan la demanda de recursos y servicios, que el estilo de vida humana en la actualidad requiere. Ejemplos claros son la producción e industrialización de alimentos, fibras naturales, biocombustibles, madera, forraje y una gran variedad de productos farmacéuticos e industriales junto con sus precursores, incluyendo los servicios de soporte necesarios para la producción de beneficios estéticos y culturales.

La Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) clasifica los servicios en tres principales como lo son los servicios de provisión, servicio de regulación o mantenimiento y el servicio cultural (Haines & Potschin, 2011). Por otro lado, autores como Costanza et al., (1997) establecieron diferentes clasificaciones asociadas a las funciones de los ecosistemas que producen y generan beneficios, mientras que Groot et al., (2002) resalta las condiciones biofísicas cambiantes en los ecosistemas y destaca la importancia de las funciones del ecosistema para diseñar un sistema de clasificación, donde se estructuran cuatro categorías que incluyen 23 funciones, divididas en funciones de regulación (procesos ecológicos esenciales), funciones de hábitat (provisión de condiciones espaciales para el mantenimiento de la biodiversidad), funciones de producción (capacidad de generación de biomasa que pueda usarse como alimento, tejido, energía) y funciones de información (contribuciones de los ecosistemas a través del conocimiento, la experiencia y las relaciones culturales con la naturaleza).

Posteriormente se plantea la clasificación derivada de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005), basada en cuatro líneas funcionales que incluyen servicios de soporte, regulación, aprovisionamiento y culturales. La cual define por primera vez los servicios ecosistémicos como todo aquel “beneficio que la población obtiene de los ecosistemas” integrando una visión sostenible, ecológica, la conservación y el bienestar humano (Valdez & Ruiz

2012). Sin embargo Wallace (2007) considera que dichas clasificaciones son inadecuadas por mezclar los procesos (medios) para obtener los servicios ecosistémicos con los propios servicios ecosistémicos, por lo que su sistema de clasificación propone cuatro categorías de valores humanos y su asociación con los servicios ecosistémicos que comprenden los recursos suficientes como (alimento, oxígeno, agua potable, energía, etc), protección de depredadores/enfermedades/parásitos, condiciones ambientales propicias (físicas y química) y cumplimiento sociocultural. Una clasificación más reciente es la de Turner, Georgiou y Fisher (2008) propone un esquema de clasificación que fragmenta a los servicios ecosistémicos en “servicios intermedios” (formación del suelo, ciclo de nutrientes, polinización, producción primaria) y “servicios finales” (suministro de agua limpia, producción de alimento, regulación de agua) de manera tal que los procesos del ecosistema y la estructura se consideran servicios intermedios o finales según la relación que tengan con el bienestar humano, señalando que se debe establecer una conexión para valoraciones de utilidades económicas (Camacho y Ruiz, 2012).

Para valorar los servicios ecosistémicos se suele hacer referencia a los distintos tipos de valor aportados por los mismos, diferenciando entre el “Valor de Uso”, aquel que está relacionado con las contribuciones que se reciben de los ecosistemas; y “Valor de No Uso”, que es aquel vinculado con consideraciones morales o éticas de la conservación de los ecosistemas y los servicios que estos proveen (Castro et al., 2014). Dentro de los valores de uso se pueden diferenciar aquellos de uso directo (el resultado del uso y disfrute directo de los ecosistemas bien sea a través de experiencias in situ o de las producciones extraídas); de uso indirecto (no se manifiestan en los mercados convencionales, aluden a los procesos ecológicos y servicios de regulación de los ecosistemas). Dejando entre los valores de no uso a los de existencia (vinculados con la satisfacción por la conservación de los ecosistemas independientemente de su disfrute o uso), que a su vez abarca al valor delegado (complacencia por la conservación de los ecosistemas para las generaciones siguientes) y el valor filantrópico (satisfacción para que distintas personas dispongan del acceso a los ecosistemas y a sus servicios) (Sánchez & Muños; 2016).

Hernández, García y Díaz (1977), dentro del marco del concepto de ecosistema, proponen que los sistemas agrícolas definidos como agroecosistemas, son un tipo de ecosistemas que generan bienes o servicios, en donde se analizan las interrelaciones entre ecología, economía, factores tecnológicos y sociales involucrados. Ya que la actividad agrícola modifica los ecosistemas naturales, con el fin de producir bienes o servicios que satisfacen las demandas de una comunidad, esto lo podemos evidenciar con el sistema alimentario, pues altera las capacidades de producción natural, e incluso sustituyen bienes propios del ecosistema que harían parte de este, sin la intervención humana (Sarandón y Flores, 2014). Sin embargo, es de gran importancia que desde el diseño de los agroecosistemas sostenibles se propicien las condiciones ecológicas y sociales necesarias para que se lleve a cabo. Estas deben garantizar que los SE puedan conservarse adecuadamente a través del tiempo, entendiéndose como espacios susceptibles a los cambios, desde un punto de vista consumista y económico, en pro del bien común y la satisfacción del ser.

Esto cambia la percepción que tiene la comunidad respecto a la realidad socio-cultural de los agroecosistemas y también de los posibles SE que pueden proveer ya que al tener esta visión holística de los agroecosistemas permite crear estrategias acertadas frente a la toma de decisiones relacionadas con la planificación ambiental y de esa forma garantizar que los

beneficios y servicios derivados puedan mantenerse en el tiempo, ya sea por sí mismos o con intervención humana (Sarukhán et al., 2009). Del mismo modo es importante identificar y tener claro la composición estructural y procesos ecológicos que permiten el buen funcionamiento de los agroecosistemas encargados de proveer los servicios a las poblaciones humanas, siendo necesario un proceso de análisis que permita reconocer, ubicar, medir, modelar y mapear los servicios ecosistémicos, relacionando sus cambios con los posibles efectos sobre el bienestar humano (Fisher et al., 2009). Para realizar esta valoración que potencializa la utilidad del sistema agrícola y previene la toma de decisiones que afectan o deterioran el mismo, es necesario contar con una previa clasificación del flujo de bienes o servicios producto de la actividad agrícola.

En la actualidad la clasificación más pertinente para el análisis de los servicios ecosistémicos corresponde a la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2003), razón por la cual la presente investigación contempla los servicios de soporte, regulación, aprovisionamiento y culturales generados por un agroecosistema. Este marco de referencia propone que el servicio de soporte es necesario para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos, el de aprovisionamiento corresponde a todo producto obtenido del ecosistema, el de regulación se refiere a todos aquellos beneficios obtenidos de la regulación de los procesos del ecosistema y por último los culturales entendidos como los beneficios no materiales que la gente obtiene del ecosistema. (figura 1)



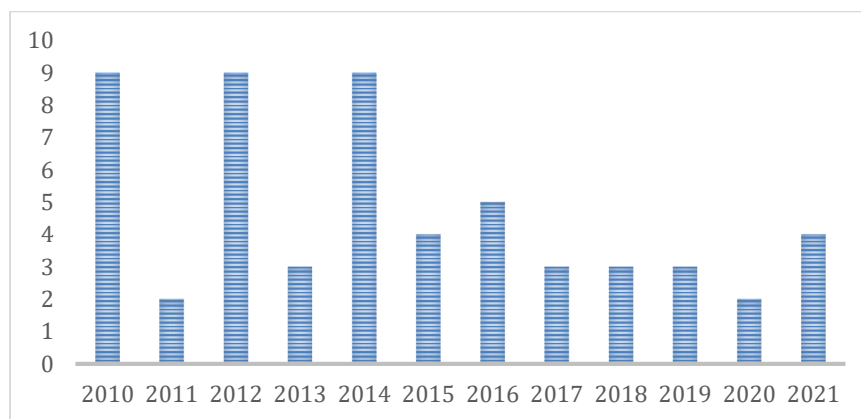
**Figura 1.** Clasificación de los servicios ecosistémicos otorgado por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.

Esta Investigación propone que el conocimiento de los servicios ecosistémicos analizados desde la clasificación de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA) permiten la adaptación de la práctica agrícola a la especificidad de cada ecosistema de manera tal que se pueda reducir el impacto negativo (dependencia de maquinaria, agroquímicos, contaminación del agua y emisiones de efecto invernadero) y alcanzar el mayor aprovechamiento (mantener fertilidad del suelo, diversidad de especies, los ciclos hidrológicos locales y recirculación de nutrientes entre otros) (Bjorklund et al., 2009). Dado a que el creciente reconocimiento de la agricultura puede proporcionar servicios ecosistémicos distintos del rendimiento (Swinton et al. 2007, Power 2010) y generar un potencial para que la sociedad invierta en mejoras para la obtención de estos servicios como lo son un suministro de agua limpia y bien regulada, biodiversidad, hábitats naturales para conservación y recreación, estabilización del clima, comodidades estéticas y culturales como paisajes agrícolas vibrantes.

Por lo anteriormente descrito en este documento tiene como objetivo realizar una revisión documental en bases de datos científicas sobre artículos investigación publicados en los últimos 10 años (2010-2021), que permita la identificación de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, regulación, soporte y culturales generados por los agroecosistemas, para así contribuir al entendimiento de la producción sostenible con conservación de la biodiversidad, y potencialización de SE en sistemas agrícolas.

### **Identificación de los Servicios ecosistémicos en agroecosistemas**

Luego de realizar una búsqueda bibliográfica en bases de datos científicas y agrícolas como los son Scopus, Ebsco, Gale- Agriculture, Gale-power search, Agora y Academic search ; mediante la estrategia de búsqueda correspondientes a “Servicios ecosistémicos, agroecosistemas, servicios agrícolas, servicios de regulación y provisión ”; se evidencio que entre las revisiones realizadas de los últimos 10 años (2010 – 2021) existe un mayor número de publicaciones del tema en general “servicios ecosistémicos” en los años 2010,2012 y 2014, en contraste con los últimos 6 años que se presenta un menor número de publicaciones pero con un mayor enfoque al tema específico “servicios ecosistémicos en agroecosistemas” (Grafica 1) ; por lo que se selección un total de 34 artículos de revisión y 34 artículos de investigación de los cuales 16 son enfocados a servicios ecosistémicos y 52 enfocados en agricultura; para de esta forma poder llegar a la adecuada identificación de los SE prestados por los sistemas agrícolas, donde se reconoce que los agroecosistemas generan beneficios para la sociedad, pero a la vez requieren de beneficios proporcionados por los ecosistemas naturales.



Grafica 1. Artículos revisados entre los años 2010-2021.

La importancia de comprender las interrelaciones entre los servicios ecosistémicos, el agroecosistema y los factores que inciden en la dinámica de los servicios para su valoración, afectan al momento de tomar decisiones que contribuyen a la sostenibilidad de los agroecosistemas, por los que Gómez Sal (2001) define los agroecosistemas como “cualquier tipo de ecosistema que se ha modificado y es gestionado por los seres humanos con el fin de obtener alimentos, fibras, otros materiales de origen biótico”, remarca que hay una interacción ecosistema-hombre la cual caracteriza y diferencia a los agroecosistemas del resto de ecosistemas naturales, siendo de gran importancia a la hora de valorar los servicios que éstos proveen (EME, 2012). Donde posteriormente Gliessman et al. (2007) plantea al agroecosistema como un sistema con la capacidad de resiliencia ante los cambios biofísicos, socioeconómicos y políticos, donde coexisten relaciones entre los procesos ecológicos, económicos y sociales que se

involucran los diferentes subsistemas bien sea agrícola, pecuario, forestal e hídrico que lo componen, como en las funciones y servicios ecosistémicos que provee"; basado en esto la acción de asignar un valor a los servicios ecosistémicos (SE) tiene una relación esencial en la toma de decisiones sobre el diseño y el manejo de los agroecosistemas. Debido a que en la actualidad la mayor parte de los agroecosistemas están dedicados al suministro de una única categoría de servicios (aprovisionamiento); se sugiere en el presente y basado en estudios realizados, que entre mayor similitud estructural y funcional presente un agroecosistema con los ecosistemas de la región biogeográfica donde se desarrolla, mayor es la probabilidad de que el agroecosistema sea sostenible, al igual que lo indicó Robertson y Swinton (2005) que donde exista una gestión activa y bien estructurada para la provisión de múltiples servicios de los ecosistemas se podría reducir sustancialmente la huella medioambiental de la agricultura y generar un mayor número de servicios obtenidos (Sánchez y Muñoz; 2016).

Por tanto, un agroecosistema debería imitar la estructura y funciones de los ecosistemas locales en los que se desarrolla, que se constituya como un sistema con alta variedad de especies que promueva el control natural de plagas, el reaprovechamiento de nutrientes, un suelo biológicamente activo y una cobertura vegetal que disminuya pérdidas edáficas (Altieri, 2002). Adicionalmente, se pueden analizar y mejorar procesos ecológicos, las interrelaciones entre poblaciones y comunidades del agroecosistema para mejorar la producción de manera sostenible, con menores efectos negativos ambientales, sociales y un menor uso de insumos externos. Es debido a esto que se introduce al diseño de agroecosistemas sostenibles, donde se permite aplicar conceptos y lineamientos ecológicos en la complejidad de los agroecosistemas, más allá de aplicar prácticas alternas, al desarrollar agroecosistemas con una dependencia mínima de agroquímicos y subsidios de energía, enfatizando en sistemas agrícolas complejos en los cuales las interacciones ecológicas y los sinergismos entre sus componentes biológicos, proveen los mecanismos para que los sistemas subsidien la fertilidad de su propio suelo, la productividad y la protección de los cultivos (Melgarejo Carreño, 2019).

Es por esto por lo que Polasky (2007) proponen tres tipos de relaciones existentes en los agroecosistemas para la formación de sus SE, el más evidente es la producción de alimentos, la segunda relación es que los agroecosistemas se benefician de los SE de los ecosistemas naturales y la tercera relación estaría dada por los efectos que tienen las prácticas agrícolas realizadas en los agroecosistemas sobre los ecosistemas naturales. A la vez Gliessman (2002) identificó los principales procesos en un agroecosistema y sus diferencias con el ecosistema natural, como lo son, primero el flujo de energía ya que en un agroecosistema el flujo de energía es alterado significativamente por la interferencia humana. Las entradas tienen origen en las fuentes elaboradas por el ser humano convirtiendo a los agroecosistemas en sistemas abiertos, debido a la energía que sale en cada cosecha surge del sistema, en lugar de almacenarse en forma de biomasa y quedarse en el sistema.

Segundo, el ciclo de nutrientes ya que en un agroecosistema se obtiene un reciclaje mínimo, debido a que una cantidad de nutrientes abandona el sistema con la cosecha y se generan fenómenos como la lixiviación por el proceso de transformación de residuos orgánicos de origen vegetal y la erosión por la falta de cobertura permanente en el suelo, donde posteriormente los nutrientes perdidos son reemplazados con fertilizantes. por último, el mecanismo de regulación de poblaciones ya que en un agroecosistema las poblaciones son reguladas por el ser humano en forma de semillas o por medio de agentes de control de poblaciones generando que la diversidad

biológica se reduzca y el potencial de incremento de poblaciones de plagas está siempre presente a pesar de los controles humanos (Caro & Torres; 2015).

Al tener esta identificación Altieri et al. (2012) resaltan y concluye que la biodiversidad y los servicios ecosistémicos derivados de las interacciones ecológicas benéficas entre los cultivos, animales y suelos, se constituyen en uno de los atributos básicos de un agroecosistema sostenible ya que la regulación de las funciones en un agroecosistema depende del nivel de biodiversidad entre plantas, animales y su ambiente. Esta biodiversidad en los agroecosistemas provee SE, como lo son el control biológico al utilizar sistemas diversos como policultivos, sistemas agroforestales y cultivos de cobertura, del mismo modo se mejoran las poblaciones de insectos benéficos que controlan las poblaciones de insectos no deseables a través de la depredación, el parasitismo y la competencia (Altieri & Nicholls, 2004). Otros SE identificados por Altieri et al. (2012), Martín y Osorio (2012), Gutiérrez et al., (2016) son la polinización, el balance hídrico y la regulación del microclima, que a su vez contribuyen a la reducción de plagas dentro del agroecosistema.

Paralelamente, Beer et al. (2003), Moonen y Barberi (2008), Sayago (2016) describen que dentro de los SE que provee un agroecosistema sostenible se encuentran, el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la conservación del agua, el almacenamiento de carbono, la provisión de productos primarios como madera y productos secundarios como leña, resinas y frutos. Así mismo, Machado et al., (2015) resaltan además que, en agroecosistemas con componente forestal, se generan SE como el aporte de materia orgánica, la fijación de nitrógeno al suelo, la regulación del microclima, la generación de refugio y hábitat para aves y plantas, la polinización, el control de la erosión y la captura de carbono. Por otro lado, Hoffmann y Oetting (2010) afirman que, al reducir la dependencia de insumos energéticos externos, principalmente derivados de combustibles fósiles, los agroecosistemas sostenibles promueven SE que mitigan el cambio climático, al minimizar las emisiones de dióxido de carbono y al incorporar en mayores cantidades materia orgánica y biomasa al suelo que cumplen la función de sumideros de carbono. Por lo tanto, al evaluar los servicios ecosistémicos prestados por los agroecosistemas desde la dimensión del valor ecológico se estiman en mayor medida las funciones de regulación y hábitat; desde la dimensión del valor sociocultural se valoran con mayor énfasis las funciones de producción e información. En la dimensión económica se resaltan las funciones de producción y regulación; en la dimensión del valor tecnológico se valoran directamente las funciones de información y finalmente, en la dimensión política se valoran las funciones de regulación, hábitat, producción e información. (Quetier et al., 2007)

Como se aplicó en el estudio realizado por Sánchez & Muños; 2016, en agroecosistemas españoles y siguiendo la clasificación de De Groot et al. (2002), agrupando los ecoservicios en las categorías de regulación (calidad del suelo, captación de CO<sub>2</sub> del aire, contribución a la biodiversidad, etc.), abastecimiento (producción de alimento, bienes forestales, plantas medicinales, etc.), culturales (ecoturismo, estética paisajística, fijación de la población rural) y soporte (funciones que sirven de soporte para la que la provisión del resto de categorías sea posible); donde se encontró que las distintas categorías de servicios ecosistémicos valoradas en España han sido aprovisionamiento con un 30%, regulación con un 22,6%, cultural con el 18,1% y soporte con el 10,3%, esto basado en que más del 80% de los trabajos de valoración se han centrado en el valor de uso y que menos del 13% de los mismos tienen en consideración el efecto de las sinergias y trade-offs (es decir, donde la obtención de un servicio reduce la oferta de otro servicio) entre los distintos servicios, esto debido a que los métodos de valoración empleados para realizar la

valoración de los ecoservicios son diversos, destacando el análisis costo-beneficio, la valoración contingente, el método del coste de viaje, las técnicas de valoración geoespacial, y los métodos relacionados con el equilibrio termodinámico del ecosistema.

Por otro lado, y como lo identificó la Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) otra forma de clasificación operativa de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas es mediante la diferenciación de los input services o servicios de insumo, los cuales son servicios para la agricultura y otros son los output services o servicios de salida que corresponden a servicios de la agricultura, en donde estas dos categorías están del mismo modo subdivididas entre servicios de regulación y soporte denominados servicios “no comercializados” y en servicios de provisión a partir de ingresos agrícolas directos. Basados en esto el estudio realizado por Chabert, & Sarthou (2020) se enfatiza en cuatro servicios de regulación correspondientes a polinización, parasitismo específico, depredación específica y generalista de plagas en cultivos; tres servicios de apoyo como lo son estabilidad estructural de agregados del suelo, infiltración de agua del suelo y desarrollo de raíces; servicios de aprovisionamiento correspondientes a rendimientos, es decir; producción primaria, estabilidad de rendimientos frente a enfermedades y plagas; y tres servicios no comercializados como la conservación de la biodiversidad, conservación del hábitat y reciclaje de gases de efecto invernadero. Donde en general, este estudio mostró un buen desempeño de la agricultura convencional para la expresión de servicios de aprovisionamiento y apoyo, pero en general tuvo niveles más bajos de servicios reguladores y no comercializados en comparación con la agricultura orgánica, que obtuvo el desempeño más bajo para los servicios de aprovisionamiento y apoyo.

Basados en estos estudios y en la información otorgada por las diferentes clasificaciones dadas de los diferentes servicios ecosistémicos, se resalta que los servicios que se obtienen en mayor medida de los agroecosistemas corresponden a los servicios de aprovisionamiento, de regulación y soporte; el servicio que menos se obtiene corresponde al cultural. Cabe resaltar que la eficacia de obtener estos servicios en conjunto está estrechamente relacionada con las condiciones de uso y manejo que se da a los agroecosistemas, ya que como resalta la presente investigación, donde existe una gestión activa y bien estructurada se crea un sistema sostenible para la provisión de múltiples servicios y que del mismo modo se pueda reducir la huella medioambiental de la agricultura y la permanencia de estos servicios a través de generaciones futuras. Por otro lado, se debe reconocer que la gestión sostenible de los agroecosistemas es fundamental para la obtención de varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas, como lo son (i) no pobreza, (ii) hambre cero, (iii) buena salud y bienestar, (v) vida en tierra, y también indirectamente relacionada con otros ODS como (i) agua potable y saneamiento, (ii) consumo y producción responsables, y (iii) acción climática (Dubey et al., 2021).

Los servicios ecosistémicos de regulación comprenden aquellos con un valor funcional indispensable en las dinámicas ecológicas. Se consideran servicios de regulación a todo proceso de un agroecosistema que favorece la biodiversidad por medio de la regulación del mismo. Daily (1997) define a estos servicios como: “las condiciones y procesos mediante los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los conforman sostienen y satisfacen la vida humana”, estos son los servicios que regulan los contextos en los que vivimos y en las que llevamos a cabo actividades productivas y económicas (Maass et al. 2005)

Los anteriores servicios corresponden a beneficios para la sociedad, obtenidos directamente de los ecosistemas sin pasar por procesos de transformación ni por los mercados; ya que estos servicios están relacionados con la capacidad de los agroecosistemas para regular procesos ecológicos esenciales, sosteniendo sistemas vitales a través de ciclos biogeoquímicos y otros procesos biológicos. Estas funciones proporcionan muchos servicios que tienen beneficios directos e indirectos para las poblaciones humanas, como lo son el mantenimiento de aire limpio, depuración del agua, el equilibrio CO<sub>2</sub> /O<sub>2</sub>, la capa de ozono, prevención de inundaciones y mantenimiento de tierra cultivable (MEA, 2005; Gómez y R, 2014). Donde según la clasificación realizada por De Groot et al. (2002) entre los servicios de regulación se encuentra la regulación de gases, regulación del clima, regulación y abastecimiento de agua, retención y formación del suelo, regulación de nutrientes y asimilación de residuos. Dado a que los suelos agrícolas proporcionan la purificación del agua, evitando el filtrado de nutrientes a los ecosistemas acuáticos, esto es evidenciado en cultivos de cobertura donde se extrae un alto porcentaje de nitrato del perfil del suelo y se recicla a través de la transformación de plantas y microorganismos, al igual que se obtiene un alto nivel de transpiración de agua en el suelo generando la reducción del transporte de nitratos contaminantes a grandes cuerpos de agua (McSwiney et al. 2010).

Por otro lado los servicios relacionados con el control biológico y la regulación de enfermedades son un valioso aporte de los ecosistemas, ya que dentro de los cultivos se presentan interacciones bióticas complejas, las cuales permiten que las diversas poblaciones, tanto de microorganismos como de macroorganismos, se mantengan a niveles estables y desarrollan actividades de parasitismo, mutualismo, comensalismo y depredación; ello dinamiza el flujo de energía y de nutrientes, la dispersión de semillas y la polinización (Díaz, 2006); evidenciando que existe una red compleja de interacciones ecológicas entre diversas especies, que actúan como un control parcial o servicio del agroecosistema que se puede describir como un manejo de plagas "autónomo" o "endógeno" que amortigua los sistemas de producción contra brotes extremos de plagas y enfermedades, generando la regulación dinámica entre especies (Vandermeer et al., 2010). Por otro lado, está la respiración microbiana que, dado a la preservación de los residuos de cultivos en el suelo, se genera una tasa de humedad más alta y una alteración en la disponibilidad de nutrientes del suelo, causando cambios en la biomasa microbiana la cual proporciona un servicio importante al descomponer los materiales orgánicos, actuando como un indicador temprano de los cambios resultantes del manejo del suelo (Moushani et al., 2021).

Igualmente, están los polinizadores, como las mariposas y las abejas nativas que pueden migrar entre fragmentos de bosque y plantaciones agrícolas siendo indispensable durante la floración y siendo los encargados de mantener los procesos de reproducción y flujo genético de las plantas (Jha et al., 2014). Ya que el servicio de polinización es considerada por la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), como un servicio ecosistémico vital para la producción de alimentos y los medios de vida de los seres humanos, relacionando los ecosistemas silvestres con los de producción agrícola (FAO, 2014), ya que esta consiste en la transferencia de polen (células sexuales) desde los estambres (parte masculina de la flor) hasta el estigma (parte femenina de la flor), proceso gracias al cual ocurre la fecundación que resulta en frutos y semillas.

Los servicios ecosistémicos de regulación del clima y la calidad del aire son importantes contribuciones para la sociedad; los ecosistemas, en general, mantienen flujos de materia y energía entre sí y con otros ecosistemas; estos flujos afectan la temperatura y las precipitaciones,

y en la medida en que existe mayor evapotranspiración aumenta la precipitación a escala local; igualmente, los agroecosistemas son sumideros de CO<sub>2</sub>, un gas de efecto invernadero que en altas concentraciones afecta la temperatura (IPCC, 2002). Por otro lado, está el servicio que regula el clima global, mediante el secuestro, almacenamiento de carbono y gases de efecto invernadero (GEI), estos debido a que a medida que las plantas crecen y se desarrollan, remueven el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera transformándolo en moléculas de azúcar y fibra reconstituyente de su biomasa. Estos servicios son obtenidos dentro de la capacidad de los sistemas de cultivo modernos, ya que varias prácticas de manejo tienen efectos diferentes, a veces en oposición (el ahorro de energía de labranza y el costo del carbono de herbicidas adicionales) y en otras ocasiones sinérgicos (considerando que los cultivos de cobertura de leguminosas en los sistemas de base biológica no solo aumentan el almacenamiento de carbono del suelo pero también reducen los costos de CO<sub>2</sub> del nitrógeno fertilizante fabricado) por lo que existen muchas oportunidades basadas en la práctica para disminuir las fuentes de CO<sub>2</sub>, mejorar los sumideros de CO<sub>2</sub> y así ayudar a estabilizar el clima (Robertson & Hamilton 2014).

Por lo que de igual manera, un agroecosistema puede contribuir a la regulación de la temperatura, como parte de la regulación climática local y global, mediante el secuestro de carbono del suelo dado por la fotosíntesis del cultivo, al igual que mediante la regulación de eventos extremos, mejorando la resiliencia de los agroecosistemas, principalmente a través de la capacidad de los cultivos, la vegetación para retener y almacenar agua, mitigando las consecuencias del cambio climático, como lluvias intensas, inundaciones y sequías; donde la resiliencia, en este sentido, debe entenderse no solo como la moderación de eventos extremos, sino también como una contribución positiva al bienestar humano derivado de ella (Zabala et al ., 2021).

Si bien existe una variedad de servicios de regulación que los ecosistemas proveen a nuestras sociedades, hay servicios que son particulares del ámbito agropecuario, ya que son beneficios provistos por los agroecosistemas vinculados a procesos de producción primaria. En estos casos las prácticas de manejo que realiza el agricultor dentro de su predio condicionarán la obtención o no de los mismos a escala local. Como fue planteado por Moonen y Bàrberi (2008) se consideran siete servicios de regulación, congregados en cuatro grupos importantes en el ámbito agropecuario, ya que proveen beneficios en los procesos de producción primaria y por lo tanto a la humanidad, donde algunos de estos pueden ser analizados también a escala de paisaje y son identificados como el grupo de servicios relacionados con el flujo de genes que es brindado por los polinizadores para la reproducción de las poblaciones vegetales, como se dijo anteriormente correspondiente al servicio de polinización. Por otro lado, está el grupo de servicios de red alimentaria de las dinámicas tróficas de los organismos del agroecosistema implicadas en el control de plagas, enfermedades, malezas, mantenimiento de especies auxiliares y benéficas. Seguido del grupo de servicios de mejoramiento del suelo, que son los beneficios obtenidos por la acción de las especies vegetales y/o biota edáfica en procesos de formación de suelo, cobertura, control de la erosión, adquisición de nutrientes, descomposición de materia orgánica y ciclos de procesamiento interno, los cuales comprende tres servicios identificados como lo es el servicio de control de la erosión del suelo; servicio de descomposición de la materia; servicio de aporte de materia orgánica y retención de nutrientes.

Además, un buen diseño y manejo apropiado de las barreras vegetales puede reducir la evaporación (Gliessman 2002). Estos servicios de regulación redundan directamente en beneficios para el agricultor, resolviendo problemáticas productivas e incluso mejorando la

calidad de los productos agrícolas. Así que, según el manejo que el productor le da al agroecosistema, estos servicios se pierden y los costos en términos de sustentabilidad pueden ser significativos (Pérez & Marasas; 2013). La comprensión de las relaciones efectivas entre las prácticas de manejo de los agricultores dentro de sus fincas, las formas de intervención humana, la agrobiodiversidad resultante en dichos sistemas y los servicios de regulación capaces de mejorar las condiciones productivas y ambientales, tendrá vital importancia en el desarrollo de sistemas agroecológicos ya que la agricultura basada en estos principios es el estilo de producción resultante de la aplicación de los principios y conceptos de la Agroecología en su búsqueda de desarrollar sistemas agrícolas más sustentables (Caporal et al. 2009).

Los servicios de soporte o apoyo son aquellos encargados de la conservación de los procesos del ecosistema y son los que permiten la provisión del resto de los servicios, los cuales podrían no presentar implicaciones directas sobre el bienestar humano, como lo definió la MEA (2005). Pero a partir del análisis realizado por la Tropical Forest Service Flows (2009), se evidencia que en la clasificación de algunos servicios mencionados como los de soporte, a la vez se encuentra dentro de los servicios de regulación, como lo son la regulación de la calidad del aire, la regulación del clima, la regulación y purificación del agua, la polinización local, la regulación de la erosión, regulación de plagas, dispersión de semillas, la generación de suelo y fertilidad del mismo. Así, Power (2010) nombra como servicios de regulación al ciclo de nutrientes, la protección del suelo y control de inundaciones, presentándose una superposición entre algunos ejemplos de los servicios entendidos como de soporte y los de regulación, donde, en síntesis, la literatura presenta 4 denominaciones diferentes, al parecer del mismo concepto de estos servicios, como servicios ambientales de soporte, apoyo, funcionales y esenciales, todos fundamentados en que este tipo de servicios tienen efectos sobre los demás. Por otra parte, Pons (2010) propone otra denominación mayormente usada en España como "Servicios Funcionales", los cuales son definidos como todo aquel servicio necesario para la prestación de otros servicios y el sostenimiento del ecosistema, como lo es la formación de suelos, la fotosíntesis y el ciclo de nutrientes.

Independientemente de la denominación que se les dé a los servicios ambientales de soporte, es fundamental recalcar la importancia y dependencia existente entre los niveles de la biodiversidad, los procesos y funciones ecológicas, los cuales son los encargados de la regulación y el suministro sostenible de aprovisionamiento de recursos comunes. Ya que estos requieren de los servicios de soporte; y adicionalmente Fisher (2009) afirma que los servicios de soporte no son sólo fundamentales para la función de un agroecosistema, sino que también son un recurso esencial para el desarrollo sostenible y la gestión de los ecosistemas agrícolas.

Esto evidenciado en que la biodiversidad a escala del paisaje afecta la capacidad de la agricultura para brindar servicios ecosistémicos, ya que estudios recientes han documentado patrones de disminución de la biodiversidad de aves, hormigas y árboles, específicamente en respuesta a la disminución de la cobertura vegetal y al aumento de la intensidad del manejo agrícola (Philpott et al. 2008). Donde a la vez se evidencia que la agrobiodiversidad es fundamental para aumentar el nivel medio de productividad, mientras que al mismo tiempo disminuye la variación de los rendimientos de los cultivos, dado por una relación de competencia que se crea entre el escenario de productividad y de agrobiodiversidad entre las especies no cultivadas y especies del cultivo (por tierra, luz, nutrientes y humedad, etc); las cuales a su vez brindan un apoyo a las funciones agroecosistema como lo son el reciclaje de nutrientes, control biológico de plagas, y polinización,

entre otras, al promover la productividad de los mismos. Ya que se sabe el papel positivo de la conservación de la agrobiodiversidad como un medio para mejorar la capacidad de un agroecosistema, se puede resaltar la importancia de este dado a que puede actuar como un servicio de apoyo para la intensificación sostenible de procesos de producción agrícola a lo largo de una vía óptima que maximiza el bienestar y genera reducción de insumos (Omer et al., 2010).

Entre estos servicios de soporte obtenidos de los agroecosistemas se encuentran la proporción de hábitat para especies de plantas y animales, mediante la formación de ecosistemas acuáticos artificiales creados mediante el riego del agroecosistema, que a pesar de no ser semejantes a los grandes cuerpos de agua de hábitat naturales como ríos y lagos, son un sistema adaptado que sirve como hábitat complementario (Herzon, Helenius, 2008; Rolke et al., 2018) como lo son los canales de riego, donde se alberga comunidades de invertebrados, anfibios, aves y hasta peces (Verdonschot et al., 2011). Un ejemplo claro de esto se da en los cultivos de arroz, lugar donde se albergan varias especies de aves acuáticas, por ser sistemas acuáticos temporales altamente húmedos, inundados durante el verano y mantenidos secos durante el invierno, generando así un ciclo inverso con respecto a los humedales naturales y jugando un papel importante en el reemplazo de humedales particularmente en periodo de sequías (Zucaro & Ruberto, 2019)

Por otro lado, y visto como un servicio en relación al agua usada en agroecosistemas, se encuentra la purificación del agua de riego tanto en zanjas como en humedales, por medio de la vegetación acuática que se establece en estos lugares, ya que son absorbentes y reductores de las cargas de nutrientes y de contaminación puntual en la fuente; esto evidenciado en el estudio realizado por Castaldelli et al. 2015, donde se demuestran que los canales de riego con vegetación mitigan el exceso de nitrógeno a través del proceso de desnitrificación, por la absorción y asimilación de plantas y microorganismo que eliminan permanentemente el nitrógeno (Castaldelli et al., 2015). Los micrófitos presentes aumentan la contribución de carbono orgánico y nitrato a las bacterias desnitrificantes, generando un escenario idóneo para dicho proceso y causando que esta vegetación actué como un sistema amortiguador entre las actividades humanas en los agroecosistemas y los ecosistemas acuáticos formados, eliminando los contaminantes del agua de escorrentía superficial (Soana et al., 2012).

Otro servicio de soporte obtenido en los sistemas agrícolas y considerado como servicio intermedio o indirecto, corresponde a la polinización y el control biológico de plagas, que son servicios que benefician a la agricultura, ya que mejoran los rendimientos agrícolas del servicio ecosistémico final y a la vez representan un ahorro de insumos costosos (Cong et al., 2016). Generando un beneficio a los agricultores al aumentar la productividad, y mantener o crear un hábitat seminatural para los organismos encargados de proporcionar dicho servicio, ya que la diversidad y densidad de las poblaciones de polinizadores silvestres que rodean los cultivos agrícolas son de gran importancia para los niveles de rendimiento de cultivos de semillas y frutas (Melathopoulos et al., 2015). Se debe enfatizar en que este servicio es eficiente siempre y cuando el agricultor potencialice la conservación de hábitat para que los organismos móviles encargados de esta regulación se mantengan en el proceso y no se genere una alteración en el flujo del SE (Sutherland et al., 2012).

Los servicios de provisión son bienes que resultan tangibles (también llamados recursos naturales), obtenidos directamente de los ecosistemas que poseen valor de mercado como los alimentos, fibras, agua, la madera, medicinas naturales y otras materias primas; los cuales son

muy valorados debido a que proporcionan el sustento básico de las comunidades, y en muchas regiones y hogares rurales los habitantes son directamente dependientes de estos servicios para su subsistencia (MEA, 2005; Gómez y R. de Groot, 2007). Al enfocarnos en los ecosistemas agrícolas, los servicios de provisión asociados a estos son principalmente de alimento, de tal forma que la mayoría de los ecosistemas agrícolas proporcionan las condiciones necesarias para el cultivo, la recolección, la cosecha de alimentos y recursos medicinales obtenidos de los mismos cultivos o por medio de la diversidad de organismos eficaces al ser usados para tratar varios tipos de problemas de salud (FAO, 2016).

Estos servicios ecosistémicos hacen referencia a la función principal de la agricultura por ser la encargada de la producción de alimentos a partir del aprovechamiento de la diversidad y de la naturaleza, junto con el suministro de insumos externos para aumentar la misma (Anderson et al. 2009). Lo cual está relacionado con la superficie que es explotada, la región y a la tecnología de producción que se usa, ya que esto altera los aportes en cantidad y calidad de los alimentos, así como su aporte a la sostenibilidad ambiental. Otro de estos servicios brindados corresponden a los productos madereros obtenidos a partir de bosques nativos como cultivados, dado que estos proveen importantes servicios ecosistémicos, mayormente para las comunidades rurales ya que de estos se obtiene material de construcción, materia prima para comercializar, fuente de energía para satisfacer la demanda energética de los sectores y contribuyen a la formación de materia orgánica de los suelos disminuyendo procesos de erosión (Fonseca, et, al; 2014).

La provisión de agua es de los servicios ecosistémicos más importantes, por ser requerido para el consumo humano y por ser vital para el desarrollo de actividades productivas. Por esta razón es considerado un servicio de provisión, mientras que su calidad y oportunidad se consideran servicios de regulación que están asociados al ciclo hidrológico, así como a las condiciones climáticas y ambientales (Balvanera et al. 2009). Reconociendo el agua como un activo de capital natural, se considera componente clave para la generación de servicios ecosistémicos, ya que no solo hace parte de la producción de alimentos, de energías y de productos industriales, sino que también proporciona otros servicios adicionales de soporte (Dang et al ,2019).

Dada la relación que existe entre la agricultura de regadío y los servicios ecosistémicos del agua, se obtienen beneficios circundantes a nivel de Unidad biológica Funcional (UEF) en los sistemas agrícolas (Santolini & Morri, 2017). Es de resaltar que la calidad y oportunidad del servicio ecosistémico están condicionados por el accionar de las actividades humanas (Quetier et al. 2007) y la capacidad de los ecosistemas para depurar la carga de contaminantes producidos por dichas acciones humanas (MEA, 2005). Del mismo modo los sistemas agrícolas y agroforestales son ecosistemas altamente usados para realizar estudios farmacológicos y fotoquímicos de nuevos compuestos bioactivos para la obtención de productos medicinales como un beneficio para tratar enfermedades (Thorn et al, 2020). Por este tipo de servicios obtenidos, el aprovisionamiento de servicios ecosistémicos es muy valorado en la actualidad ya que desempeñan un papel fundamental en el bienestar humano, en la supervivencia y hace parte también de la contribución al sistema económico, como el manejo de mercados de muchas comunidades particularmente rurales.

Los servicios ecosistémicos de cultura son aquellos beneficios no materiales que las sociedades e individuos obtienen de los ecosistemas ya que estos brindan beneficios comunes basados en las percepciones colectivas de la sociedad acerca de los mismos y de sus componentes, los cuales

pueden ser tangibles o intangibles; beneficios espirituales, recreativos o educativos (MEA, 2005; Gómez y R. de Groot, 2007). Al referirse a estos servicios se estructura la relación sociocultural de los habitantes de un territorio específico, dando paso a la organización social, las creencias, valores y en general a la tradición campesina según su forma de relacionarse con el medio. Puesto que a partir de estos servicios las comunidades rurales han establecido su forma de administrar y relacionarse con sus tierras al igual que el manejo del territorio, su preferencia cultural (tradiciones y costumbres) y su cosmovisión. Esto basado en la conformación de los elementos naturales del agroecosistema (recursos bióticos y abióticos), así como de las interacciones que ocurren entre sus procesos ecológicos, los cuales son determinantes en la formación y establecimiento de cualquier sociedad humana (Fonseca et al; 2014).

Al valorar los estos SE de culturales se debe hacer un enfoque de las interdependencias sociales, el pensamiento de acción colectiva, las relaciones de poder, quién administra la tierra y quién se beneficia de los recursos naturales, siendo este enfoque de gran importancia para estudiar las relaciones e interdependencias entre las personas y los ecosistemas. Además, que también ayuda a fomentar las relaciones entre diferentes grupos sociales y compensaciones en la distribución de beneficios ambientales ( Hanaček et al., 2021).

Específicamente en los agroecosistemas se señala el servicio de agroturismo (FAO, 2016) conocido como un beneficio recreacional y la literatura disponible sobre servicios ecosistémicos hace referencia a la cultura incluyendo aspectos como el turismo y la recreación (Nieto, 2017). De esta manera, las interdependencias de los sistemas socio-ecológico de cada sistema agrícola varía de un lugar a otro, la valoración e identificación de SE hace relación a las interacciones entre el hombre, el ecosistema, las prácticas sociales y el uso de recursos naturales en que se desarrolla (Henriksson et al., 2018). Por otro lado, entre estos servicios se obtiene el ocio ya que tiene un valor significativo en el bienestar humano, el patrimonio cultural y el desarrollo cognitivo (Zabala et al., 2021). Se pueden valorar SE correspondientes la conexión con la naturaleza que se da por las prácticas tradicionales, las formas en que las comunidades gestionan y se relacionan con las tierras agrícolas, al igual que el sentido de pertenencia (identidad de lugar rural), la cohesión social, el apego al lugar y el conocimiento tradicional agrícola a pequeña escala que siguen siendo de gran importancia para los agricultores rurales y residentes ante la gestión ambiental. Donde la espiritualidad y la identidad del lugar contribuyen al bienestar, más allá de la simple productividad económica. (Hanaček et al., 2021). Como también el valor de la característica física que obtiene un paisaje agrícola, por la formación, el manejo y desvíos de ríos con fines agrícolas que van modelando el territorio y generan la formación de paisajes típicos de la agricultura; valorados como patrimonio cultural de los pueblos.

Otro beneficio sociocultural valorado, está representado en la calidad de producción de alimentos en cada sistema agrícola, dado a que en la actualidad se exige un alto nivel de calidad y sanidad en los productos de origen agroalimentario, caracterizando los productos de “Denominación de origen protegida” (DOP) y de “Especialidad tradicional garantizada (ETG), reflejándose en un mayor costo en el producto y un beneficio directo para el agricultor (Zucaro & Ruberto,2019). Otra valoración de este SE obtenido de sistemas agrícolas, se evidencia en un estudio realizado por (Henriksson et al., 2018) al sur África, donde se reconoce el servicio cultural obtenido del espacio usado para realizar encuentros y reuniones sociales, el beneficio de la recolección de medicinas tradicionales y el valor del patrimonio histórico-cultural, referido al uso de los mismos SE obtenidos por antepasados dentro del mismo sistema; estos evidenciado en agroecosistemas

de pequeños agricultores, ya que por otro lado en sistemas agrícolas comerciales solo se valora el beneficio recreacional.

## **Conclusiones**

Al identificar los diferentes servicios ecosistémicos que un agroecosistema puede proveer a una comunidad y entendiendo las diferentes características que hay entre un ecosistema natural y un agroecosistema, se deduce que estas diferencias se dan principalmente por el cambio en el uso de la tierra, la alteración de la interacción entre la sociedad y el medio natural, y en detalle las funciones y servicios que estos aportan; lo que se denomina “dis-servicios para y desde la agricultura”. Estas alteraciones están asociadas a la productividad, interacciones, heterogeneidad de especies, estabilidad, actividad fotosintética y diversidad; ya que dichas alteraciones afectan los ciclos naturales y esenciales de regulación del medio, con el fin brindar un mayor número de servicios específicos y disminuir el impacto de los dis-servicios desde la agricultura, evidenciado en una mayor productividad de los mismos.

Debido a que la provisión de servicios ecosistémicos a través del paisaje alterado requiere la implementación de acciones enfocadas a mantener o restaurar los sistemas antropogénicos para asegurar el flujo de SE generados a partir de las interacciones entre agua, vegetación y suelo de los sistemas agrícolas. Se plantea la necesidad de implementar agroecosistemas sostenibles, que presenten similitudes con los ecosistemas naturales en los que se encuentran y en los que se aumente la biodiversidad, la rotación de cultivos, la implementación de policultivos, sistemas agroforestales, cultivos de cobertura e integración de animales, mediante diversas prácticas en la agricultura que generen un alto potencial de conservación y mejora en los servicios obtenidos como consecuencia directa de que los servicios de los ecosistemas se presentan en una serie de escalas espacio-temporales, que van desde el nivel local a corto plazo, hasta el nivel global a largo plazo, donde las escalas geográficas tienen fuertes impactos en el valor que los beneficiarios le otorgan a los servicios. Por ello la escala a la cual un servicio se suministra, determina quiénes se beneficiarán del mismo.

Por las consideraciones previamente expuestas, se debe hacer un análisis profundo en los agroecosistemas y de esa manera, garantizar una buena práctica de manejo y obtención de un mayor número de servicios ecosistémicos generados, que puedan perdurar en el tiempo sin tener que causar una alteración en la totalidad del ecosistema y siempre haciendo énfasis en fomentar que los agricultores puedan adoptar nuevas y mejores prácticas de manejo en los agroecosistemas, de tal forma, que brinden servicios adicionales para que estos sean sostenibles y se genere una mejor valoración y recompensa de los servicios obtenidos para satisfacer y suplir las necesidades que las comunidades obtienen de estos.

## **Bibliografía:**

- Altieri, M. A. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. SARANDÓN, SJ Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable. Buenos Aires-La Plata, 49-56.
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2004). Biodiversity and pest management in agroecosystems. CRC Press.

- Altieri, M. A., Koohafkan, P., & Giménez, E. H. (2012). Agricultura verde: fundamentos agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos. *Agroecología*, 7(1), 7-18.
- Anderson, B., Armsworth, P., Eigenbrod, F., Thomas, C., Gillings, S., Heinemeyer, A. and Roy, D. (2009). Spatial covariance between biodiversity and other ecosystem service priorities. *Journal of Applied Ecology* 46(4):888-896.
- Balvanera, P. y Cotler, H. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, p185-245.
- Baker, J., Sheate, W.R., Phillips, P. y Eales, R. (2013). Ecosystem services in environmental assessment — Help or hindrance? *Environmental Impact Assessment Review*, (40), 3-13.
- Beer, J., Harvey, C. A., Ibrahim, M., Harmand, J. M., Somarriba Chávez, E., & Jiménez Otárola, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en la américas*, 10, 28-37.
- Benayas, J. R. (2012). Restauración de campos agrícolas sin competir por el uso de la tierra para aumentar su biodiversidad y servicios ecosistémicos. *Investigación ambiental Ciencia y política pública*, 4(2).
- Blaix, C., Moonen, A. C., Dostatny, D. F., Izquierdo, J., Le Corff, J., Morrison, J., Von Redwitz, C., Schumacher, M., & Westerman, P. R. (2018). Quantification of regulating ecosystem services provided by weeds in annual cropping systems using a systematic map approach. *Weed Research*, 58(3), 151–164. <https://doi.org/10.1111/wre.12303>.
- Bjorklund, J., Westberg, L., Geber, U., Milestad, R., & Ahnstrom, J. (2009). Local Selling as a Driving Force for Increased On-Farm Biodiversity. *Journal of Sustainable Agriculture*, 33(8), 885-902. doi:10.1080/10440040903303694.
- Castaldelli G., Soana E., Racchetti E., Vincenzi F., Fano E.A., Bartoli M. (2015). Vegetated canals mitigate nitrogen surplus in agricultural watersheds. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 212: 253-262. DOI: 10.1016/j.agee.2015.07.009.
- Castro, A.J., Verburg, P.H., Martín López, B., García Llorente, M., Cabello, J., Vaughn, C.C. y López, E. (2014). Ecosystem service trade-offs from supply to social demand: A landscape-scale spatial analysis. *Landscape and Urban Planning*, 132: 102–110.
- Camacho Valdez, V., & Ruiz Luna, A. (2012). Marco Conceptual Y Clasificación De Los Servicios Ecosistémicos. *Bio Ciencias*, 1, 3–15. <http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/19/17>.
- Caporal, F.R., Costabeber, J.A., Paulus, G. (2009). Agroecologia: uma ciência do campo da complexidade. MDS/Embrapa.
- Caro-Caro, C. I., & Torres-Mora, M. A. (2015). Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socioecológicos: aplicación en agroecosistemas. *Orinoquia*, 19(2), 237-252.
- Cong, R. G., Ekroos, J., Smith, H. G., & Brady, M. V. (2016). Optimizing intermediate ecosystem services in agriculture using rules based on landscape composition and configuration indices. *Ecological Economics*, 128, 214-223.
- Costanza, R. et al. (1997). The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Revista Nature*, Vol. 387.
- Costanza R (2007) . Ecosystem services: multiple classification systems are needed. *Biological Conservation* 2008; 141: 350–352.

- Chabert, A., & Sarthou, J. P. (2020). Conservation agriculture as a promising trade-off between conventional and organic agriculture in bundling ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 292, 106815.
- Clarke LW, Li L, Jenerette GD, Yu Z. Drivers of plant biodiversity and ecosystem service production in home gardens across the Beijing Municipality of China. *Urban Ecosyst.* 2014;17(3):741–60.
- Daily, G.C. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press. Washington DC.USA .
- Dang, K. B., Windhorst, W., Burkhard, B., & Müller, F. (2019). A Bayesian Belief Network-Based approach to link ecosystem functions with rice provisioning ecosystem services. *Ecological Indicators*, 100, 30-44.
- De Groot RS, Wilson MA, Boumans RMJ (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393–408.
- Díaz, S., (2006). Biodiversity regulation of ecosystem services, en R. Hassan, R. Scholes y N. Ash (eds.), *Ecosystems and hu-human well-being: Current state and trends*, Vol. 1. Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, D.C.
- Dubey, P. K., Singh, A., Raghubanshi, A., & Abhilash, P. C. (2021). Steering the restoration of degraded agroecosystems during the United Nations Decade on Ecosystem Restoration. *Journal of Environmental Management*, 280, 111798.
- Duraiappah, A. K., Asah, S. T., Brondizio, E. S., Kosoy, N., O'Farrell, P. J. Prieur-Richard A-H, Takeuchi, K. (2013). Managing the Mismatches to Provide Ecosystem Services for Human Well-being: A Conceptual framework for understanding the New Commons. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, doi: <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.cosust.2013.11.031>.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España (EME) (2012). *La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España. Síntesis de resultados*. Fundación Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid.
- FAO. (2014). Principios y Avances sobre Polinización como Servicio ambiental para la Agricultura Sostenible en Países de Latinoamérica y el Caribe. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3547s.pdf>.
- FAO. (2016). Servicios ecosistémicos y biodiversidad. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Retrieved from: <http://www.fao.org/ecosystem-servicesbiodiversity/background/culturalservices/es/>.
- Figueroa, E. (2010). Valoración Económica Detallada de las Áreas Protegidas de Chile. Proyecto GEF-MMA-PNUD.
- Fisher, B., Turner, R. K. y Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Science Direct*, (68), 643-653.
- Fonseca, J. A., Orozco, A. D. J. J., & Cleves, J. A. (2014). La ecoagricultura y la agroecología como estrategia tecnológica que potencia los servicios ecosistémicos. una revisión. *Temas agrarios*, 19(2), 260-275.
- Gómez Sal, A. (2001). Aspectos ecológicos de los sistemas agrícolas. Las dimensiones del desarrollo. En: Labrador, J. y Altieri, M.A. (Eds.) *Agroecología y Desarrollo*. Mundi Prensa, Madrid, 83-119.

- Gómez, N. S., & Gil, Z. E. R. (2014). La evaluación de servicios ambientales de soporte. *I3*, 1(2), 102-127.
- Gutiérrez González, P., Suárez Alonso, M., & Vidal-Abarca Gutiérrez, M. R. (2016). Analizando los servicios ecosistémicos desde la historia socio-ecológica: El caso de la Huerta de Murcia. *Cuadernos Geográficos*. 55(1).
- Gliessman, S.R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sustentable*. CATIE. Turrialba, Ciudad Real. España.
- Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V. E., & Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Revista Ecosistemas*, 16(1).
- HAINES-YOUNG R & POTSCHIN M (2011) Common international classification of ecosystem services (CICES): 2011 Update. Report to the European Environmental Agency, Nottingham.
- Hanaček, K., Langemeyer, J., Bileva, T., & Rodríguez-Labajos, B. (2021). Understanding environmental conflicts through cultural ecosystem services-the case of agroecosystems in Bulgaria. *Ecological Economics*, 179, 106834.
- Hernández, E., García, J., & Díaz, G. M. (1977). El agroecosistema: Concepto central en el análisis de la enseñanza, la investigación y la educación agrícola en México. *Agroecosistemas de México: contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola* (pp. XI-XIX) Chapingo Méx.: Colegio de Postgraduados.
- Henriksson Malinga, R., Jewitt, G., Lindborg, R., Andersson, E., & Gordon, L. (2018). On the other side of the ditch: exploring contrasting ecosystem service coproduction between smallholder and commercial agriculture. *Ecology and Society*, 23(4).
- Herzon I., Helenius J. (2008). Agricultural drainage ditches, their biological importance and functioning. *Biological conservation*, 141(5): 1171-1183. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.03.005.
- Hoffmann, D., & Oetting, I. (2010). El cambio climático y las áreas protegidas de Bolivia. *Biodiversidad y Ecología en Bolivia*.
- IPCC. (2002). Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico 5 del ipcc. Grupo intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra. Disponible en: <http://ipcc.cac.es/pdf/technical-papers/climate-changesbiodiversity-sp.pdf>.
- Jha, S., Bacon, C. M., Philpott, S. M., Ernesto Mendez, V., Läderach, P., & Rice, R. A. (2014). Shade coffee: update on a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*, 64(5), 416-428.
- Lima Abouhamad, S., Ramírez, M. V. R., Ramírez, J. L. M., Céspedes, K. S., & Alpízar, A. L. S. (2017). Servicios ecosistémicos de regulación que benefician a la sociedad y su relación con la restauración ecológica. *Biocenosis*, 31(1-2).
- Maass, J.M., Balvanera, P., Castillo, A., Daily, G.C., Mooney, H.A., Ehrlich, P., Quesada, M., Miranda, A., Jaramillo, V.J., et al. (2005). Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society* 10(1):17.
- Martín-López, B., Montes, C. (2010). Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales. *Guía científica de Urdaibai*. Pp: 13-32. UNESCO, Dirección de Biodiversidad y Participación Ambiental del Gobierno Vasco. España.

- Martín, J. A. H., & Osorio, Á. A. (2012). Efectos de la biodiversidad en el control biológico dentro de los agroecosistemas. *Revista Inventum*, (13), 30-35.
- Machado Vargas, M. M., Nicholls, C. I., Márquez, S. M., & Turbay, S. (2015). Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, con un enfoque agroecológico. *Idesia (Arica)*, 33(1), 69-83.
- MEA. (2005). Evaluación de Ecosistemas del Milenio. 2005. Ecosystems and human wellbeing: synthesis. Island Press, Washington, DC. Disponible en: [www.millenniumassessment.org/](http://www.millenniumassessment.org/)
- Melgarejo Carreño, V. A. (2019). Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica. *May*, 256.
- Melathopoulos, A. P., Cutler, G. C., & Tyedmers, P. (2015). Where is the value in valuing pollination ecosystem services to agriculture. *Ecological Economics*, 109, 59-70.
- Moonen, A. C., & Barberi, P. (2008). Functional biodiversity: an agroecosystem approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 127(1), 7-21.
- Moushani, S., Kazemi, H., Klug, H., Asadi, M. E., & Soltani, A. (2021). Ecosystem service mapping in soybean agroecosystems. *Ecological Indicators*, 121, 107061.
- McSwiney CP, Snapp SS, Gentry LE. 2010. Use of N immobilization to tighten the N cycle in conventional agroecosystems. *Ecological Applications* 20: 648-662.
- Nieto Rodríguez, G. P. (2017). Agrobiodiversidad y servicios ecosistémicos: una revisión de los componentes y prácticas de manejo.
- Omer, A., Pascual, U., & Russell, N. (2010). A theoretical model of agrobiodiversity as a supporting service for sustainable agricultural intensification. *Ecological Economics*, 69(10), 1926-1933.
- Pérez, M., & Marasas, M. E. (2013). Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una horticultura de base agroecológica. *Revista Ecosistemas*, 22(1), 36-43.
- Philpott SM, et al. 2008. Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: Review of the evidence on ants, birds, and trees. *Conservation Biology* 22: 1093-1105.
- Philip Robertson, G., Gross, K. L., Hamilton, S. K., Landis, D. A., Schmidt, T. M., Snapp, S. S., & Swinton, S. M. (2014). Farming for ecosystem services: An ecological approach to production agriculture. *BioScience*, 64(5), 404-415.
- Pons Solé, J. (2010). La evaluación de los servicios ambientales de los ecosistemas litorales en Catalunya. *Foro de Sostenibilidad*. 65-78.
- Power AG. 2010. Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365: 2959-2971
- Quetier, F., Tapella, E., Conti, G., Cáceres, D. y Díaz, S. (2007). Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. *Gaceta ecológica* (84- 85):17-26.
- Robertson, G.P. y Swinton, S.M. (2005). Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3: 38-46.
- Robertson GR, Hamilton SK. 2014. Conceptual and experimental approaches to long-term ecological research at the Kellogg Biological Station. In Hamilton SK, Doll JE, Robertson GP, eds. *The Ecology of Agricultural Ecosystems: Long-Term Research on the Path to Sustainability*. Oxford University Press. Forthcoming.

- Rolke D., Jaenicke B., Pfaender J., Rothe U. (2018). Drainage ditches as important habitat for species diversity and rare species of aquatic beetles in agricultural landscapes (Insecta: Coleoptera). *Journal of Limnology*, 77(3). DOI: 10.4081/jlimnol.2018.1819.
- Rótolo, G. C., & Francis, C. A. (2008). Los servicios ecosistémicos en el “corazón” agrícola de Argentina.
- Sánchez, J. Á. A., & Muñoz, J. F. V. (2016). Valoración de los ecoservicios en los agroecosistemas españoles: un estado de la cuestión/Valuation of ecosystem services in the Spanish agroecosystems: a state of the question. *Observatorio Medioambiental*, 19, 165.
- Santolini R., Morri E. (2017). Criteri Ecologici per l’Introduzione di Sistemi di Valutazione e Remunerazi - one dei Servizi Ecosistemici (SE) nella Progettazione e Pianificazione. In: *La Dimensione Europea del Consumo di Suolo e le Politiche Nazionali*. CRCS Rap - porto 2017, pp149-154. INU ed., Rome (Italy).
- Sarandón, S. J., & Flores, C. C. (2014). Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Colección libros de cátedra. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Capítulo, 5, 131-158.
- Sayago Ortega, J. (2016). Servicios ecosistémicos en cultivos de *Coffea arabica* L.: almacenamiento de carbono en la localidad de Arroyo de las Cañas Veracruz (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Sarukhán J, Koleff P, Carabias J, Soberón J, Dirzo R, Llorente-Bousquets J, et al (2009). Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 100.
- Soana E., Naldi M., Bartoli M. (2012). Effects of increasing organic matter loads on pore water features of vegetated (*Vallisneria spiralis* L.) and plant-free sediments. *Ecological engineering*, 47: 141-145. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2012.06.016
- Swinton, S.M., Zhang, W., Ricketts, T.H., Kremen, C., Carney, K., (2007). Ecosystem Services and Dis-Services to Agriculture. *Ecological Economics* 64(2): 253-260.
- Sutherland, L.-A., Gabriel, D., Hathaway-Jenkins, L., Pascual, U., Schmutz, U., Rigby, D., Godwin, R., Sait, S.M., Sakrabani, R., Kunin, W.E., (2012). The ‘neighbourhood effect’: a multidisciplinary assessment of the case for farmer co-ordination in agrienvironmental programmes. *Land Use Policy* 29, 502–512.
- Swinton SM, Lupi F, Robertson GP, Hamilton SK.(2007). Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. *Ecological Economics* 64: 245-252.
- Turner RK, Georgiou S, Fisher B (2008). *Valuing Ecosystem Services: The Case of multi-functional wetlands*. London: Cromwell Press. 240.
- Thorn, J. P., Thornton, T. F., Helfgott, A., & Willis, K. J. (2020). Indigenous uses of wild and tended plant biodiversity maintain ecosystem services in agricultural landscapes of the Terai Plains of Nepal. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16(1), 1-25.
- Vandermeer, J., Perfecto, I., & Philpott, S. (2010). Ecological complexity and pest control in organic coffee production: uncovering an autonomous ecosystem service. *BioScience*, 60(7), 527-537.
- Verdonschot R.C., Keizer-vlek H.E., Verdonschot P.F. (2011). Biodiversity value of agricultural drainage ditches: a comparative analysis of the aquatic invertebrate fauna

of ditches and small lakes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21(7): 715-727. DOI. 10.1002/aqc.1220.

- Viglizzo, E. F., Paruelo, J. M., Laterra, P. y Jobbagy, E. G. (2012). Ecosystem service evaluation to support land-use policy. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (174), 78-84.
- Volante, J.N., Alcaraz-Segura, D., Mosciaro, M.J., Viglizzo, E.F., Paruelo, J.M. (2012). Assessing the effect of land clearing on ecosystem services provision in north-western Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 154,1.
- Vonada, R. (2010). Introducción a los servicios ambientales. Taller Regional: Compensación y Pago por Servicios Ambientales. La Ceiba, Honduras: Forest Trends.
- Zabala, J. A., Martínez-Paz, J. M., & Alcon, F. (2021). A comprehensive approach for agroecosystem services and disservices valuation. *Science of The Total Environment*, 768, 144859
- Zervudakis, M., Rashev, B., Germer, C. (2007). Review of ecosystem services and the values they provide. Rhodopes Project. A joint initiative of the NDP and the Ministry of agricultura and Forestry of Bulgaria. Unedited copy.
- Zucaro, R., & Ruberto, M. (2019). Evaluation of ecosystem services of irrigated agriculture: a policy option for a sustainable water management. *Rivista di Economia Agraria - REA*, 74(3), 11;  
<https://link.gale.com/apps/doc/A622151367/PPAG?u=utadeo&sid=PPAG&xid=dc312523>.