

05

Fecha de presentación: marzo, 2021

Fecha de aceptación: mayo, 2021

Fecha de publicación: agosto, 2021

FACTORES SOCIALES, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES ASOCIADOS A LOS ECOSISTEMAS CAFETALEROS: UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

SOCIAL, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL FACTORS ASSOCIATED WITH COFFEE ECOSYSTEMS: A BIBLIOGRAPHIC REVIEW

Orledis Rodríguez Osoria¹

E-mail: rodrigueosoria@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6417-7321>

Onelkis Fuentes Miranda¹

E-mail: onelkis.fuentes@nauta.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0609-340X>

Belyani Vargas Batis²

E-mail: belyani@uo.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6698-1281>

¹ Unidad Empresarial de Base Acopio Guamá. Santiago de Cuba. Cuba.

² Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rodríguez Osoria, O., Fuentes Miranda, O., & Vargas Batis, B. (2021). Factores sociales, económicos y ambientales asociados a los ecosistemas cafetaleros: una revisión bibliográfica. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 33-42.

RESUMEN

Los ecosistemas para la producción de café son el resultado de interacciones sociales, económicas y ambientales, de ahí la importancia de realizar valoraciones en este sentido. El objetivo del trabajo fue profundizar en los aspectos teóricos sobre los factores sociales, económicos y ambientales asociados a los ecosistemas cafetaleros. Se realizó una revisión bibliográfica donde se comprobó que el ecosistema cafetalero es una unidad ecológica con más de una población agrícola y varios recursos y componentes que el hombre utiliza para satisfacer sus necesidades. Desde lo económico se generan fuentes de empleo y divisas para países en vías de desarrollo influyendo en la estabilidad socio-política con externalidades aún sin remunerar. Dados los drásticos cambios derivados de la explotación cafetalera se han desarrollado acciones con impactos positivos en la biodiversidad y la calidad del suelo, donde la cubierta vegetal evita la erosión y asegura su fertilidad, como aspecto fundamental ligado a la producción, a través de procesos biológicos naturales. Los factores sociales, económicos y ambientales asociados a las áreas dedicadas a la producción de café, aunque muy bien delimitados teóricamente, en la práctica están integrados y son interdependientes uno del otro, y esa interacción es muy necesaria para el éxito holístico del sistema.

Palabras clave:

Arvenses, biodiversidad, café, indicadores, suelo.

ABSTRACT

The ecosystems for coffee production are the result of social, Economic and environmental interactions, hence the importance of making assessments in this regard. The objective of the work was to delve into the theoretical aspects of the social, Economic and environmental factor associated with coffee ecosystems. A bibliographic review was carried out where it was confirmed that the coffee ecosystem is an ecological unit with more than one agricultural population and several resources and components that man uses to satisfy his needs. From the economic point of view, source of employment and foreign exchange are generated for developing countries, influencing socio-political stability with externalities even without remuneration. Given the drastic changes derived from coffee exploitation, actions have been developed with positive impacts on biodiversity and soil quality, where the vegetation cover prevents erosion and ensures its fertility, as a fundamental aspect linked to production, through natural biological processes. The social, Economic and environmental factors associated with the areas dedicated to coffee production, although theoretically well defined, are in practice integrated and interdependent on each other, and this interaction is very necessary for the holistic success of the system.

Keywords:

Biodiversity, coffee, indicators, soil, weeds.

INTRODUCCIÓN

La caficultura juega un papel importante en el desarrollo comunitario y en el mejoramiento de la calidad de vida. Diferentes programas de producción de café (*Coffea* spp.) y códigos de conducta permiten fortalecer la vocación agraria y garantizar el bienestar de las familias productoras. A pesar de ello, aunque la mayoría de los caficultores tiene la intención de continuar participando en las iniciativas llevadas a cabo por la dirección de las entidades a la que pertenecen, proporciones de ellos, dependiendo de la iniciativa, se manifiestan desmotivados (Grisales, 2017). Los principales actores de cada proceso, teniendo en cuenta elementos adecuados de cada organización, son los que determinan el desarrollo local. Por tanto, esas formas de relaciones sociales son las que tributan a la formación de grupos de trabajos formales. Dichas relaciones son las que hacen del sector cafetalero un renglón dinámico, pues las mismas se sustentan en la historia, intereses, confianza e interacciones entre entes económicos, ecológicos y sociales.

Desde lo ecológico, uno de esos agentes es la biodiversidad (BDV), cuya conservación debe responder a consideraciones económicas, morales y ambientales. Rodríguez (2018), refirió que el café se produce en agroecosistemas diseñados por el hombre a partir de bosques tropicales húmedos. El cafetal bajo sombra conserva una gran parte de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas boscosos, albergan gran diversidad de especies y proporcionan servicios ecosistémicos, poseen una gran capacidad para conservar la BDV y obtener interacciones benéficas. La BDV desempeña un papel importante en los agroecosistemas al proporcionar bienes y servicios a los agricultores, sin embargo, los ecosistemas cafetales (EC) contienen menor diversidad de especies que los naturales. La diversificación de especies vegetales conduce a cambios positivos en las condiciones abióticas y se desarrollan capacidades que permiten al sistema funcionar, de tal manera, que se mantienen la fertilidad y la productividad. El café se cultiva en zonas que coinciden con altos niveles de BDV y donde los medios de vida dependen de los bosques y sus servicios.

Los árboles de sombra dentro de los múltiples roles que cumplen en los cafetales se encuentran el mantenimiento de un microclima favorable y la conservación de la BDV. El café de sombra se promueve como un enfoque prometedor para abordar el doble desafío de la conservación de la BDV y del desarrollo local (Jezeer & Verweij, 2015). La conservación de la BDV en el cafetal brinda servicios en el control biológico de plagas beneficiando económicamente al productor (Machado, et al., 2015; Guevara & Vásquez, 2019). Está claro que las prácticas de café bajo sombra potencian la conservación de la BDV y el suelo.

El análisis de la calidad de suelos (CS) en los EC permite detectar cambios, provee los aspectos básicos para evaluar la sostenibilidad del manejo del sistema y tiene relación directa con la producción sostenible. Tales razones permiten señalar que la calidad es el indicador primario para el manejo sostenible de suelos. Los EC presentan buena capacidad para mantener una alta calidad de suelo al almacenar gran cantidad de carbono orgánico e incorporar árboles de sombra y otras especies de cultivo. Las características físicas, químicas y biológicas que presentan los suelos se encargan de dar la sensibilidad a la tipología de sombra en los EC. Según la estructura del suelo, es el comportamiento de la actividad biológica y en épocas de sequía conserva la humedad de acuerdo a sus características físicas y a la cobertura que posea. La CS define, en gran parte, la salud del cultivo, por lo cual es uno de los recursos más importantes en la producción de café. La conservación de la fertilidad y la estructura del suelo son necesarias para la sostenibilidad de la finca. El suelo es uno de los ecosistemas más completos, y puede verse afectado y desbalanceado fácilmente por malas prácticas de manejo (Rodríguez, 2018).

A pesar de todo lo planteado, los EC pueden presentar valores desfavorables de diversidad a lo cual sobrevienen brotes de plagas. De ahí la importancia de mantener la capacidad de regulación pues permite equilibrar los procesos ecológicos, proveyendo y manteniendo un medio ambiente sano. Los EC son muy afectados en gran parte por la eliminación de la cubierta vegetal, la extracción de árboles maderables, leña y otros productos. El cambio de uso del suelo, su accesibilidad y cercanía a los centros poblados son otras limitantes que afectan el funcionamiento de estos ecosistemas. Otros de los factores es que los productores no usan técnicas de conservación del suelo ni uso racional del agua y emplean con mayor frecuencia fertilizantes externos a la finca.

En la literatura científica que se genera, los aspectos relacionados con los recursos humanos y naturales, desde una perspectiva ambiental de estos sistemas productivos, han sido poco tratados. A nivel internacional se pueden mencionar trabajos realizados en países como Brasil, Perú, Guatemala, Colombia y Costa Rica pero más del 70 % de los consultados están relacionados con la incidencia de plagas en las producciones y su control. En el caso de Cuba la realidad nos es muy diferente, los trabajos existentes son escasos y al abordar el estudio de algunos de los recursos del ecosistema, lo hacen de manera parcializada y con frecuencia focalizados desde una óptica productiva. Por otra parte, carecen de una perspectiva crítica que desde lo teórico profundicen en la importancia de una visión social, económica y ambiental de los factores que se encuentran asociados a estos tipos de agroecosistemas.

No se debe olvidar que la producción de café en las condiciones de Cuba depende, en gran medida, de la relación que existe entre factores sociales, económicos y ambientales, así como, de la capacidad que tenga el EC para soportarlo. Lo señalado anteriormente es un factor común en las 10 provincias que se dedican a la producción del grano en el país de las cuales Santiago de Cuba es la más destacada. Por esta razón la dirección del gobierno en la provincia ha orientado el desarrollo de investigaciones para determinar todas las causas que ponen en riesgo la capacidad productiva de estos ecosistemas. Teniendo en cuenta todo lo planteado el trabajo tiene como objetivo profundizar en los aspectos teóricos sobre los factores sociales, económicos y ambientales asociados a los ecosistemas cafetaleros.

DESARROLLO

De acuerdo con Martonas (2017), los ecosistemas se pueden considerar como unidades cerradas en las que continuamente circulan la energía, nutrientes y materiales dentro de sí mismo y eventualmente, entre otros sistemas. Estas unidades ecológicas son únicamente identificadas por su clima, suelo, circulación de agua y nutrientes, las plantas y animales que están presentes además de la edad general del sistema. Las funciones de un ecosistema son pertinentes a los cambios e interacciones entre los componentes vivos y no vivos.

Rodríguez (2018), citó que el agroecosistema cafetalero se define como un sistema ecológico que cuenta con una o más poblaciones de utilidad agrícola y el ambiente con el cual interactúa. El ecosistema para la producción de café está representado por sistemas tradicionales, con modalidades de cafetales que van desde sombra diversificada a base de árboles de la vegetación primaria, hasta policultivos diversos o simples con especies arbóreas frutales, forestales maderables y/o plátanos. El EC bajo sombra diversificada, conserva parte de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas boscosos que reemplazó al mantener sus recursos y componentes.

Un recurso es cualquier material en la tierra, que pueda satisfacer necesidades humanas. En los EC los más explotados son los naturales. Estos son cualquier material de ocurrencia natural, que se encuentran en el medio y que son utilizados por el hombre para satisfacer necesidades de diversa índole (Hidalgo, 2016). Por su parte los componentes pueden ser abióticos y bióticos. Los primeros representados fundamentalmente por factores climáticos, fisiográficos, edafológicos y geológicos, en tanto, los bióticos relacionan todos los organismos vivos que participan en los sistemas. Dentro de este último grupo, en los cafetales basados en sistemas agroforestales se distinguen tres componentes principales (árboles, cultivos y animales). Por tanto, se debe priorizar en las estrategias,

la optimización de los procesos de manejo, particularmente en los componentes que diversifiquen productivamente las fincas de café.

Según Escamilla (2015), los EC se clasifican de la siguiente forma según sus características y composición (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación y descripción de algunos tipos de ecosistemas cafetaleros.

Clasificación	Descripción
Café sostenible	Es aquel que se produce en plantaciones con alta diversidad biológica y con bajas aplicaciones de agroquímicos. Busca conservar los recursos, proteger el medio ambiente, producir eficazmente, competir comercialmente y reforzar la calidad de vida de los agricultores y la sociedad como un todo.
Café orgánico	Tecnología aplicada por los productores, los cuales, además de tener muchas especies de árboles de sombra en su cafetal, no realizan ninguna aplicación de agroquímicos por año. Utilizan la chapea y el control biológico como las herramientas para asistir al cafetal.
Café convencional	Los agricultores producen con gran cantidad de agroquímicos como lo hacían desde los años sesenta del siglo anterior, bajo los postulados de la revolución verde.

Los EC se caracterizan por tener efecto positivo en la transformación del paisaje, la BDV y las especies exóticas invasoras. Aportan a la conservación de los ecosistemas en cuanto a cobertura vegetal, composición de suelos, así como, a la preservación de las especies nativas de la región cafetera, desde la hojarasca a nivel del suelo hasta las copas más altas de los árboles, principalmente en el cultivo bajo sombra. Este mismo se caracteriza por ser un sistema de producción más amigable con el entorno, puede llegar a restablecer suelos erosionados o perdidos, dado que logra adaptar características similares a las de los bosques mesófilo (Escobar, et al., 2016). Genera una alternativa para que las comunidades campesinas mejoren su calidad de vida. En cambio, si los cafetales están rodeados de zonas agrícolas o ambientes fragmentados, la diversidad y abundancia de estas especies disminuye considerablemente.

Latinoamérica juega un papel protagónico en la producción y comercio internacional del café en el mundo. Su comercialización contribuye fuertemente en la generación de divisas y en el empleo de trabajadores en el campo, con énfasis en aquellos países donde la producción y las exportaciones de café tienen un

peso relativo importante (Oropeza, et al., 2015). Más de 25 millones de personas que viven en los trópicos dependen del café como medio de subsistencia. Este cultivo es el soporte económico de muchos países y el segundo producto más comercializado en el mercado mundial, después del petróleo. Además, el café es importante porque constituye una de las principales contribuciones de este sector para mantener la estabilidad social y política de muchos países. A esto se le añade que la inversión que genera la propia actividad favorece el desarrollo de unidades que contribuyen a reducir la migración de pobladores rurales hacia la ciudad y los problemas que ello implica (Alfaro, 2010). Por otra parte, el café es vital desde el punto de vista ecológico, pues las externalidades positivas que genera, aunque muy importantes, no están por el momento remuneradas ni interna ni externamente.

Bien es cierto que tradicionalmente en los cafetales la extracción de insumos ha dado lugar a cambios drásticos en las condiciones y en consecuencia estos servicios son escasos, están degradados y su mantenimiento es caro. Los efectos colaterales negativos de los servicios ecosistémicos degradados, que resultan de ciertos procesos productivos, son cada vez más evidentes a nivel sectorial en los países de América Latina y el Caribe. Sin embargo, muchas han sido las acciones de manejo realizadas para lograr revertir o minimizar los efectos producidos. Los ejemplos siguientes son algunos de los que se pueden mencionar (Tabla 2).

Tabla 2. Acciones de manejo para mitigar los impactos ambientales negativos en los cafetales.

Acciones de manejo	Literatura
Protección del hábitat natural (control máximo de la deforestación, conservar ecosistemas críticos, preservar los bosques existentes en las fincas)	Calderón, et al. (2011)
Control de malezas para disminuir la competencia con el cultivo principal, sin caer en el error de dejar los suelos completamente limpios expuestos al deterioro causado por las condiciones ambientales	Molinares & Castilblanco (2015)
Siembra de árboles en bosques, orillas y linderos de los lotes de café	Machado, et al. (2015)
Mantener y realzar la diversidad biológica y las funciones de los ecosistemas en las fincas y áreas adyacentes	Calderón, et al. (2011)
Orientar una nueva propuesta de control al manejo poblacional de las malezas sin pensar en su erradicación pues la presencia de estas plantas favorece la estabilidad física, biológica y química de los EC	Molinares & Castilblanco (2015)
Ampliación de la frontera de los bosques	Machado, et al. (2015)

Asociar la producción de café a la implementación de corredores de conservación, en los cuales, sirven para conectar e intercambiar formas de vida silvestre entre fragmentos de bosque, áreas protegidas y sistemas hidrográficos estratégicos	Calderón et al. (2011)
Mantenimiento y renovación del sombrío, así como, permanencia de los bosques que existen en la finca	Machado, et al. (2015)

Si se tienen en cuenta las acciones de manejo resumidas en el recuadro anterior, se puede notar que las mismas tienen un impacto directo sobre la BDV. Cuando se habla de diversidad biológica se hace referencia a la variedad de organismos vivos presentes en cualquier fuente, tanto terrestre como marina, incluidos todos los complejos ecológicos de los que son parte integrante. Abarca la variabilidad dentro de cada especie, entre las diferentes especies y de los ecosistemas. Según Romero, et al. (2015), un ecosistema no existiría sin la BDV y además esta es la base de la agricultura debido a que brinda servicios esenciales al ecosistema como reciclaje de nutrientes, control del microclima y resistencia a procesos hidrológicos (exceso o falta de lluvia).

Constituye el capital socio-natural de las naciones al proporcionar varios servicios para la preservación del medio ambiente. Entre ellos están la degradación de desechos orgánicos, la formación de suelos y el control de la erosión, la fijación del nitrógeno, el incremento de los recursos alimenticios, el control biológico de plagas, la polinización de las plantas, además de la elaboración de medicinas farmacéuticas y naturistas. Por otra parte, Rodríguez (2018), señaló que las arvenses y los árboles de sombra en un EC son de gran importancia para el equilibrio de la BDV. También generan un impacto significativo sobre los rendimientos, los costos de producción y la sostenibilidad, en especial por constituirse en un componente para la protección de los suelos y la conservación de los recursos hídricos. También por la función que tienen como hospedero de insectos controladores de plagas.

En cualquier agroecosistema, en especial los cafetales, las arvenses (o malezas) son un componente importante de la BDV. Sin embargo, no son deseadas en el cultivo del cafeto, debido a que pueden ser hospedantes alternos de nematodos fitoparásitos. Una maleza puede ser entendida como toda planta que crece fuera de su sitio e invade a otro cultivo, en el cual causa más perjuicios que beneficios. Las malezas se caracterizan por su capacidad para sobrevivir en condiciones ambientales adversas. De acuerdo con Del Toro, et al. (2018), el concepto de maleza puede ser relativo al estar influenciado por la percepción y el conocimiento del contexto social más cercano. Son plantas que crecen donde no se desean y afectan alguna actividad humana. En general son

especies vegetales de rápido crecimiento y fácil propagación que colonizan áreas perturbadas por lo humanos rápidamente. Estas pueden causar daños significativos en los cafetales al dificultando su manejo y la cosecha, produciendo un rápido envejecimiento del EC.

Según el autor citado anteriormente, esta suposición puede no ser cierta para todas las arvenses, pues existen especies que tienen efectos positivos en los agroecosistemas. Pueden ser empleadas como cultivos trampa los cuales contribuyen a disminuir la densidad poblacional de nematodos fitopatógenos en el cultivo principal. Además, estas especies favorecen la diversidad ecológica, protegen y mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo. El conocer los grupos estratégicos de hierbas es clave para las prácticas de manejo integrado y control de las mismas, con el fin de minimizar o eliminar en su totalidad el uso de agroquímicos. Las hierbas en los EC se pueden clasificar de la siguiente manera (Tabla 3) según lo citado por Rodríguez (2018).

Tabla 3. Clasificación de las especies arvenses en los ecosistemas cafetaleros.

Clasificación	Descripción	Ejemplos	
		Nombres vulgar	Nombres científicos
Hierbas buenas	Son consideradas dentro de esta categoría a aquellas que cubren el suelo y no compiten con el café	Amor seco	Desmodium sp.
		Amor seco	Desmodium canum (J. F. Gmel.) Schinz & Thell.
		Canutillos, Hierba santa	Commelina diffusa Burm. f. Commelina erecta L.
		Culantrillo de pozo	Hydrocotyle mexicana Schlttdl. & Cham.
		Frijol castilla	Vigna unguiculata (L.) Walp.
		Hierba de orzuelo	Chamaesyce hirta (L.) Millsp.
		Pica-pica	Mucuna urens (L.) Medik.
Hierbas regulares	Hace referencia a las hierbas que con un buen manejo en la calle y entre surcos facilitan su presencia en el ecosistema y no compiten con el café	Amor seco	Bidens alba (L.) DC.
		Bledo	Amaranthus hybridus L.
		Bledo verde	Amaranthus viridis L.
		Cacahuete	Arachis hypogaea L.
		Campanilla	Centrosema pubescens Benth.
		Flor de sangre	Asclepias sp.
		Gandul	Cajanus cajan (L.) Huth.
		Hierba golondrina	Chamaesyce sp.
		Judía de puerco	Canavalia ensiformis (L.) D.C.
Hierbas competidoras	Estas son aquellas que compiten por nutrientes y por tanto precisan alguna acción controladora	Alegría de casa	Impatiens balsamina L.
		Clavelillo	Emilia fosbergii Nicolson
		Colminillo blanco	Galinsoga ciliata Raf. Blake
		Cola de caballo	Equisetum arvense L.
		Estrellita	Galinsoga parviflora Cav.
		Leche de sapo	Euphorbia heterophylla L.
		Soya	Glycine max (L.) Merrill

Por su parte, el manejo del café desarrollado bajo el entorno arbóreo, tiene diferentes formas de conducción según el productor. Algunos conducen los cafetales con árboles debidamente instalados, otros con árboles que fueron dejados durante el roce con distanciamientos variables para sombra del café, como una modalidad de aprovechar los árboles maderables. Otros agricultores conducen bajo sombra de Agroforestería, dejando los árboles maderables de mayor costo, completando el resto del área con otras plantas en los lugares donde falta sombra. Asimismo, existen muchos cafetales con un diseño equivocado de los árboles de sombra.

Los cafetales arbolados provocan una interacción muy estrecha entre los árboles y el café haciendo de la finca un verdadero centro de BDV. En ellos no solamente se logra un café de la mejor calidad sino que se produce

madera, frutas, belleza escénica, leña, forraje, fijación de nitrógeno, se mejoran los suelos y la calidad de las aguas, se promueve y conserva la fauna silvestre y se eleva el valor de la propiedad. También las raíces de los árboles mejoran la aireación del suelo, las hojas y la sombra reducen la invasión de malezas, incorporan materia orgánica al suelo y se genera un sistema ecológicamente sostenible y biodiverso. Con sombra, la vida útil de los cafetos es más larga, se promueve un control biológico de muchas plagas, se modifica el microclima creando sistemas más estables, se mejoran los ingresos económicos del cafetalero, la producción y la calidad (Sánchez, et al., 2017).

Sin embargo, al igual que las arvenses, los árboles de sombra tienen impactos negativos y positivos. Todo ello depende del manejo que se realice de los mismos. A continuación (Tabla 4), se resumen algunos aspectos.

Tabla 4. Algunos riesgos, beneficios y ejemplos de árboles para sombra en los cafetales.

No.	Riesgos	Beneficios	Ejemplos	
			Nombres vulgar	Nombres científicos
1	Pueden ser hospederos potenciales para plagas	Regulan el microclima	Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill.
2	Generan más competencia por agua y nutrientes	Ofrecen refugio y hábitat para los enemigos naturales	Cedro amargo	<i>Cedrela odorata</i> L.
3	Requiere recursos y mano de obra adicional para su establecimiento y manejo en el cafetal	Garantizan bienes y servicios en los cafetales (polinización, control de la erosión, captura de carbono)	Higuereta	<i>Ricinus communis</i> L.
4		Reducen los gases con efecto invernadero	Ipil-ipil	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.
5		Sirven de hábitat a especies biológicas y cumplen con diversas funciones	Mandarina	<i>Citrus reticulata</i> Blanco.
6			Mango	<i>Mangifera indica</i> L.
7			Piñón florido	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth.

La cubierta en los EC evita la erosión del suelo y asegura su fertilidad a través de procesos biológicos naturales como la fijación de nitrógeno. También áreas protegidas bien gestionadas dentro de estos ecosistemas regulan la escorrentía, controlan las inundaciones, reducen los deslizamientos de tierra, ayudan a contener los brotes de plagas y pueden, incluso, llegar a mitigar los efectos del cambio climático. El uso de árboles fijadores de nitrógeno que aumentan la descomposición de la hojarasca y la materia orgánica del suelo dan a este una mejor textura. Los árboles de sombra como componentes de la BDV también ejercen marcada influencia en lo relativo a las condiciones del suelo. Aumentan la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes, economiza agua, disminuyen el desarrollo de las arvenses, ayudan a mantener el suelo agregado, impiden su movimiento y aumentan la porosidad. Un cultivo de café sin sombra con gran productividad puede sufrir de la erosión de suelos y pérdida de BDV (Galindo, 2019).

Mejorar la BDV de los suelos es vital para garantizar la salud de los mismos y la seguridad alimentaria y nutricional futuras. Los sistemas agrícolas y las prácticas agroecológicas prestan gran atención a nutrir la BDV del suelo. Cuando los diversos organismos del suelo interactúan entre sí y con las plantas y animales del ecosistema, forman una compleja red de actividad ecológica denominada red alimentaria del suelo (red trófica edáfica). La resiliencia de la red alimentaria está inexorablemente ligada a la BDV del suelo (Rodríguez, 2018).

El suelo es un cuerpo natural localizado en la superficie de la tierra, formado a partir de una mezcla variable de materiales minerales y orgánicos, mediante la acción de factores de meteorización, químicos, físicos y biológicos en el tiempo. Es capaz de sustentar el crecimiento de las plantas y otros seres vivos además de ser susceptible a las modificaciones por el ser humano y por eventos naturales (Betran & Mendoza, 2017).

El sistema suelo está constituido por tres fases; sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida es dominante y consiste en partículas de diferentes tamaños rodeadas por agua y gases, cuyas cantidades y composición fluctúan

en el espacio y en el tiempo. El suelo es uno de los ecosistemas más complejos de la naturaleza y uno de los hábitats más diversos de la tierra. Alberga una infinidad de organismos diferentes que interactúan entre sí y contribuyen a los ciclos globales que hacen posible la vida. No hay ningún lugar de la naturaleza con una mayor concentración de especies que los suelos, sin embargo, esta BDV en su mayor parte se desconoce al estar bajo tierra y ser, en gran medida, invisible para el ojo humano.

La calidad del suelo (CS) representa una nueva forma de evaluación, más completa, debido a que incluye la evaluación de propiedades físicas, químicas, biológicas y bioquímica. En todo caso, las evaluaciones de calidad se refieren específicamente a los procesos que tienen su origen excluyendo variables económicas, sociales y políticas que, sin embargo, pueden ser consideradas cuando el suelo sea objeto de decisión o gestión del mismo. Machado, et al. (2015), señalaron que la CS se define como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema, sustentando la productividad biológica y promoviendo la salud de las plantas y animales.

La CS condiciona en gran medida la producción y sostenibilidad agrícolas, la calidad ambiental y, como consecuencia de ambas, afecta positiva o negativamente. El término CS, también conocido como salud del suelo, son utilizados como equivalentes, pero no siempre como sinónimos, aunque incluyen los mismos componentes: productividad, ambiente y salud. La CS se asocia más con su capacidad productiva para un uso específico y describe características físicas, químicas y su relación con los componentes del agroecosistema (Galindo, 2019).

Cualquier índice de CS debe considerar la función del suelo, pero estas funciones pueden ser variadas y a menudo complejas. Un suelo considerado como de alta calidad para una función puede no serlo para otras. Como consecuencia hay potencialmente muchas propiedades del suelo que pueden servir como indicadores de la CS. Estos indicadores se refieren a las propiedades medibles que influyen en la capacidad de realizar funciones de producción agrícola o ambiental, aunque también puede incluir algunas nuevas que reflejen este último valor. Según lo referido por Rodríguez (2018), algunos indicadores para evaluar la CS (Tabla 5) teniendo en cuenta algunas de sus propiedades se resumen a continuación.

Tabla 5. Descripción de algunos indicadores de calidad del suelo.

Indicadores	Descripción
Estructura	Forma de agregación natural de las partículas de suelo. Existen diferentes tipos. No es un parámetro estable y varía en función de las condiciones climáticas, manejo del suelo y procesos edáficos. Tiene gran influencia sobre las funciones edáficas respecto a sostener la vida animal y vegetal, así como, moderar la calidad ambiental. El estado de agregación, caracterizado por los cambios en la distribución, tamaños y estabilidad de las partículas, es altamente sensible al uso del suelo y determinante de su salud.
Compactación e infiltración	Se refiere al aumento de la densidad y/o resistencia a la penetración, reduciendo el espacio poroso debido a la aplicación de fuerzas o cargas dificultando su capacidad de infiltración. El proceso de infiltración es de agua hacia abajo, en la totalidad o parte del suelo donde intervienen diferentes factores (textura, compactación, estructura, contenido de humedad, tipo de cobertura vegetal, densidad aparente, porosidad, entre otros). La infiltración puede ser un buen indicador para evaluar la calidad y salud del suelo.
Cobertura del suelo	La cobertura del suelo es uno de los factores más eficientes en la minimización de los efectos indeseables, debido a la acción protectora de los residuos orgánicos dejados por los cultivos. La cobertura es un factor para el éxito de la producción agrícola en lo referente a la economía de agua. Dentro de las principales características buscadas, las plantas utilizadas deben proteger el suelo y mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas.
Profundidad del suelo	La profundidad del suelo es la distancia que existe, en sentido vertical, entre la superficie del suelo y una limitante de tipo permanente que dificulte el paso de la raíz o el agua. Para determinar la profundidad efectiva se deberá considerar la pedregosidad interna cuando esta resulte limitante para el arraigamiento.
Materia Orgánica (MO)	Es la fracción orgánica del suelo, excluidos los residuos animales y vegetales aún no descompuestos. El carbono es uno de los principales componentes de la MO del suelo. La MO es el atributo que con más frecuencia se utiliza como un indicador importante de su calidad. Es un descriptor que puede ser explicado por otros indicadores que representan una pequeña parte de la variabilidad. Su importancia se basa en la influencia que tiene sobre indicadores físicos, químicos y biológicos de la calidad del suelo.

Desarrollo de raíces	Conocer el crecimiento de las raíces es un aspecto fundamental para evaluar el comportamiento de un EC pues influye en el patrón de desarrollo de la parte aérea, el rendimiento y calidad del fruto. La mayor parte de las raíces del café se localizan en el primer metro de profundidad. La distribución de las raíces en el café depende, entre otros, de las condiciones edáficas y edad de la planta.
Estado de residuos	La mayoría de los organismos del suelo se alimentan de los residuos de las plantas, materiales orgánicos u otros organismos del suelo y no causan problemas en los cultivos. Un residuo es cualquier material que su productor o dueño considera que no tiene valor suficiente para retenerlo, o todo elemento que está considerado como un desecho al cual hay que eliminar y que se supone que no tiene valor económico.
Porosidad del suelo	La porosidad es determinante para favorecer condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, que permiten un buen crecimiento y desarrollo de los cultivos. Los altos valores de porosidad, favorecen la aireación, conservación de la humedad, el intercambio, el crecimiento de raíces y el buen desarrollo de la vida edáfica. Los valores de porosidad son mayores en los sistemas orgánicos debido a que la MO y la actividad biológica tienen relación directa con esta propiedad.
Retención de humedad	Es la capacidad que tienen los suelos de absorber agua a un ritmo adecuado que permite el crecimiento normal de las plantas. La retención de agua depende de la textura, estructura, porosidad y principalmente del contenido de MO. En suelos que albergan cafetales con sombra estas propiedades poseen mejores condiciones que aquellos suelos con cultivos expuestos al sol.
Erosión	Consiste en la eliminación acelerada del suelo por acción del agua, el viento o la labranza. Este proceso está vinculado con la desertificación, el cambio climático y la pérdida de la BDV, disminuyendo la productividad del suelo. La erosión es la causa más común de degradación del suelo en el mundo pues más del 80 % de la superficie terrestre tiene algún grado de afectación.
Actividad biológica	La vida en el suelo está representada por microorganismos (bacterias, hongos, protozoarios, nematodos, virus, algas) y macroorganismos (vertebrados e invertebrados). Las plantas (raíces y sus residuos) forman la macroflora del suelo. Estos elementos tienen su función en el reciclaje de nutrientes.

La evaluación de la CS es indispensable para determinar si un sistema de manejo es sustentable a corto o largo plazo. Dicha evaluación permite comprender y revertir el deterioro en la funcionalidad ecosistémica que ocurre como consecuencia de la degradación de los suelos resultante de la implementación de prácticas de manejo inadecuadas. Es ampliamente aceptado que la conversión de ecosistemas nativos a la agricultura (como es el caso de los EC) es uno de los principales impulsores de cambios ambientales global. Lo anterior conlleva a un deterioro de la CS (Figuras 1 y 2) pues disminuye su capacidad para realizar sus funciones de producción biológica, protección ambiental y sustento de la salud humana.



Figura 1. Pérdida de la calidad del suelo para realizar sus funciones sociales, económicas y ambientales en ecosistemas cafetaleros.



Figura 2. Porción de una pendiente de un ecosistema cafetalero desprovisto en más de una 90 % de cobertura vegetal viva.

El análisis de la CS permite detectar cambios, provee los aspectos básicos para evaluar la sostenibilidad en el manejo del sistema y tiene relación directa con la producción sostenible. Por tales razones, la CS es el indicador primario de su manejo sostenible y se considera un componente crítico de la agricultura sostenible. La evaluación de la CS está estrechamente relacionada con la capacidad de proveer las mejores condiciones para un buen desarrollo del ecosistema. Existe una fuerte tendencia a desbalancear la estabilidad integral de los suelos, debido a que las tecnologías de producción intensivas, disminuyen directamente su calidad. Ello se debe a que afectan negativamente las propiedades físicas y químicas del mismo, reduciendo su calidad en el mediano plazo y afectando la producción (Rodríguez, 2018). Es necesario medir la CS para lo cual existen diferentes criterios que permiten elegir los indicadores de calidad más adecuados (Tabla 6).

Tabla 6. Grupos de criterios a seguir en la evaluación de la calidad de suelo.

Criterios	Descripción
1	Los indicadores deben ser sensibles a variaciones en el manejo
2	Deben estar correlacionados con las funciones del suelo
3	Tienen que ser útiles para esclarecer procesos del agroecosistema
4	Deben ser de fácil comprensión para las personas que manejan el suelo
5	Tienen que ser fáciles y accesibles al momento de la medición
Generales	Se pueden usar indicadores que no sean tan precisos pero que la información que proporcionen sea generalizable y pueda ser extrapolada a diferentes niveles

Muchas son las propiedades que poseen los suelos y que pueden ser utilizadas para evaluar su calidad. Sin embargo, pueden tener un nivel de variabilidad muy elevado en relación con el tipo, uso, función y factores de formación. A pesar de ello, la densidad aparente, estructura, textura y resistencia a la penetración son algunas de las propiedades más usadas como indicadores físicos de su calidad. Por su parte, el pH, contenido de Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}), Potasio (K^+), Fósforo (P^{5+}), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn^{2+}), Hierro ($\text{Fe}^{2+,3+}$), carbono (C^{4+}) total, nitrógeno (N^{3-}) total y relación carbono-nitrógeno (C/N), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y MO se encuentran dentro de las propiedades químicas más usadas.

Desde el inicio de la preocupación de la sociedad científica para analizar la disminución en la CS, todavía no hay criterios universales para evaluar los cambios puntuales que ahí ocurren (Mórtola, et al., 2017). Para poner este concepto en funcionamiento, es preciso contar con variables que puedan servir para evaluar la condición del suelo, también conocidas como indicadores, pues representan una condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias de esa condición (Estrada, et al., 2017). Aunque muchas veces no se aprecie como tal, el suelo es el centro de casi todos los procesos de los que dependen los ecosistemas: proporciona, regula y hace de soporte de numerosos servicios de estos, de los cuales dependen la seguridad alimentaria, el control de inundaciones y enfermedades, y por tanto el bienestar de la humanidad, así como, el patrimonio cultural.

CONCLUSIONES

En general el ecosistema cafetalero más que cualquier otro tipo de agroecosistema es un conglomerado de factores que se encuentran en constante interacción. Dentro de esos factores los sociales son a la vez causa y efecto pues son el origen y el producto de todos los procesos que ocurren en torno a la producción de café. Esos factores sociales, si bien no son determinantes para los elementos económicos y ambientales, si tienen una marcada influencia sobre los mismos, pues su comportamiento estará en dependencia de las decisiones y acciones desarrolladas por el hombre. En lo económico los ecosistemas cafetaleros son el sustento de muchos países y la razón de ser de las personas en las naciones en vía de desarrollo, y es que, los cafetales a la luz de los conocimientos actuales no son solo zonas productivas, sino que articulan importantes componentes ambientales como son la biodiversidad y los suelos. El estado de estos últimos, dependen de las formas de manejo que se adopten en el sistema, pero a la vez influyen en la calidad de vida del contexto social más cercano dada la doble dimensión del hombre como unidad biosico-social. Los factores sociales,

económicos y ambientales asociados a las áreas dedicadas a la producción, aunque muy bien delimitados teóricamente, en la práctica están integrados y son interdependientes uno del otro, y esa interacción es muy necesaria para el éxito holístico del sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, J. (2010). *Importancia del pequeño producto y la agricultura sostenible para la conservación del ecosistema*. CLAC-Red Café.
- Betrano, S., & Mendoza, A. (2017). *Evolución sobre la legislación sobre uso del suelo en Costa Rica (1949-2016)*. La defensoría de los Habitantes. Consejo Nacional de Rectores-Universidades Publicadas de por Vida.
- Calderón, P. A., Serna, C. A., Trejos, J. F., & Cruz, G. (2011). Certificación rainforest alliance, una mirada desde la percepción de los caficultores de Cundinamarca y Sanstander. *Cenicafé*, 62(2), 7-22.
- Del Toro, J. O., Vargas, B., Rizo, M., & Candó, L. (2018). Composición, estructura y distribución de la vegetación arvense existente en fincas de la agricultura suburbana en Santiago de Cuba. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 68-81.
- Escamilla, P. E. (2015). *Sistemas de cultivo de café en México*. Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario de Oriente.
- Escobar, H. C., Lagos, J. C., Bacca, T., & Muñoz, J. A. (2016). Caracterización de los sistemas productivos de café en Nariño, Colombia. *Actualidad & Divulgación Científica*, 19(1), 105-113.
- Estrada, R., Hidalgo, C., Guzmán, R., Almaraz, J. J., Navarro, H., & Etchevers, J. D. (2017). Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia*, (51), 813-831.
- Galindo, A. (2019). *Programa de capacitación para el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos generados en sistemas cafetaleros del municipio Tercer Frente*. (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agrónomo). Universidad de Oriente.
- Grisales, J. A. (2017). *Evaluación de la percepción de los caficultores sobre el impacto Social, Económico y Ambiental del programa Nespresso AAA en las Empresas Cafeteras del distrito dos del Municipio de Jardín-Antioquia*. (Trabajo monográfico). Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Guevara, Z. R., & Vásquez, R. E. (2019). Caracterización y evaluación de la sustentabilidad de fincas cafetaleras en la localidad de Nuevo Chirimoto, Rodríguez de Mendoza-Región Amazonas. *Revista Pakamuros*, 7(1), 46-55.
- Hidalgo, J. A. (2016). *Vulnerabilidad y adaptabilidad a la variabilidad climática en diversos sistemas cafetaleros en Pacho, Cundinamarca*. (Trabajo de maestría). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
- Jezeer, R., & Verweij, P. (2015). *Café en Sistema Agroforestal: doble dividiendo para la biodiversidad y los pequeños agricultores en Perú*. Hivos.
- Machado, M., Nicholls, C., Márquez, S., & Turbay, S. (2015). Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, con un enfoque agroecológico. *IDESIA*, 33(1), 69-83.
- Martonas, J. (2017). *Funciones de un ecosistema*. Ehowenespañol. <http://www.ehowenespañol.com/funciones-ecosistema-lista-107542/>
- Molinares, C. A., & Castilblanco, A. D. (2015). *Programas de manejo de roya (Hemileia vastatrix) en cinco fincas cafetaleras en condiciones edafoclimáticas del departamento de Matagalpa, segundo semestre 2014*. (Trabajo monográfico para optar al título de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Mórtola, N., Lupi, A., Romaniuk, R., Albarracín, G., & Civeira, G. (2017). *Indicadores de calidad de suelos en Argentina. Recopilación de una década de investigaciones*. En, M. Germán, Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina. INTA.
- Oropeza, M. G., Urciaga, J. I., & Ponce, G. (2015). Importancia económica y social de los servicios de los ecosistemas: una revisión de la agenda de investigación. *Revista Global de Negocios*, 3(2), 103-113.
- Rodríguez, O. (2018). *Factores que inciden en la calidad ambiental de cuatro ecosistemas cafetaleros del municipio Guamá, Santiago de Cuba*. (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agrónomo). Universidad de Oriente.
- Romero, J., Camilo, J., & Escramán, A. (2015). *Prácticas para el mejoramiento de la producción de café y diversificación de la finca cafetalera*. CONIAF-IDIAF.
- Sánchez, S., Mendoza, M. A., & García, R. V. (2017). Diversificación de la sombra tradicional de cafetales en Veracruz mediante especies maderables. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(40), 7-17.