UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

VALORACIÓN DE SERVICIOS ECO SISTÉMICOS DE REGULACIÓN Y SOPORTE EN SISTEMAS SILVOPASTORILES Y BOSQUES EN LA AMAZONIA ECUATORIANA

AUTOR(ES):

Karol Cristina Cambizaca Tinizaray

Michael Ronny Fuentes Vilema

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Carlos Bravo Medina

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

Valoración de servicios eco sistémicos de regulación y soporte en sistemas silvopastoriles y bosques en la amazonia ecuatoriana

Karol Cristina Cambizaca Tinizaray [1]
for2017120@uea.edu.ec
Michael Ronny Fuentes Vilema [2]
mr.fuentesv@uea.edu.ec

Dr. Carlos Bravo Medina, PhD[3]
cbravo@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la tierra, Carrera de Ingeniería Forestal

Resumen

Los Servicios eco sistémicos son considerados beneficiosos ya que son aquellos que aportan los ecosistemas naturales a la sociedad permitiendo mejorar la salud, optimizar la calidad de vida de las personas y la economía. .Las diferentes investigaciones han demostrado que el secuestro de carbono del suelo, proporciona servicios eco sistémicos adicionales a la agricultura, al conservar la estructura y la fertilidad del suelo, mejorar la calidad del suelo, aumentar la eficiencia del uso de los insumos agronómicos y mejorar la calidad del agua mediante la filtración y la desnaturalización de los contaminantes. Metodológicamente se usó un enfoque cualitativo con una investigación tipo documental en el cual se realizó un análisis de diferentes artículos científicos relacionados con los servicios eco sistémico y su respectiva valoración teniendo en cuenta énfasis en los servicios de regulación y soporte en sistemas silvopastoriles y bosques en la amazonia ecuatoriana. Los trabajos relacionados con la valoración económica de servicios eco sistémicos en la amazonia ecuatoriana son muy escasos, sin embargo, se destaca que lo servicios eco sistémicos en sistemas silvopastoriles presenta un alto potencial para prestar servicios ambientales y dependiendo de su diseño y arreglo proporcionan servicios de aprovisionamiento, regulación y soporte. En contexto, el objetivo de este trabajo consistió en levantar información sobre la valoración de los servicios eco sistémico de regulación y soporte en sistemas silvopastoriles y bosques de la amazonia ecuatoriana mediante una revisión documental. Para ello se realizó una investigación en donde se evidencio que la valoración económica del secuestro de carbono y valoración de la fertilidad del suelo fueron los principalescasos de estudio en los temas principales de valoración de servicios eco sistémicos. Puesto que se presentan parámetros tanto físicos como químicos los cuales fueron analizados en distintos usos de tierra y a su vez están presentes parámetros de índices estructurales. Los servicios eco sistémicos además de brindar servicios ambientales son cada vez más el centro de muchas

políticas que utilizan como indicadores de calidad la interacción con la preservación del medio natural creando bienestar humano y el adecuado mantenimiento de los ecosistemas.

Palabras claves: *sistemas silvopastoriles, servicios eco sistémicos, secuestro de carbono.*

Abstract

Ecosystem Services are considered beneficial since they are those that natural ecosystems contribute to society, allowing them to improve health, optimize the quality of life of people and the economy. . Different investigations have shown that soil carbon sequestration provides additional ecosystem services to agriculture, by conserving the structure and fertility of the soil, improving soil quality, increasing the efficiency of the use of agronomic inputs and improving the water quality by filtering and denaturing contaminants. Methodologically, a qualitative approach was used with documentary research in which an analysis of different scientific articles related to ecosystem services and their respective valuation was carried out, taking into account an emphasis on regulation and support services in silvopastoral systems and forests in the Ecuadorian Amazon. The works related to the economic valuation of ecosystem services in the Ecuadorian Amazon are very scarce, however, it is highlighted that ecosystem services in silvopastoral systems have a high potential to provide environmental services and, depending on their design and arrangement, provide environmental services. provisioning, regulation and support. In context, the objective of this work was to collect information on the valuation of ecosystem services for regulation and support in silvopastoral systems and forests in the Ecuadorian Amazon through a documentary review. For this, an investigation was carried out where it was evidenced that the economic valuation of carbon sequestration and valuation of soil fertility were the main case studies in the main topics of valuation of ecosystem services. Since both physical and chemicals which were analyzed in different land uses and in turn are present parameters of structural indices. Ecosystem services, in addition to providing environmental services, are increasingly the focus of many policies that use interaction with the preservation of the natural environment as quality indicators, creating human well-being and the proper maintenance of ecosystems.

Keywords: silvopastoral systems, ecosystem services, carbon sequestration.

1. INTRODUCCIÓN

Los servicios eco sistémicos son beneficios que aportan los ecosistemas naturales a la sociedad permitiendo mejorar la salud, optimizar la calidad de vida de las personas y la economía. Se

puede definir los servicios ambientales o mejor conocidos como eco sistémicos como servicios que resultan del propio funcionamientos de los ecosistemas (Lasso Rivas, 2019).Debido a su importancia los servicios eco sistémicos son cada vez más el centro de muchas políticas nacionales y europeas ya que se utilizan como indicadores de calidad de la interacción con el entorno a la preservación del medio natural lo que causa su uso y el desarrollo sostenible del mismo. Este concepto permite entender de una manera más clara la interdependencia del bienestar humano y el buen mantenimiento de los ecosistemas. En este tema los bosques tropicales del mundo proveen una serie de servicios eco sistémicos críticospor su amplia distribución y elevada diversidad. (Lasso Rivas, 2019).

Como ejemplos claros del tema son la producción de agua limpia, alineación del suelo, regulación del clima y la polinización. Sin embargo, existen diferentes servicios ecos sistémicos, los cuales varían según el beneficio que sugiera entre ellos: Servicios de aprovisionamiento, servicios de regulación, servicios culturales y servicios de soporte. (González-Molina, Trilleras, Pyszczek, & Romero-Duque, 2022).

Con respecto a los métodos de valoración los servicios eco sistemáticos algunos autores lo dividen en valores de usos y no usos, cuya suma da el valor económico total (VET) considerado. (Lasso Rivas, 2019). Además, existen varios métodos para calcular el VET: método de valoración directa del mercado, método de elección abierta y método de preferencia declarada. Al respecto se ha señalado que las experiencias con los programas de evaluación implementados en el sur oeste de Colombia muestran que no todos estos programas pueden considerarse programas de pago de la UE aunque comparten los elementos característicos de dicho enfoque. (Arias, Ruiz, Milla, & Fabio, 2001).

Los sistemas silvopastoriles (SSP), presentan un alto potencial para prestar servicios ambientales que dependiendo de su diseño y arreglos pueden proporcionar servicios de aprovisionamiento, de regulación y de soporte. (Medina, Medina, & Bocardo, 2020). La Conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles, constituye una de las diferentes formas en que estos sistemas pueden ayudar a proteger el medio ambiente. La biodiversidad que proporciona hábitat y recursos para las especies de plantas y animales sirve como algunas especies de caminantes o corredores. Aunque los sistemas SSP tienen a conservar más biodiversidad que los extensos sistemas de pastizales, la biodiversidad es menor que en los hábitats naturales. (Arias, Ruiz, Milla, & Fabio, 2001).

De los trabajos anteriores surgen algunos elementos tales como: Cuantificación y análisis del secuestro de carbono en sistemas silvopastoriles y factores que afectan la tasa de crecimiento, ciclo hidrológico en los sistemas ganaderos, los recursos hídricos pueden ser uno de los recursos

más limitados en el futuro, emisiones de gases de efecto invernadero. Se concluye que en SSP como sistemas de producción ganadera emite grandes cantidades de CO_2, CH_4 Y NO_2, sin embargo, algunos muestran considerables reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero (CREAF, 2016).

En las regiones tropicales, la conversión extensiva de los bosques a los pastos y la intensificación agrícola se identifican típicamente como los más importantes promotores del cambio de uso del suelo, con la consiguiente pérdida de fertilidad, calidad y biodiversidad (Torres et al., 2023) . Además, la intensificación de la agricultura producción y los sistemas de manejo con enfoque de monocultivo tienen efectos profundos en los servicios eco sistémicos proporcionados por el suelo y su biodiversidad (Altieri y Nicholls, 2013).

El secuestro de carbono del suelo, proporciona servicios eco sistémicos adicionales a la agricultura misma, al conservar la estructura y la fertilidad del suelo, mejorar la calidad del suelo, aumentar la eficiencia del uso de los insumos agronómicos y mejorar la calidad del agua mediante la filtración y la desnaturalización de los contaminantes (Bravo et al., 2021) . Por lo tanto, la identificación de sistemas de manejo o usos del suelo para la captura de carbono y la mejora de las condiciones estructurales del suelo pueden restaurar la funcionalidad y productividad del recurso suelo.

Numerosos trabajos tanto a nivel mundial como nacional muestran la capacidad de los sistemas agroforestales para almacenar carbono orgánico en el suelo y como consecuencia mejorar su fertilidad, lo que refleja su potencial para mitigar el cambio climático. Investigadores actuales en Costa Rica, Nicaragua, Colombia y Venezuela muestran que los árboles en los pastizales brindan refugio y alimento para el ganado y la vida silvestre, como el árbol de samán (*Albiza saman*), orejeros, ceiba (*Ceiba pentandra (L.) Gaertn*), maderero negro o matara ratón (*Gliricidia sepium*) se utilizan comúnmente en los pastos para proporcionar sombra y producción de frutos para los humanos, el ganado y la vida silvestre (Chará & Chará, 2020).

En los últimos años algunos investigadores han realizado la evaluación más confiable de la zonificación del suelo y el clima y han obtenido resultados de Modelos de circulación global (GCM), ingenieros y científicos han desarrollado zonificación basada en proyecciones climáticas futuras , que se utilizan cada vez más , desde cultivos anuales y plantaciones forestales , para detallar y analizar estos mapas utilizan proyecciones futuras más allá de los requisitos climáticos de la tierra, incluidos los posibles cambios en la distribución de las lluvias , la duración de las sequias, la temperatura y el comportamiento de las plagas (Leguía, Soudre, & Rugnitz, 2010).

La investigación actual en Colombia sobre la regulación de los servicios eco sistémicos en el agua se da cuando los ecosistemas almacenan agua durante la temporada de lluvias y la liberan lentamente durante los periodos secos, mayor es la capacidad de regular estos procesos, métodos VEA como valoración contingente, costos de trayectoria diferencial, hedónico precios, funciones de producción de salud, etc. algunos se consideran métodos directos, algunos se consideran también métodos indirectos (Rozo, 2022).

Diversos estudios han demostrado que los sistemas silvopastoriles caracterizados por una alta densidad de arbustos forrajeros (4000-40000) plantas/ha) combinados con especies mejoradas de pastos y arboles tienen un efecto positivo en las propiedades físicas, químicas y microbianas del suelo, estos efectos están asociados con una mejor circulación de nutrientes , mayor formación de suelo, protección contra la erosión y mejores condiciones micro climáticas, aumentando así la diversidad de organismos benéficos asociados al suelo (Gonzalo halffter, 2018).

Bajo esta perspectiva, el objetivo de este trabajo consiste en levantar información sobre la valoración de los servicios eco sistémico de regulación y soporte en sistemas silvopastoriles y bosques de la amazonia ecuatoriana mediante una revisión documental.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

El presente estudio se llevó a cabo teniendo un enfoque cualitativo en donde se aplicó el método deductivo ya que este nos ayuda a aplicar reglas en situaciones específicas en lo cual nos sirvió para el análisis de diferentes artículos científicos relacionados con los servicios eco sistémicos y su respectiva valoración, con énfasis en los servicios de regulación y soporte en sistemas silvopastoriles y bosques en la amazonia ecuatoriana.

Como situación global la intensión de realizar una investigación tipo cualitativa consistió en la descripción de las cualidades de un determinado elemento y fenómeno para una mejor explicación subjetiva que nos brinda el ser humano en sus creencias y actividades mediante distintos modelos de investigación como suelen ser biográficos y fenomenológicos (Miranda, Machado, Machado, Brunet, & Duquesne, 2008).

2.1. Tipo de investigación

La investigación realizada es de tipo documental la misma que no está basada en la deliberación de variables cuantitativas. Se llevó a cabo mediante la investigación de documentación científica, conceptos, sucesos o contextos que se dan sin la intervención

directa del investigador, es decir; sin que el investigador altere el objeto de investigación del presente estudio.

2.2. Método de investigación

El método de investigación usado en esta investigación fue de tipo documental ya que se realizó un análisis de algunos documentos los cuales estaban relacionados con el tema propuesto para la investigación. Para llevar a cabo esta investigación se realizó una clasificación de los documentos estudiados en los diferentes espacios de búsqueda como Google Academics, Scielo, Science Direct.

2.3. Criterios de inclusión de literatura científica

2.3.1. Palabras claves para la búsqueda de la información

La búsqueda de información referente al tema propuesto se usó algunas palabras claves para ampliar el rango de búsqueda. Las palabras fueron las siguientes: Servicios eco sistémicos, secuestro de carbono, fertilidad del suelo, valoración económica, ciclos hidrológicos, emisión de gases de efecto invernadero y conservación de la biodiversidad.

2.3.2. Año de publicación

Para el proceso de ampliar los resultados de la presente investigación se seleccionaron documentos científicos publicados en los últimos 5 años.

2.3.3. Selección de datos:

Para obtener buenos resultados con los documentos utilizados en la investigación se tomaron en consideración con algunos aspectos importantes como son:

1. Los artículos científicos y documentos deben contener la información completa para hacer uso correcto en la forma de citar.
2. La información debe estar ligada al tema propuesto en este estudio
3. Los artículos científicos deben contener buena información y ser publicados en revista de alto rango.

2.3.4. Variables a considerar:

1. Servicios eco sistémicos (conceptos, clasificación, tipos)

2. Valoración de servicios eco sistémicos (métodos de valoración de acuerdo al servicio)
3. Antecedentes de estudios o artículos relacionados con valoración de servicios eco sistémicos en sistemas silvopastoriles y bosques.

2.4 Criterios de exclusión de literatura científica

1. Estudios realizados antes de la fecha presente

2. Estudios sin severidad científica

3. Información distinta al tema de la investigación

2.4.1. Codificación de estudios

La información recolectada específicamente fue ordenada, agrupada y encriptada de la siguiente manera:

1. Autor y año
2. Título de investigación
3. Objetivo y tipo de investigación
4. Resultados obtenidos

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La búsqueda de información realizada en diferentes repositorios señalados anteriormente, permitieron la redacción de los resultados y dar cumplimiento del presente estudio. A continuación, se presenta la tabla 1 donde se resume de los estudios seleccionados.

Tabla 1. Artículos científicos recopilados en la revisión bibliográfica.

N°	Autor y año	Titulo	Objetivo y tipo de la investigación	Resultados
1	(Torres et al., 2023)	Evaluación de Reservas de Carbono en Sistemas Silvopastoriles a lo largo de un Gradiente altitudinal: un estudio de productores de ganado en el Reserva de la Biosfera de Sumaco, Amazonía ecuatoriana	Evaluación de las reservas de carbono en los sistemas silvopastoriles de la Amazonía ecuatoriana Experimental	Los árboles dispersos reflejan un alto potencial de captura de carbono en la Amazonía ecuatoriana.

2	(Bernoux Martial et al., 2019)	Herramienta de cálculo del Balance de Carbono Ex-ante (EX-ACT)	Proporcionar estimaciones ex-ante sobre el impacto de la mitigación de proyectos de desarrollo agrícolas o forestales, estimando el balance de Carbono (C) neto proveniente de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de la secuestración de C. -Experimental	La guía técnica describe la estructura de la herramienta la cual ofrece detalles sobre su contexto científico para que el usuario comprenda la lógica de esta herramienta y los resultados de su cálculo
3	(Paulick Sebastián et al., 2017)	Los flujos de carbono en diferentes etapas sucesionales: modelando la dinámica de bosques montanos tropicales en el sur de Ecuador	Analizar cómo cambia el balance de carbono durante la sucesión forestal. -Experimental	los modelos forestales basados en procesos en combinación con los inventarios forestales son una herramienta útil para investigar el balance de carbono de los bosques tropicales a escala local
4	(Ramírez, 2007)	Contribución ecológica y cultural de los sistemas silvopastoriles para la conservación de la biodiversidad en Matiguás, Nicaragua	Explorar el conocimiento ecológico local sobre el aporte de los sistemas silvopastoriles para la conservación de la biodiversidad y determinar la influencia de la composición florística, el manejo de los sistemas silvopastoriles y su distancia a los fragmentos de bosques sobre la	El estudio identificó factores claves que pueden ser aprovechados por instituciones que trabajan en temas de conservación y desarrollo en la zona.

			diversidad, la riqueza y la abundancia de avifauna, en un agro paisaje de Matiguás, Nicaragua. -Experimental	
5	(Contreras, 2021)	Sistemas silvopastoriles: mitigación de gases de efecto invernadero, bosque-Colombia.	Cuantificar los servicios eco sistémico ofrecido por cuatro SSP en comparación con una pradera con gramíneas, en el valle medio del río Sinú, en Colombia. -Experimental	Los sistemas silvopastoriles (SSP) en la producción intensiva ganadera en el valle medio del rio Sinú, mejoraron significativamente las propiedades fisicoquímicas del suelo (alta porosidad, baja compactación, alta materia orgánica, alta CIC y bases de intercambio, baja concentraciones de hidrogeniones, etc.).
6	(Kabindra adhikari, 2016)	Vinculando los suelos a los servicios eco sistémicos.	Contribuir a la comprensión científica sobre el suelo y los servicios ecos sistémicos y sus interrelaciones, resaltar la contribución de los suelos para una gama de servicios eco sistémicos, y apoyar un marco trabajo para la investigación de ecosistemas centrándose en los suelos. -Experimental	La vinculación de los servicios entorno al clima y el uso de la tierra en los suelos, junto con las demandas cambiantes a lo largo del tiempo, modifican los procesos fisicoquímicos del suelo y conducen a un conjunto diferente de funciones o servicios como la biota oculta y su comportamiento funcional mediante la clonación de meta genoma del suelo y sus correlaciones posiblemente podrían ayudar a identificar nuevas funciones o servicios.
7	(Sotelo, 2017)	Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico.	Establecer cadenas productivas de la agricultura ambientalmente sustentables, donde se consiga mejorar los indicadores de bienestar de los pobladores de la	La implementación de sistemas silvopastoriles unidos a una serie de buenas prácticas de manejo ganadero han mostrado resultados

			región, aprovechando la biodiversidad propia del bioma amazónico de una manera responsable. -Experimental	exitosos para el mejoramiento de la productividad y la rentabilidad, la generación de servicios eco sistémicos, la reducción de la huella de carbono y la adaptación al cambio climático frente a la ganadería basada en enfoques tradicionales.
8	(Hernández, 2021)	Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en los Llanos Orientales de Colombia.	El estudio estimó el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea, necromasa y carbono orgánico del suelo bajo SAF con cacao (SAF cacao), SAF con café (café SAF), sistemas silvopastoriles (SSP) y bosque en el municipio de Mesetas, Meta (Colombia). -Experimental	El almacenamiento de carbono resalta el potencial en los sistemas productivos de mayor importancia encontrando la acumulación en el bosque como en: SAF cacao, SSP Y SAF café, respectivamente. Fabaceae, Lauraceae y Primulaceae.
9	(Poder, 2014)	Servicios eco sistémico y agricultura: compensaciones y sinergias.	Valorización de los servicios de los ecosistemas para diseñar políticas e incentivos para una mejor gestión de los ecosistemas y los recursos naturales. -Experimental	Los sistemas agrícolas proporcionan servicios ecosistémicos de aprovisionamiento que son esenciales para el bienestar humano ya que proporcionan y consumen una variedad de otros servicios ecosistémicos, incluido los servicios de regulación y los servicios que respaldan el aprovisionamiento.

10	(Bravo et al., La estructura del suelo y el secuestro de carbono como servicios ecosistemicos bajo diferentes usos del suelo en la amazonia ecuatoriana, 2017)	La estructura del suelo y el secuestro de carbono como servicios eco sistémicos bajo diferentes usos del suelo en la Amazonía ecuatoriana.	Caracterizar índices estructurales y el potencial de secuestro de carbono bajo diferentes usos del suelo en la Amazonía ecuatoriana. -Experimental	Los índices estructurales estudiados como densidad aparente (BD), porosidad total(Tp),porosidad de aireación(Ap),porosidad de retención (Rp),conductividad hidráulica saturada(Kse sentó)ayudan a caracterizar diferentes procesos en el suelo(compactación, aireación, infiltración),que pueden verse afectados por el cambio de uso del suelo.
11	(Torres, 2015)	Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socio ecológicos: aplicación en agro ecosistemas.	Determinar los métodos para identificar, cualificar y cuantificar los servicios eco sistémico y sus relaciones con la biodiversidad. -Experimental	Los servicios eco sistémicos pueden convertirse en un soporte para la decisión acertada, en términos de gestión y de política ante la demanda creciente de biodiversidad y sus recursos. Dada la complejidad de los sistemas socio ecológico, que permiten en una situación determinada, entender la retroalimentación entre el sistema natural y el sistema social.
12	(Noah Noumi, 2017)	Diversidad florística, almacenamiento de carbono y servicios ecológicos de los agro sistemas de eucalipto en Camerún.	Evaluar los servicios ecológicos de los rodales de eucalipto para permitir a los pequeños productores el acceso al mercado de créditos de carbono.	Las condiciones socio económicas y ambientales de plantaciones de eucalipto en términos de suministro de madera y energía y reducción de la presión sobre los bosques naturales, este estudio mostró su importancia ecológica en términos de

			-Experimental.	capacidad de captura de carbono y agro biodiversidad.
13	(DA Robinson, 2012)	Capital natural y servicios eco sistémicos, desarrollando un marco de suelo apropiado como base para la valoración.	Determinar los enfoques de la economía ecológica con conceptos ecológicos y de suelo en un marco de capital natural, flujo de existencias y servicio de fondos pertinente a los suelos. -Experimental.	La investigación estudiada del capital natural está en los suelos, mostrando que el enfoque del sistema terrestre y los principios de la cadena de suministro de los ecosistemas son ampliamente aplicables al enfoque de los ecosistemas y brindan claridad en términos de dónde se derivan los bienes y servicios.
14	(Silke Cram, 2007)	Identificación de los servicios ambientales potenciales de los suelos en el paisaje urbano del Distrito Federal.	Evaluación de la situación actual de los suelos en el Distrito Federal y sus servicios ambientales potenciales. -Experimental.	Conforme al diagnóstico el manejo mas recomendable debiera orientarse a la protección de los fragmentos de suelo libre de construcciones adjudicándole la función de área verde, esto incrementara su potencial en la captura de carbono, la producción de oxígeno, la cantidad de sombra, el control de humedad y temperatura.
15	(Vallejo, 2013)	Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencia en sistemas silvopastoriles.	Mejorar o conservar la fertilidad y la productividad del suelo, garantizando la sustentabilidad del agro ecosistema.	El propósito del presente manuscrito es explorar y revisar la literatura relacionada con el concepto de calidad de suelo y con los principios teóricos que fundamentan la utilización de indicadores de calidad con especial énfasis en los

				microbiológicos en sistemas silvopastoriles.
16	(Barroso-Tagua, 2018)	Calidad y servicio eco sistémico del recurso suelo bajo distintos usos de la tierra en Rukullakta Archidona	Caracterizar la calidad y los servicios eco sistémicos del recurso suelo mediante parámetros ambientales bajo diferentes usos de tierra en Rukullakta, Archidona	El índice de calidad del suelo en distintos usos de tierra fue muy similar variando de moderado a bajo para el horizonte superficial y subsuperficial respectivamente
17	(Guallo-Aguinda, 2018)	Secuestro de carbono como servicio eco sistémico en distintos usos del suelo en la cuenca media del río Napo, región Amazónica Ecuatoriana	Caracterizar el secuestro de carbono como servicio eco sistémico en tres usos de la tierra (sistema agroforestal, monocultivo, y un bosque secundario) ubicados en la cuenca media del río Napo, región Amazónica ecuatoriana	El potencial de carbono total almacenado en los diferentes usos de la tierra, presentó un mayor índice en el bosque secundario 158,77 Mg ha-1, lo cual favorece a otros servicios eco sistémicos asociados a una alta presencia de materia orgánica.

Fuente: Elaboración propia.

En los estudios recopilados para la presente investigación se evidencio que la valoración económica del secuestro de carbono y valoración de la fertilidad del suelo fueron los principales casos de estudio en los temas principales de valoración de servicios eco sistémicos. Debido a que estos estudios presentan parámetros tanto físicos como químicos los cuales fueron analizados en distintos usos de tierra como son Bosque primario de conservación (BPC), Bosque secundario (BS), Bosque bajo aprovechamiento (BAM) y Chakra estos fueron evaluados en función de la profundidad y el uso correctamente.

Valoración económica del secuestro de Carbono y la fertilidad del suelo en la Amazonia ecuatoriana

A manera de ejemplificar la valoración económica del secuestro de carbono y la fertilidad los siguientes trabajos muestran diferencias en función del cambio de uso de la tierra.

Al respecto (Barroso-Tagua, 2018) bajos distintos usos de tierra encontraron valores promedios de 27,38 a 45,52 Mg C ha^{-1} en las dos profundidades (Tabla 2), con mayores valores en BAM y BS para la primera profundidad y Chakra y BAM en la segunda profundidad, indicando diferencias de acuerdo al uso y destacando el potencial de la Chakra para el secuestro de carbono.

Tabla 2. Secuestro de Carbono en el suelo bajo distintos usos de la tierra

Uso de la Tierra	**Mg C ha^{-1} 0-10 cm**	**Mg C ha^{-1} 10-30 cm**
Bosque Primario de Conservación (BPC)	25,39	40,15
Bosque bajo aprovechamiento de Madera (BAM)	29,62	47,80
Bosque Secundario (BS)	29,41	43,99
CHAKRA	25,12	50,13
Promedio	27,38	45,52

Fuente: Barroso-Tagua, 2018.

La valoración económica del dióxido de carbono estimadas a partir de las toneladas de carbono (Mg C ha^{-1}) secuestrado por los distintos usos de la tierra (Tabla 3), resultó en variaciones económicas oscilando de 1397,48 (BPC) a 1631 $ (BAM) en el horizonte superficial y de 2210, 33 (BPC) a 2759 $ (Chakra) en la segunda profundidad (Barroso-Tagua, 2018). Concluye que los resultados obtenidos pueden servir de referencia como propuesta para políticas de incentivos para los dueños de finca de manera de acceder a mecanismos de pago como es el bono de carbono por preservar el ecosistema.

Tabla 3. Valor económico por captura de CO_2 bajo diferentes usos de tierra**.**

Usos de la Tierra	Mg C ha^{-1}	Mg CO_2/ha	$ CO_2/ha
0-10 cm			
BPC	25,39	93,17	**1397,48**
BAM	29,62	108,71	**1630,63**
BS	29,41	107,93	**1618,98**
CHAKRA	25,12	92,20	**1382,94**
10-30 cm			
BPC	4,17	147,36	**2210,43**
BAM	4,85	175,43	**2631,48**
BS	4,00	161,45	**2421,76**
CHAKRA	4,23	183,97	**2759,50**

Fuente: Barroso-Tagua, 2018. Bosque Primario de Conservación (BPC); Bosque bajo aprovechamiento de Madera (BAM); Bosque Secundario (BS).

A pesar de los bajos niveles de fertilidad del recurso suelo, al realizar la valoración económica de la fertilidad del suelo a través de la disponibilidad de distintos nutrientes como: Nt, P, K^{+1}, Ca^{+2}, Mg^{+2} y CO, se determinó que independientemente del uso de la tierra el mayor aporte económico de la fertilidad es proporcionado por el componente orgánico (Tabla 4), mientras que el contenido de fósforo disponible fue el elemento con menor aporte (Barroso-Tagua, 2018).

Tabla 4. Valoración económica de la fertilidad del Suelo y Carbono total bajo diferentes usos de tierra a en el horizonte superficial.

Usos de la Tierra	$ kg Ni/ha	$ Kg K_2O/ha	$ Kg P_2O_5/ha	$ kg Ca/ha	$ kg Mg/ha	$ Mg MO/ha	Valor Económico Total $ ha
BPC	17,13	26,51	0,31	47,73	15,29	4376,49	4.483,46
BAM	19,99	28,03	0,56	28,07	11,91	5106,63	5.195,19
BS	19,85	37,33	1,12	49,43	26,43	5070,15	5.204,32
CHAKRA	16,96	45,79	1,46	67,02	22,45	4330,96	4.484,64
Total	$ 73,93	$ 137,66	$ 3,45	$ 192,24	$ 76,08	$ 18.884,23	**$ 19.367,60**

Fuente: Barroso-Tagua, 2018. Bosque Primario de Conservación (BPC); Bosque bajo aprovechamiento de Madera (BAM); Bosque Secundario (BS).

Concluye, que los resultados están asociados a la característica de los suelos amazónicos los cuales normalmente tienen altos contenidos de materia orgánica y baja disponibilidad de nutrientes, principalmente fósforo (Bravo et al., 2021)

Por otra parte, (Guallo-Aguinda, 2018) en su trabajo sobre valoración económica del secuestro de carbono y la fertilidad del suelo como servicios eco sistémicos bajo distintos usos de la tierra en la Amazonía ecuatoriana, concluye que la capacidad de retención de carbono de los suelos está relacionada de forma directa con el uso del suelo, afectando las emisiones de CO_2 y así contribuir con la mitigación del cambio climático (Tabla 5).

Tabla 5. Valoración económica (VE) del secuestro de carbono y fertilidad del suelo bajo distintos usos de la tierra en la amazonia ecuatoriana.

Uso del suelo	COT Mg Ha^{-1}	VE \$ ha^{-1}	Nitrógeno Nt kg ha^{-1}	VE \$ ha^{-1}	Fósforo (P_2O_5) kg ha^{-1}	VE (\$)	Potasio (K_2O) kg ha^{-1}	VE \$ ha^{-1}	VET \$ ha^{-1}
CAF1	42,38	5297,21	16,95	18,31	6,45	6,13	128,61	149,19	5470,84
CAF2	46,57	5820,73	18,63	20,12	13,94	13,25	109,71	127,26	5981,35
CAF3	48,69	6086,21	19,48	21,03	12,51	11,88	126,40	146,63	6265,75
CMC1	49,70	6211,89	19,88	21,47	6,42	6,10	153,49	178,05	6417,50
CMC2	56,66	7082,04	22,66	24,48	12,41	11,79	303,53	352,10	7470,40
CMC3	70,82	8852,28	28,33	30,59	2,60	2,47	48,53	56,29	8941,63
BS	58,68	7334,93	23,47	25,35	1,51	1,44	34,89	40,47	7402,18

Fuente: Guallo-Aguinda, 2018. Elaboración propia. CAF: Cacao agroforestal; CMC: Cacao monocultivo; BS: Bosque secundario; Carbono orgánico total (Mg C ha^{-1}); Nitrógeno total (kg Nt ha^{-1}); Cantidad de fósforo (Kg P ha^{-1}); Cantidad de potasio (Kg K ha^{-1}). Precio de mercado \$ por Mega gramos (Mg).

Se puede apreciar que los resultados de la valoración económica (VE) de la fertilidad coinciden con lo reportado por (Barroso-Tagua, 2018), es decir del valor económico total (VET), el contenido de carbono orgánico total contribuye en mayor proporción económica que el resto de los componentes asociados a la fertilidad indiferentemente del uso del suelo. Los diferentes estudios concluyen que la capacidad de retención de carbono de los suelos está relacionada de forma directa con el uso del suelo, afectando las emisiones de CO_2 y así contribuir con la mitigación del cambio climático.

4. CONCLUSIONES.

Los servicios eco sistémicos además de brindar servicios ambientales son cada vez más el centro de muchas políticas que utilizan como indicadores de calidad de la interacción con la preservación del medio natural, bienestar humano y el buen mantenimiento de los ecosistemas.

La valoración de los servicios eco sistémicos en sistemas silvopastoriles indica que presenta un alto potencial para proporcionar servicios de aprovisionamiento, regulación y soporte, lo cual depende de su diseño y arreglo. Los árboles dispersos con pastizales como modalidad de sistemas silvopastoriles reflejan un alto potencial de captura de carbono en la Amazonía ecuatoriana.

Finalmente, se evidencia que pesar de las características de la fertilidad de los suelos en la Amazonía ecuatoriana, la materia orgánica y el contenido de nitrógeno total son los que aportan mayor valor económico con respecto al fosforo disponible y el potasio intercambiable.

5. REFERENCIAS

Arellano et al. (2018). Evaluación y tendencias de los servicios ecosistemicos hidrologicos. *Scielo*.

Arias, K., Ruiz, C., Milla, M., & Fabio, H. &. (2001). *Almacenamiento de carbono por Gliricidia sepium en sistemas agroforestales en Yaracuy, Venezuela.* Yaracuy: Livestock Research for Rural Development. doi:http://www.lrrd.org/lrrd13/5/ruiz135.htm

Barroso-Tagua, R. J. (2018). Calidad y Servicio ecosistemico del recurso suelo bajo distintos usos de la tierra. *Universidad estatal amazonica*, 53.

Bernoux Martial et al. (23 de noviembre de 2019). *Herramienta de cálculo de carbono*. Obtenido de Herramienta de cálculo de carbono: file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Herramienta%20de%20c%C3%A1lculo%20del%20CarbonoFAO%20(3)%20resultados%20(1).pdf

Bravo et al. (2017). La estructura del suelo y el secuestro de carbono como servicios ecosistemicos bajo diferentes usos del suelo en la amazonia ecuatoriana. *Modec, 3*(339), 8. doi:http://sciforum.net/conference/mol2net-03

Bravo et al. (2021). Calidad y servicio ecosistémico del recurso suelo bajo distintos usos. *Universidad estatal amazonica*, 65.

Chará, A., & Chará, J. (2020). Efecto de los sistemas silvopastoriles sobre la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos en agropaisajes tropicales. *Livestock Research for Rural Development, 32*(360), 7. doi:http://www.lrrd.org/lrrd32/11/ana32184.html

Contreras, L. (04 de 04 de 2021). *Sistemas silvopastoriles*. Obtenido de Sistemas silvopastoriles: https://www.redalyc.org/journal/437/43768194014/html/

CREAF. (16 de 02 de 2016). *Qué son los servicios ecosistémicos*. Obtenido de Qué son los servicios ecosistémicos: https://blog.creaf.cat/es/conocimiento/que-son-los-servicios-ecosistemicos/

DA Robinson, N. H. (2012). Capital natural y servicios ecosistémicos, desarrollando un marco de suelo. *ELSEVIER, 57*(8), 11. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.09.008

Flores Delgado Dixon Fabian et al. (2018). Estudio de los sistemas silvopastoriles como. *Scielo*, 10.

Gary, G. A. (2018). SECUESTRO DE CARBONO COMO SERVICIO ECOSISTÉMICO. *Universidad estatal amazonica*, 62.

González-Molina, H. Z., Trilleras, J. M., Pyszczek, O. L., & Romero-Duque, L. P. (2022). *Restauración ecológica participativa y servicios ecosistémicos culturales: una relación necesaria.* Acta Botanica Mexicana. doi: https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1929.

Gonzalo halffter, M. c. (2018). *Ganaderia sustentable en el golfo de méxico.* Colombia. doi:http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wp-content/uploads/2019/01/Libro-Ganaderia-sustentable-eISBN-a.pdf

Guallo-Aguinda, N. G. (2018). Secuestro de Carbono como serviciio ecosistemico en distintos usos del suelo en la cuenca media del rio Napo ,region Amazonica Ecuatoriana. *Universidad estatal Amazonica*, 61.

Hernández, H. (2021). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en los llanos orientales de colombia. *Revista de biologia tropical, 15*(346), 7. doi:http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42959

Kabindra adhikari, A. E. (2016). *Vinculando los suelos a los servicios ecosistemicos.* Wisconsin ,Estados Unidos: file:///C:/Users/hp/Downloads/Linking-soils-to-ecosystem-services---A-global-review_2016_Geoderma%20(2)%20resultados.pdf.

Lasso Rivas, N. L. (2019). *Valoración de servicios ecosistémicos y algunas experiencias en el occidente colombiano.* Sabia Revista Científica. doi:https://doi.org/10.47366/sabia.v5n1a12

Leguía, E., Soudre, M., & Rugnitz, M. (2010). *Predicción y evaluación del impacto del cambio climático sobre los sistemas.* https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Impacto/108.pdf.

Maria, A. J. (25 de 11 de 2017). *Servicios Ecosistémicos*. Obtenido de Servicios Ecosistémicos: https://www.restauraciondeecosistemas.com/que-son-los-servicios-ecosistemicos/

Medina, C. E., Medina, Y. K., & Bocardo, E. F. (2020). *Valoración económica del secuestro y almacenamiento de carbono en la puna seca del suroeste del Perú.* Arequipa: Bosque (Valdivia).

Miranda, T., Machado, R., Machado, H., Brunet, J., & Duquesne, P. (2008). *Valoración económica de bienes y servicios ambientales en dos ecosistemas de uso ganadero.* Maracay: Zootecnia Tropical. doi:http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000300005

Noah Noumi, A. D. (2017). Diversidad florística, almacenamiento de carbono y servicios. *CrossMark, 68*(2), 12. doi:http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i2.37579

Orellana, G. A. (2022). *Manual para el estudio de la fertilidad del suelo.* Orellana.

Paulick Sebastián et al. (18 de febrero de 2017). *Los flujos de carbono en diferentes etapas*. Obtenido de Los flujos de carbono en diferentes etapas: file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/The%20carbon%20fluxes%20in%20different%20successional%20(1)%20(1).pdf

Poder, A. G. (2014). *Servicios ecosistemicos y agricultura: compensaciones y sinergias.* Obtenido de https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/a39c7096-0eae-4f2e-bb37-aed094187854/content

Ramírez, L. (7 de agosto de 2007). *Contribución ecológica y cultural de los sistemas silvopastoriles*. Obtenido de Contribución ecológica y cultural de los sistemas silvopastoriles: file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Contribuci%C3%B3n%20ecol%C3%B3gica%20y%20cultural%20de%20los%20sistemas%20silvopastoriles%20nicaragua.pdf

Rozo, Y. Y. (2022). Valoración del servicio ecosistémico regulación hídrica en el Piedemonte Amazónico, Caquetá, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 25*(1), 5. doi:http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262022000100015

Silke Cram, H. C. (28 de noviembre de 2007). Identificación de los servicios ambientales potenciales de los suelos. *Investigaciones Geográficas, 188*(66), 24. doi:https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112008000200006#:~:text=Los%20servicios%20ambientales%20otorgados%20por,mantienen%20alg%C3%BAn%20tipo%20de%20vegetaci%C3%B3n.

Sotelo, M. (2017). *Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazonico.* Cali. doi:file:///C:/Users/hp/Downloads/traductor%20de%20articulos%20cientificos/seleccionados/CIAT_VISION_AMAZONIA_SISTEMAS_SILVOPASTORILES%20(1).pdf

Torres et al. (27 de 12 de 2023). Evaluación de Reservas de Carbono en Sistemas Silvopastoriles. *MDPI, 1*(445), 14. doi:https://doi.org/10.3390/su15010449

Torres, M. (2015). Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas. *Orinoquia, 29*(167), 16. doi:http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v19n2/v19n2a11.pdf

Valera, V., & Carvajal, N. (2014). *Valoración económica del secuestro de carbono en un sector del Parque Nacional Waraira Repano (Caracas, Venezuela)/Economic evaluation of carbon sequestration in an area located at national park Waraira repano (Caracas, Venezuela).* Caracas: Anales de la Universidad Metropolitana. doi:https://www.researchgate.net/publication/327405751_Valoracion_economica_del_secuestro_de_carbono_en_un_sector_del_Parque_Nacional_Waraira_Repano_Caracas_Venezuela

Vallejo, V. (2013). Importancia y utilidad de la evaluacion de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencia en sistemas silvopastoriles. *Colombia forestal, 16*(1), 7. doi:https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2013.1.a06

6. ANEXOS

Marco teórico

Consideraciones generales de los servicios eco sistémicos

Definición de Servicios eco sistémicos

Definidos de manera muy sencilla, los servicios eco sistémicos, servicios de los ecosistemas o servicios ambientales, son los beneficios que las personas obtienen de la naturaleza. Estos beneficios pueden ser en forma de Valores, Bienes o Servicios, como veremos a continuación. Pero los tres tipos de beneficios se consideran servicios eco sistémicos (Maria, 2017).

La definición de los servicios eco sistémicos, servicios del ecosistema o servicios ambientales más empleada y aceptada es la propuesta por la ONU en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millenium Ecosystem Assessment) en el 2005, siendo los beneficios que aportan los ecosistemas a los seres humanos para realizarse en todas sus facetas. Dichos beneficios pueden ser recibidos en forma de valores (servicio cultural), bienes (servicio de aprovisionamiento) o de servicio (servicio de regulación). (Contreras, 2021).

Tipos de Servicios eco sistémicos

Servicio eco sistémico de soporte: como la biodiversidad y los procesos naturales del ecosistema, que garantizan buena parte de los anteriores. (CREAF, 2016).

Servicio eco sistémico de aprovisionamiento: son aquellos referidos a la cantidad de bienes o materias primas que un ecosistema ofrece, como la madera, el agua o los alimentos.

Servicio eco sistémico de regulación: son aquellos que derivan de las funciones clave de los ecosistemas, que ayudan a reducir ciertos impactos locales y globales (por ejemplo la regulación del clima y del ciclo del agua, el control de la erosión del suelo, la polinización) (CREAF, 2016).

Servicio eco sistémico cultural: son aquellos que están relacionados con el tiempo libre, el ocio o aspectos más generales de la cultura.

Los servicios eco sistémicos, por tanto, combinan la preservación del medio natural a la vez que se hace un uso y desarrollo sostenibles. (CREAF, 2016).

Sistemas Silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles son agro ecosistemas en los que se asocia a propósito, en un mismo sitio, un componente arbóreo (árboles, arbustos, palmas y otros) con uno herbáceo (cultivos, pasturas) y un componente pecuario como el ganado, principalmente, buscando interacciones biológicas entre estos componentes, con el objetivo de maximizar el uso que se le brinda a la tierra . Al desarrollar una mezcla de arbustos forrajeros, árboles y pastos con la producción bovina, los sistemas silvopastoriles representan una buena alternativa para contribuir con la mitigación del efecto que ocasiona la actividad ganadera sobre el medioambiente debido a que estos sistemas se caracterizan por ayudar a conservar la cubierta vegetal, aportando fertilidad conel paso del tiempo, así como también por contribuir con la producción animal, al generar rentabilidad. (Flores Delgado Dixon Fabian et al., 2018).

Ventajas de los Sistemas Silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles permiten obtener múltiples beneficios, dentro de los cuales se destacan los siguientes:

-Mejorar la fertilidad del suelo. La integración de arbustos y árboles (leñosas perennes) en la producción ganadera ayuda a enriquecer la estructura del suelo. Implementar el uso de gramíneas junto con los árboles o arbustos posibilita que parte considerable de nutrientes que son extraídos del suelo sean devueltos a este por medio de la defecación de los animales sobre el suelo y el follaje, y mediante los residuos de pastoreo; se destaca que gran cantidad de la evacuación de la materia orgánica ayuda a reformar las propiedades físicas que presenta el suelo, pudiéndose ver alterada la estructura. (Chará & Chará, 2020).

-Mejorar la actividad de la micro fauna y la macro fauna. Gracias a que el suelo contiene materia orgánica y a las condiciones climáticas generadas por los árboles, la acción biológica de la fauna se ve favorecida, trayendo como consecuencia un incremento en la mineralización y el nitrógeno disponible en el suelo. (CREAF, 2016).

Aportes de los sistemas silvopastoriles al ambiente

Los sistemas silvopastoriles se han dado a conocer por desarrollarse mediante el uso de tecnologías que involucran el progreso de los sistemas ganaderos al mismo tiempo que proporcionan beneficios ambientales por medio de técnicas que se emplean en las diferentes actividades agrícolas en las que se aprecian los árboles y los arbustos como componentes esenciales para la industria animal, teniendo en cuenta que estos ayudan a aumentar la calidad y el rendimiento de los pastos, contribuyen con la reducción de la emanación de gases efecto invernadero y, a su vez, interceden en la conservación de la biodiversidad, al amparar las cuencas

hídricas y enriquecer las propiedades biológicas y fisicoquímicas del suelo. (Flores Delgado Dixon Fabian et al., 2018).

Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo se refiera a la capacidad de sustentar el crecimiento óptimo de las plantas siendo así producir los nutrientes que ellas necesitan para su correcto desarrollo.

En general se puede definir la fertilidad del suelo como la capacidad que tiene un terreno para sustentar el crecimiento y rendimiento óptimo de los cultivos esto se puede potencializar por medio de fertilizantes orgánicos e inorgánicos los cuales sirvan de nutrientes para el suelo. (Orellana, 2022).

Una de las características principales del suelo fértil es la riqueza de los nutrientes ya que estos son el alimento de las células de los organismos para producir la energía que se requiere para el crecimiento y reparación de la planta. (Orellana, 2022).

Secuestro de carbono

El secuestro de carbono o captura de carbono en el suelo, es la separación del carbono de la atmósfera por medio del proceso de la fotosíntesis de las plantas y su acumulación en piscinas de larga duración de carbono con formas estables de C orgánico e inorgánico y materia orgánica, como raíces y microorganismos de larga vida en el suelo (Gary, 2018).

Uno de los métodos más comunes que se aplica para determinar carbono en el suelo es el método de Walkley y Black, aunque este método tiene algunas limitaciones, es altamente recomendado cuando se requiere conocer el contenido total de carbono (COT) a diferentes profundidades, y transformar los datos tomando en consideración la densidad aparente (Da) y la pedregosidad del suelo (Gary, 2018).

Valoración del secuestro de carbono como servicio eco sistémico

El desconocimiento del beneficio ambiental y los costos económicos de la degradación de los recursos naturales, puede resultar una de los importantes orígenes de la creciente sobrexplotación y deterioro de los ecosistemas Dicho ecosistema es el sustento de las actividades económicas, ya que suministran materias primas para los procesos lucrativos Uno de los temas que está en discusión es la valoración a los servicios eco sistémicos (Gary, 2018).

Los servicios relacionados por un ecosistema deben ser reconocidos, clasificado, y luego valorado económicamente. Aquella valoración constantemente se basa en valores antropocéntricos, es decir, el valor de los humanos. Estos valores se dividen en dos condiciones: uso y no uso. En cuanto a los valores de uso se dividen en tres categorías: opción, directo e indirecto. Para la captura de carbono, se aplica a los valores de uso indirecto, los cuales encierran valores afines a servicios de regulación como la mitigación de inundaciones o control de plagas y enfermedades. (Gary, 2018).

Potencial de secuestro de carbono de sistemas agroforestales

Estos sistemas agroforestales (SAF) involucran a especies leñosas perennes como los árboles y arbustos los cuales interactúan con los cultivos, herbáceas forrajeras y animales, en un esquema complejo .Bajo un sistema tecno-productivo ofrece ventajas 10 en comparación de otros sistemas de uso, como la productividad biofísica, la elevación de beneficios globales y evidencias socioeconómicas (Lasso Rivas, 2019). Bajo este contexto se deben desarrollar y probar, en diferentes contextos socioeconómicos, métodos para el manejo de incentivos financieros en el acogimiento y mejoramiento de los SAF para favorecer el uso de la tierra. Los sistemas agroforestales se muestran como una adecuada alternativa para el desarrollo sostenible en el sector agropecuario, y como sustanciales sumideros de carbono, demostrando sus ventajas en términos de captura. A su vez, optimizan actividades productivas, constituyendo una estrategia viable para detener el avance de la frontera agrícola (Gary, 2018).