

EVALUACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS AGROFORESTALES SUSTENTABLES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y BAMBÚ (*Guadua angustifolia* K.), MONTALVO, ECUADOR

EVALUATION AND PLANNING OF SUSTAINABLE AGROFORESTAL SYSTEMS OF CACAO (*Theobroma cacao* L.) AND BAMBÚ (*Guadua angustifolia* K.), MONTALVO, ECUADOR

DOI.....

AUTORES: Antonio Alcívar-Torres¹

Guillermo García-Vásquez^{2*}

Dalton Cadena-Piedrahita³

Viviana Sánchez-Vásquez⁴

Fecha de recepción: 13 / 09 / 2019

Fecha de aceptación: 02 / 10 / 2019

RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los principales cultivos del Ecuador; sin embargo, los sistemas de producción deben ser evaluados bajo los conceptos de sustentabilidad, los cuales enfatizan el manejo integral y de asociación entre los componentes que pueden intervenir favorablemente, tal es el caso de la Guadua (*Guadua angustifolia* k.), especie no maderable que puede ser utilizada en el establecimiento de sistemas agroforestales con cacao. La investigación se realizó sobre los sistemas de producción de cacao orgánico, cacao convencional y guadua en el cantón Montalvo, Provincia de Los Rios-Ecuador, para lo cual se utilizó una metodología multicriterio; se construyeron indicadores de evaluación para las dimensiones Ecológica, Económica y Social. Los sistemas de cacao orgánico y cacao convencional no fueron sustentables en la evaluación de la dimensión ecológica, señalando como particular indicador el almacenamiento de Carbono, tanto para las variables de Biomasa como Suelo. Los cultivos en estudio presentan sistemas de producción de tipo monocultivo y ninguno presenta diseños agroforestales, por lo que se propone un diseño compuesto por cacao como cultivo principal, Caoba (*Swietenia macrophylla* K.) como especie maderable, Guaba (*Inga edulis* M.) como especie frutal, Centrosema (*Centrosema macrocarpum* B.) como especie de cobertura y de protección del suelo y Guadua como especie de barrera viva particularmente en cacao orgánico; así también se considera la generación y corroboración de fórmulas alométricas para las especies propias de la zona en estudio.

*Magister en docencia y Currículo. Universidad Técnica de Babahoyo, lalcivar@utb.edu.ec¹

Magister en Desarrollo y Medio Ambiente. Universidad Técnica de Babahoyo, ggarcia@utb.edu.ec²

Magister en Administración de Empresas. Universidad Técnica de Babahoyo, pcadenamail@utb.edu.ec³

Magister en Gestión de la Productividad y la calidad. Universidad Técnica de Babahoyo: csanchez@utb.edu.ec⁴

Palabras clave:

Cacao, Guadua, Sistema Agroforestal, Sustentabilidad.

ABSTRACT

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is one of the main crops of Ecuador; nevertheless, the production systems must be evaluated under the concepts of sustainability, which emphasize the integral management and association between the components that can intervene favorably, such as Guadua (*Guadua angustifolia* k.), non-timber species which can be used in the establishment of agroforestry systems with cocoa. The research was carried out on the production systems of organic cocoa, conventional cocoa and guadua in Montalvo, Province of Los Rios-Ecuador, for which multicriteria methodology was used; evaluation indicators were constructed for the Ecological, Economic and Social dimensions. The systems of organic cocoa and conventional cocoa were not sustainable in the evaluation of the ecological dimension, pointing out as a particular indicator the storage of Carbon, both for the variables of Biomass and Soil. The crops studied present production systems of monoculture type and none present agroforestry designs, so a design composed of cocoa as the main crop, Caoba (*Swietenia macrophylla* K.) as timber species, Guaba (*Inga edulis* M.) is proposed as fruit species, Centrosema (*Centrosema macrocarpum* B.) as a species of cover and soil protection and Guadua as a species of living barrier particularly in organic cocoa; thus, the generation and corroboration of allometric formulas for the species specific to the area under study is also considered.

Keywords:

Cocoa, Bamboo, Agroforestry System, Sustainability.

INTRODUCCIÓN

En el mundo existen alrededor de 400 millones de hectáreas manejadas bajo sistemas agroforestales (SAF), los cuales se pueden definir como aquellos que incluyen un conjunto de técnicas de manejo de tierra para combinar cultivos, ganado, o ambos, y el bosque; pudiéndose establecer de forma simultánea o escalonada en el tiempo y en el espacio con un amplio espectro de asociaciones vegetales y un gran potencial para la producción de madera, leña, frutas, medicinas, forraje, aceites y plantas ornamentales, como ocurre en los SAF cacao. Un SAF de cacao es posible debido a que el cultivo requiere poca radiación; por lo tanto se establece bajo el dosel de los árboles, como ocurre en un 70% del cultivo de cacao sembrado en asociación con árboles de sombra y con cultivos anuales y preñes (aunque en países como Ecuador, se han desarrollado sistemas de producción de cacao bajo plena luz del sol). Los usos más comunes de los árboles en SAF de cacao son medicinales, madera, producción de frutos y ornamentales, principalmente (Sánchez *et al.*, 2016; Caicedo-Camposano *et al.*, 2019).

Entre los principales productos agrícolas del Ecuador se encuentra el cacao, con un aporte del 50% en la producción mundial de calidad fino y de aroma, por lo que es considerado el mayor productor mundial de este tipo de cacao, exportando en el año 2015 aproximadamente 260.000 toneladas métricas de cacao en grano y productos derivados, generando alrededor de USD \$812 millones; de este volumen, el 70% correspondió a la calidad fino de aroma ASE, ASS, ASSS, y el restante 30% perteneció a la exportación de la calidad CCN51 (ANECACAO, 2016).

Para el año 2015, en el Ecuador, las provincias productoras que representan una mayor superficie son: Los Ríos con 106.116 ha y Manabí con 104.849 ha., con un rendimiento promedio de 0,56 y 0,45 t/ha, respectivamente (MAGAP, 2016), siendo la tendencia de demanda comercial mundial la producción orgánica del mismo, por lo que existen asociaciones de productores que actualmente han incursionado en el cacao orgánico en Los Ríos (Enríquez, 2010).

La producción del cacao y otros cultivos en la costa del Ecuador, y particularmente en la Provincia de Los Ríos, está siendo afectada negativamente por la variabilidad y cambio climático (Añazco, 2014), (GAD LOS RÍOS et al., 2010); sin embargo, entre las especies vegetales nativas se encuentra la caña Guadua (*Guadua angustifolia*), la cual es un tipo de Bambú que posee una potencialidad de usos ambientales y económicos todavía no aprovechados, con perspectivas agroecológicas sustentables ya que atrae la fauna y flora enriqueciendo el ecosistema, ya que acepta y favorece el intercalado con otros cultivos, promoviendo la biodiversidad (Ezpeleta, 2004), es así que los pequeños productores de Los Ríos, a más del cultivo de cacao, suelen tener “manchas” de guadua que usualmente destinan para la construcción o venta (Morales et al., 2015). Se desconoce la sustentabilidad de los cultivos de cacao y de guadua en los Ríos, por lo que se partiría del supuesto de que no existen índices favorables de sustentabilidad en ambos cultivos.

El área de producción del cacao, así como la de otros cultivos, puede ser aprovechada al máximo estableciendo otros cultivos y árboles que ayuden a mejorar la nutrición del suelo y la economía de las familias campesinas, antes de que el cacao comience a producir (Navarro & Camacho, 2006); por lo que la Agroforestería es una muy buena opción para este aprovechamiento, y además para generar servicios ambientales que reduzcan el incremento de CO₂, principal gas de efecto invernadero y responsable del cambio climático, (IPCC, 2007 citado por Alegre, 2017).

Por lo expuesto, es necesario desarrollar trabajos de investigación que aporten a mantener y superar los actuales estándares de producción y sostenerlos en el tiempo, de manera que además generen servicios ambientales que contribuyan a mitigar el cambio climático. La presente investigación tiene por objetivo general planificar y organizar dos sistemas agroforestales sustentables de cacao (*Theobroma cacao* L.) y bambú (*Guadua angustifolia* K.); con los objetivos específicos correspondientes a la caracterización de los sistemas de producción convencional y orgánico del cacao y de caña guadua; construcción de indicadores para evaluar la sustentabilidad de estos sistemas, y la propuesta de adopción de un sistema agroforestal en la producción de cacao y guadua en el recinto la Esmeralda del cantón Montalvo, Los Ríos-Ecuador. Se parte de la hipótesis que los sistemas en estudio, no son sustentables en la actualidad.

METODOLOGÍA

Área de Estudio

La investigación se realizó sobre la información documentada y científica disponible del cantón Montalvo, provincia de Los Ríos en Ecuador entre los meses de enero y febrero del 2018.

Sitio de muestreo

Según MAGAP (2017), la población de productores de cacao en el cantón Montalvo es de: 1557; y a su vez, la asociación de productores cacaoteros del recinto “La Esmeralda” cuenta con 110 productores de cacao orgánico.

Tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra del cantón Montalvo y la asociación “La Esmeralda”, se empleó la fórmula propuesta por (Scheaffer *et al.*, 2011).

Los sistemas de producción analizados correspondieron a Cacao Orgánico, Cacao Convencional y Guadua. Se investigó el diagnóstico Biofísico, Inventario de Especies Vegetales, Clasificación de Tierras y Factores Ambientales Evaluados en la determinación del Potencial de Tierras del cantón en estudio.

Para caracterizar los sistemas de producción se desarrolló una encuesta, la cual describe las características biofísicas, especies de árboles y de cobertura que integran fincas agroforestales, acciones de mitigación al cambio climático y los aspectos socioeconómicos, con lo cual se ha elaborado una base de datos y se han aplicado herramientas estadísticas (SPSS) generando indicadores biofísicos, socio económicos y ambientales.

Para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de producción se ha utilizado la Metodología Multicriterio, propuesta por Sarandón *et al.*, (2006); para la cual se desarrollaron indicadores y variables para analizar las dimensiones: económica, ecológica y social. Las variables tienen valores de 0 a 4, siendo 0 la menos sustentable. Los indicadores permitieron detectar tendencias en el ámbito y manejo de las fincas y están compuestos por subindicadores y variables cuantificables (Sarandón *et al.*, , 2006):

Dimensión Económica

Subindicadores:

- A. Autosuficiencia alimentaria, variables: Diversificación de la Producción, Superficie de producción de autoconsumo.
- B. Ingreso neto mensual.
- C. Riesgo Económico, variables: Diversificación para la venta, Número de vías de comercialización, Dependencia de insumos externos.

El valor del indicador económico (IK), se calculó con la siguiente fórmula:

Indicador Económico (IK):

$$IK = \frac{2((A1+A2+A3+A4+A5)/5 + B + (C1+C2+C3)/3)}{4}$$

Dimensión Ecológica

Subindicadores:

- A. Conservación de la vida del suelo, variables: Manejo de la Cobertura Vegetal, Especies Maderables y de Cobertura, Asociación de Cultivos.
- B. Riesgo de erosión, variables: Pendiente predominante, Cobertura vegetal, Infraestructura de riego y drenaje.
- C. Manejo de la Biodiversidad, variables: Biodiversidad temporal y Biodiversidad espacial.
- D. Salud del Suelo (Características Biofísicas y Químicas), variables: Materia Orgánica (MO), Actividad Biológica (Presencia de anélidos, *Lumbricidae*), Estructura, Compactación e Infiltración, Profundidad; pH, Conductividad Eléctrica y Nivel de Nutrientes en el Suelo.
- E. Captura de Carbono, variables: Biomasa y Suelo.

El indicador o índice que mide el grado de cumplimiento de la dimensión ecológica (IE), se calculó de la siguiente manera:

Indicador Ecológico (IE):

$$IK = \frac{(A1+A2+A3)/3 + (2B1 + B2+2B3)/5 + (C1+C2)/2 + (D1+D2+D3+D4+D5+D6+D7)/7 + (E1+E2)/2}{5}$$

Dimensión sociocultural

Se consideraron los componentes del “Índice de Desarrollo Humano”.

Subindicadores:

A. Satisfacción de necesidades básicas, variables: Vivienda, Acceso a la educación, Acceso a la salud y cobertura sanitaria y Servicios básicos.

B. Aceptabilidad de los sistemas de producción.

C. Integración social.

D. Conocimiento y conciencia Ecológica

Se consideraron de mayor peso los indicadores de satisfacción de necesidades básicas y el grado de aceptabilidad del sistema productivo:

Indicador Social (IS):

$$IK = \frac{2((A1+2A2+2A3+2A4)/7) + 2B + C + D}{6}$$

Índice de sustentabilidad General (ISGen)

Para su cálculo se emplearon los datos de los indicadores económicos (IK), ecológicos (IE) y Socioculturales (ISC). El valor mínimo del índice de sustentabilidad general (ISGen) para considerar el sistema sustentable se estableció en un valor igual o menor que el valor medio de la escala, es decir: 2. Además se considerará que ninguna de las 3 dimensiones deberá tener un valor menor a 2, (Sarandón *et al.*, 2006).

$$ISGen = \frac{(IK + IE + ISC)}{3}$$

RESULTADOS

Diagnóstico Biofísico

No se evidenció estudios o normativas que sugieran una clasificación de tierras para determinar el potencial de su uso en el cantón de estudio, particularmente de entidades con competencia como Ministerio de Agricultura, Municipalidad del cantón o Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia; sin embargo, se presenta a continuación un diagnóstico biofísico: el cantón Montalvo es uno de los 13 cantones que conforman políticamente la provincia de Los Ríos en la región costa de Ecuador; se encuentra ubicado al sureste de la provincia limitando con los cantones Caluma y San Miguel (Provincia de Bolívar), a 54 m sobre el nivel del mar, con una población es de 24.164 habitantes, y consta de una parroquia urbana y una rural, siendo las principales actividades económicas la agricultura y el turismo. La mayor parte de su superficie es plana, la misma que se halla limitada en la parte oriental por cordones montañosos en las cuales se encuentran las elevaciones más importantes cuyas alturas fluctúan entre los 400 y 500 metros sobre el nivel del mar (GAD LOS RÍOS, 2013).

Los suelos de Montalvo son de depósitos aluviales, profundos, arcillosos, de bacines, meandros y causes abandonados, con problemas de hidromorfía, inundados parte o todo el año. La mayoría es de llanura plana, de pendiente ligeramente ondulado de 0 a 2%, de pH ligeramente ácido en la superficie a alcalino en profundidad. Estas características se localizan en las superficies de los ríos Santa Rosa o La Mona y el río de Las Juntas, los recintos Sabaneta, Huaquillas, río Chico, río Potosí. Suelos profundos de textura franco-arcilloso, de pH ligeramente ácidos en su superficie y alcalinos en profundidad, se localizan en los recintos 24 de mayo y Las Conchas. En la desembocadura del río Cristal en el río Las Juntas de la hacienda de río Chico, encontramos suelos profundos de textura franco arenoso, de pH ligeramente ácido en la superficie y alcalinos en profundidad. En la localidad de La Pradera encontramos suelos profundos, arenosos, de pH ligeramente ácido en la superficie y alcalino en profundidad. Al norte de Montalvo y los sitios las Mercedes, Piragua, Cooperativa Cristal, río Potosí, de superficie ligera a medianamente ondulada de pendiente de 5 a 25%, sus suelos son rojizos, de textura arcillosa, profundos, de pH 5,5 - 6.5. Al sur oeste de Montalvo encontramos suelos arenosos y pedregosos, profundos, de superficie plana con una pendiente de 5- 12%. Por último encontramos suelos de relieve heterogéneos muy fuertes y muy disecados, con una pendiente mayor de 70%, son suelos rojizos, de textura arcillosa a arenosa, de medianamente a poco profundos, afloramiento rocosos (GADPLR, 2014).

Los principales ríos de la zona son Changuil y Cristal, afluentes del río Las Juntas y el río La Mona, este último conocido también con los nombres de Santa Rosa, Potosí y Tilimbela. Cada uno de los cuales construye un sistema hidrográfico alimentado por pequeños esteros. De acuerdo a la clasificación Kóeppen, el cantón está dentro del clima tropical monzón (AM), con un rango altitudinal desde 6 hasta 400 metros sobre el nivel del mar, con una pluviosidad anual de 1000 a 1500 mm. El período de lluvias comprende de diciembre a mayo, y la estación seca de junio a diciembre, con lluvias inconspícuas en forma de garúa que cae en período seco (GAD LOS RIOS, 2013).

El bosque Tropical se ubica en la parte plana, una parte de la zona se caracteriza por los bancos que se forman a lo largo de un intrincado sistema fluvial, en donde no faltan las pequeñas sabanas abiertas y las tembladeras, que inundan durante el invierno en forma notable, como acontece en la unión del río Santa Rosa y el río Las Juntas, desembocadura del río Sabaneta en el río Santa Rosa y el río Las Juntas, en los recintos Tres Marías y Maritza. El promedio anual de precipitación fluctúa entre 1000 y 2000 m.m al año, mientras su temperatura oscila entre los 24 y 25 grados centígrados, prevalece un régimen climático típicamente monzónico, o sea donde hay un solo período de sequía más o menos largo, y una apreciable sobrante de lluvias durante el invierno se pierde por escurrimiento, lo que condiciona el uso de la tierra y las labores culturales de los cultivos. La estación seca se extiende desde de junio a julio a noviembre o diciembre, la lluvia comienza en enero o diciembre y termina en mayo junio o julio. El bosque húmedo premontano se localiza en la parte oriental del cantón, con precipitaciones promedias anuales entre 1500 y 2000 mm., como consecuencia del régimen de lluvias, el número de días fisiológicamente secos, apenas llega a 22. Climáticamente, el bosque húmedo premontano, tiende a ser una anomalía altitudinal del bosque seco tropical, especialmente en lo que concierne a las estaciones meteorológicas. Los principales ríos de la zona son Changuil y Cristal, afluentes del río Las Juntas y el río La Mona, este último conocido también con los nombres de Santa Rosa, Potosí y Telimbela. Cada uno de los cuales construye un sistema hidrográfico alimentado por pequeños esteros (GADPLR, 2014).

Inventario de especies vegetales

El cantón Montalvo cuenta con una importante biodiversidad, con un total de 24 especies vegetales útiles correspondientes a las familias: Anacardiaceae, Papilionaceae, Solanaceae, Rutaceae, Lamiaceae, Melinaceae, Boraceae, Polynaceae, Mimosaceae, Mirtaceae, Musaceae y Moraceae (Torres, 2013) y se evidencia que las especies de árboles son abundantes con un número de 231 (42,36%) seguidos por las plantas herbáceas con 35 especies (19,46%) y 15 arbustos (19,08%); los productores de los sectores estudiados tienen conocimiento de al menos 90 especies vegetales, muchas de ellas en peligro de extinción; entre estas se citan a continuación algunas especies presentes en las visitas realizadas: *Guadua angustifolia* Kunth, (Guadua), *Inga oerstediana* Benth (Guabamusga), *Inga spectabilis* (Vahl) Willd (Guabamachetona), *Swietenia macrophylla* King (Caoba).

Caracterización de los Sistemas

Tanto los sistemas de cacao orgánico, cacao convencional y guadua presentaron características de producción en sistemas de monocultivo, a lo que se atribuye los índices de insustentabilidad determinadas en el presente investigación para las variables estudiadas en la dimensión económica (diversificación de cultivos), así como se evidencia un alto uso de insumos químicos para la producción de cacao convencional y guadua.

Evaluación de la Sustentabilidad

A continuación se presenta el análisis de la información obtenida de los sistemas de producción para cacao orgánico, cacao convencional y guadua. Utilizando los indicadores establecidos, se procedió a valorar según la escala propuesta a cada uno de ellos, empleando la fórmula respectiva para las dimensiones social, ecológica y económica (Gráfico 1), obteniendo los siguientes datos, o índices de sustentabilidad general (Gráfico 2).

Gráfico 1. Evaluación de la Sustentabilidad de las dimensiones social, económica y ecológica en sistemas de producción de cacao orgánico, cacao convencional y guadua en el cantón Montalvo, Los Ríos-Ecuador

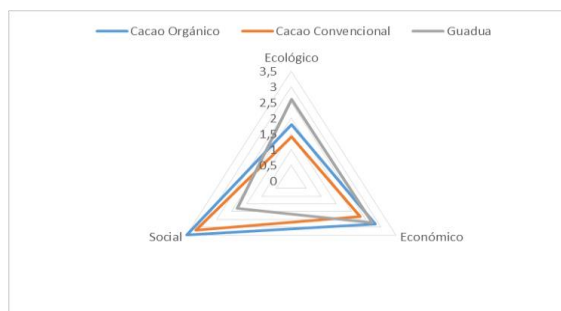
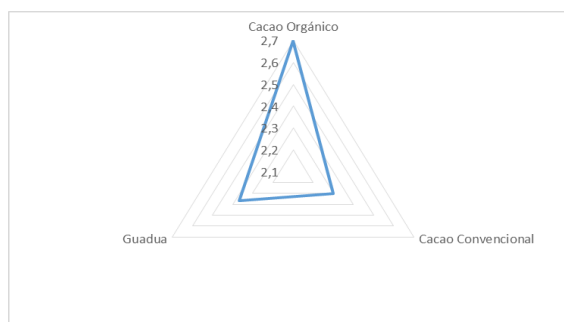


Gráfico 2. Evaluación de la Sustentabilidad General en sistemas de producción de cacao orgánico, cacao convencional y guadua en el cantón Montalvo, Los Ríos-Ecuador

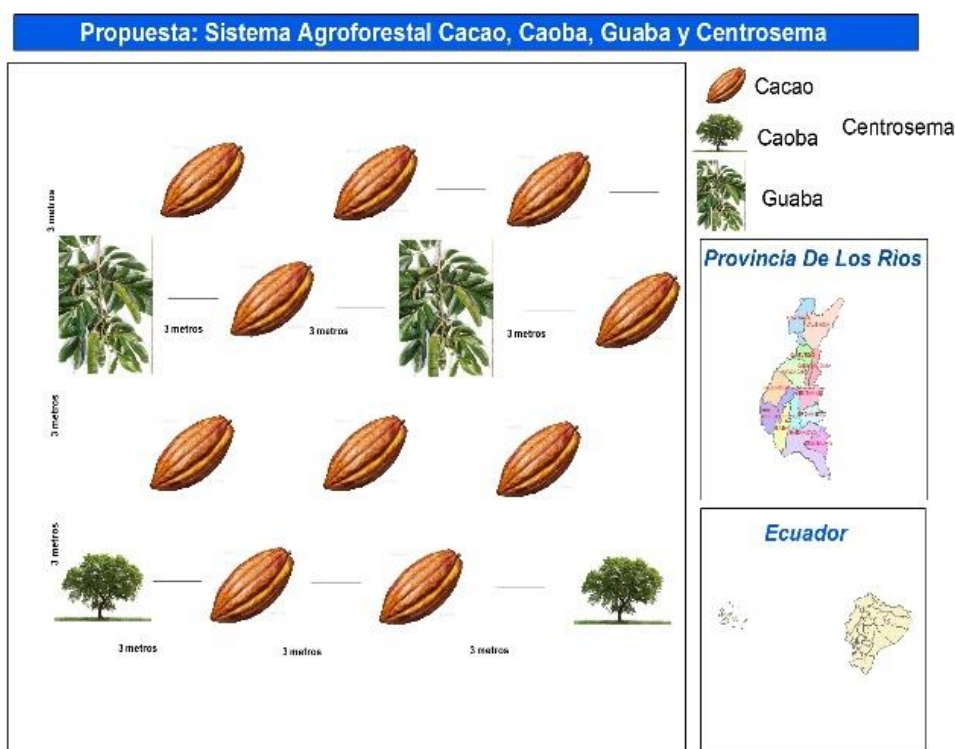


El índice de sustentabilidad para el sistema de producción de cacao orgánico en la dimensión ecológica fue de 1,8, siendo no sustentable; para la dimensión económica de 2,8 y para la social fue de 3,5, siendo ambas dimensiones sustentables. El índice de sustentabilidad para el sistema de producción de cacao convencional en la dimensión ecológica fue de 1,4, siendo no sustentable; para la dimensión económica de 2,3 y para la dimensión social de 2,8, siendo ambas dimensiones sustentables.

El índice de sustentabilidad para el sistema de producción de guadua en la dimensión ecológica fue de 2,6 y para la dimensión económica de 2,7, lo cual se evalúa como sustentable para ambas dimensiones; sin embargo, para la dimensión social, el índice obtenido fue de 1,8 estimándose no sustentable.

El índice de sustentabilidad general para el sistema de producción con cacao orgánico fue de 2,7; para cacao convencional de 2,3 y para guadua fue de 2,4.

Gráfico 3. Propuesta para la disposición de un sistema agroforestal compuesta por Cacao, Inga, Caoba, Centrosema y Guadua en el cantón Montalvo, Los Rios-Ecuador.



DISCUSIÓN

En el presente estudio se construyeron indicadores y variables que permitieron evaluar la sustentabilidad de tres sistemas de producción: cacao convencional, cacao orgánico y guadua en la zona de Montalvo, Los Ríos-Ecuador, en base a la metodología propuesta por (Sarandón *et al.*, 2006) que contempla la evaluación de al menos tres dimensiones: ecológica, económica y social de los sistemas, teniendo por resultado que todos los sistemas son insustentables; sin embargo, se deberá contrastar la metodología aplicada con otras propuestas teóricas, tales como el Marco Mesmis desarrollado por Mesera *et al.*, 1999 citado por (Altieri & Nicholls, 2002), haciendo énfasis en adecuada selección de indicadores de sustentabilidad; así como por ejemplo, en esta investigación se

incluyeron para la dimensión ecológica: almacenamiento de carbono tanto en biomasa como en el suelo y salud del suelo. Para la obtención de estos indicadores fue necesario el uso de ecuaciones alométricas referentes a las especies en estudio, las cuales fueron obtenidas del material bibliográfico revisado; sin embargo, Larrea (2007) indica que estas ecuaciones alométricas deben ser desarrolladas a partir del estudio de las especies nativas de la zona en estudio, con lo cual, el cálculo de biomasa será más aproximado.

Alegre (2017) manifiesta que los sistemas agroforestales son una muy buena opción para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero como el CO₂ y a su vez generar servicios ambientales como lo es el almacenamiento de carbono; así, el mismo autor señala que el indicador más importante de degradación de los suelos es el carbono almacenado en la biomasa y en el suelo; sin embargo, los sistemas de producción estudiados en el cantón Montalvo, Los Ríos-Ecuador, carecen de diseños agroforestales que al menos incluyan una especie maderable con fines de sustentabilidad (Sánchez *et al.*, 2016), lo cual se puede considerar como principal factor responsable de los valores de insustentabilidad para las variables de indicadores estudiados en la dimensión ecológica, tanto en los sistemas de producción de cacao orgánico y convencional, particularmente a Captura de Carbono, variables: Biomasa y Suelo.

Respecto al carbono almacenado, Concha *et al.*, (2007) señalan que los resultados en captura de carbono en los sistemas agroforestales estudiados en el Departamento de San Martín-Perú varían desde 26.2 t C ha⁻¹ (5 años de edad) hasta 45.07 t C ha⁻¹ (12 años de edad); así también exponen que los sistemas agroforestales de 12 y 20 años representan el 66.7% de los sistemas que presentan reservas de carbono por encima de los 40 t C ha⁻¹; mientras que los sistemas de 5 años se encuentran con reservas de carbono por debajo de los 30 t C ha⁻¹, coincidiendo con lo expuesto por (Larrea, 2007) quien concluye que “los sistemas de cacao con especies forestales maderables y frutales, presentan una mayor acumulación de carbono almacenado en la biomasa aérea arbórea, y a su vez, estos favorecen de manera constante la presencia de abundante hojarasca, funcionando como principal agente de conservación del suelo y excelente controlador de maleza” favoreciendo su sustentabilidad; así mismo, respecto a investigaciones realizadas en sistemas agroforestales que incluyen al bambú (guadua) como especie no maderable, Villanueva *et al.*, (2014). afirma que cada vez más se desarrollan trabajos que evidencian la contribución de servicios ambientales por parte de especies como la Guadua angustifolia, tales como el secuestro de carbono, biodiversidad diversificación de la finca y que además la guadua cumple con otras funciones diferentes de acuerdo a su distribución dentro del sistema productivo, como servir de barrera viva y brindar sombra al cultivo principal, siendo el propósito de usar al bambú como barrera viva la de proteger al cultivo principal libre de químicos, y además mejorar la presencia de materia orgánica, principalmente en producciones orgánicas.

Sin embargo, estas afirmaciones que aportan positivamente a los conceptos de sustentabilidad (Altieri & Nicholls, 2002) de los sistemas productivos como los agroforestales con cacao y guadua en los indicadores de dimensión ecológica ambiental, deben también corresponderse positivamente en la dimensión económica y social para que la evaluación general de esos sistemas sea sustentable; por lo que se debe considerar también que el diseño agroforestal no limite la productividad del cultivo principal, reduciendo los ingresos del agricultor, tal como lo exponen Valverde & Arizala (2016), quienes en su evaluación de la asociación entre Cacao y la especie maderable *Swietenia macrophylla* King (Caoba) en Nariño-Colombia, concluyen que esta asociación favoreció el crecimiento y desarrollo de todas las estructuras vegetativas principalmente de la

especie maderable, y además los tratamientos realizados presentaron una baja incidencia de sus principales plagas y enfermedades, inclusive en aquellos de mayor distanciamiento, pero las altas densidades de siembra para el cacao y la caoba influyeron de manera negativa en el comportamiento de índice de mazorca, índice de grano y el estado fitosanitario del cacao, presentado mermas en el rendimiento del cultivo.

Por tal razón Etchevers *et al.*, (2016) manifiestan que “la agroforestería representa probablemente el reto científico más complejo del sistema de investigación agrícola: como integrar cultivos anuales con árboles, pastos y animales en sistemas de producción, de modo que la inevitable competencia por la luz, el agua, los nutrientes y daño físico, tenga como resultado una producción sostenible, sin degradación del medio ambiente”; así Alegre (2017) concluye que los sistemas de cacao con diversidad de árboles maderables generaron más reservas de carbono en períodos de 5, 8 a 12 años de establecimiento, encontrando que especies como la caoba, tornillo, la guaba (*Inga edulis*) y *Centrosema* logran tener asociaciones favorables con cacao.

CONCLUSIONES

Los sistemas de producción estudiados: cacao orgánico, cacao convencional y guadua, en el cantón Montalvo, provincia de Los Ríos-Ecuador no son sustentables ya que al menos en una dimensión se presentó un valor menor a 2. Entre los indicadores que se encontraron como insustentables en todos los sistemas están, para la Dimensión Económica, subindicadores: Autosuficiencia alimentaria y Riesgo Económico; y en la dimensión Ecológica, los indicadores Riesgo de erosión, Salud del Suelo y Captura de carbono.

Los sistemas de producción estudiados son de tipo monocultivo y no evidencian diseños agroforestales planificados. Un diseño de sistema agroforestal que considere al cacao como cultivo principal puede considerarse el integrado por: Caoba como especie maderable, *Inga edulis*, especie frutal, *Centrosema macrocarpum* B. como especie de cobertura y de protección al suelo y Guadua como especie para barrera viva, particularmente para producción orgánica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alegre, J. (2017). La Agroforestería en la Amazonía Peruana para recuperar suelos degradados y mitigar efectos de cambio climático. Presentado en «Crianza del suelo para el buen vivir» XVI Congreso Nacional y VII Internacional de la Ciencia del Suelo, Ayacucho, Perú.
2. Altieri, M., & Nicholls, C. (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica), 17-24.
3. Caicedo Camposano, O., Díaz Romero, O., Cadena Piedrahita, D., & Galarza Centeno, G. (2019). Diseño de un sistema de producción de arroz sostenible en Babahoyo, provincia de Los Ríos, Ecuador. *Killkana Técnica*, 3(1), 19-24. https://doi.org/10.26871/killkana_tecnica.v3i1.472

4. Concha, J., Alegre, J., & Pocomucha, V. (2007). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. en el departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 6 (1,2), 76-82.
5. Etchevers, J. D., Saynes, V., Sánchez, M., & Roosevelt, F. D. (2016). Manejo sustentable del suelo para la producción agrícola. *El Sistema Agroalimentario de México*. Editorial del Colegio de Postgraduados, AMC, Conacyt-UPAEP-IMINAP. San Luis Huexotla, Texcoco, Edo. de México, 63-79.
6. GAD LOS RIOS. (2013). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial [Institucional].
7. GADPLR. (2014). Plan de desarrollo Provincial de Los Rios, Ecuador.
8. Larrea, G. (2007). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de combinaciones agroforestales de *Theobroma cacao* L. & determinación de la ecuación alométrica para el cacao (Tesis Ingeniero Ambiental). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.
9. Navarro, M., & Camacho, Á. (2006). Cultivo del Cacao en Sistemas Agroforestales. Programa para el Desarrollo Rural Sostenible en el Municipio El Castillo, Rio San Juan, Nicaragua (ProDeSoc).
10. Pérez, N., Rueda, M., Rojo, G., Martínez, R., Ramírez, B., & Juárez, J. (2009). El bambú (*Bambusa* spp.) como sistema agroforestal: Una alternativa de desarrollo mediante el pago por servicios ambientales en la Sierra Nororiental del Estado de Puebla. *Ra Ximhai*, 5(3).
11. Sánchez, F., Pérez, J., Obrador, J., Sol, Á., & Ruiz, O. (2016). Árboles maderables en el sistema agroforestal de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (14), 2711–2723.
12. Sarandón, S., & Flores, C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología*, 4, 19–28.
13. Sarandón, S., Zuluaga, M., Cieza, R., Janjetic, L., & Negrete, E. (2006). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*, 1, 19–28.
14. Torres, C. (2013). Recuperación y Propagación a nivel de vivero de especies de Bosques Nativos en peligro de extinción en la provincia de Los Ríos. *Revista Científica LOGROS Universidad Técnica de Babahoyo-Ecuador*.

15. Valverde, J., & Arizala, L. (2016). Evaluación de la asociación agroforestal Caoba (*Swietenia Macrophylla* K.) y Cacao (*Theobroma cacao* L.) implementados en el municipio de Tumaco, Nariño (Tesis Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, San Juan de Pasto.
16. Villanueva, F. P., Córdor, J. P., & Alca, A. M. (2014). Experiencias sobre la silvicultura y usos del bambú en Colombia. *Xilema*, 27(1), 17-23.