



SUSTAINABILITY OF NATIVE COCOA PRODUCING FARMS IN THE BAGUA PROVINCE, PERU †

[SUSTENTABILIDAD DE LAS FINCAS PRODUCTORAS DE CACAO NATIVO EN LA PROVINCIA BAGUA, PERÚ]

A. Fernández-Jeri^{1,2*}, R. Mori-Zabarburú¹, R. Cruzalegui-Fernández¹,
A. Julca-Otiniano² and L. Fernández-Jeri²

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. Campus Universitario, Calle Higos Urco N°342, Chachapoyas, Perú

²Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Av. La Molina s/n, Lima, Perú. E-mail: armstrong.fernandez@untrm.edu.pe

*Corresponding author

SUMMARY

Background. The cultivation of native cocoa is of economic and social importance for the Amazonas region, which is positioning itself as an exporter of cocoa with sensory attributes of fine aroma. **Objective.** Determine the sustainability of native cocoa producing farms in the Bagua province, Peru. **Methodology.** The methodology used to assess sustainability was a "Multi Criteria Analysis". To obtain information from each of the cocoa farms in the Aramango, Copallín, El Parco, Imaza and La Peca districts, a personal survey was conducted with questions related to the three dimensions of sustainability (economic, socio-cultural, ecological). Indicators, sub-indicators and quantifiable variables adapted to cocoa cultivation were used to analyze each dimension and overall sustainability. The indicators were standardized on a scale from 0 to 4 and weighted. It was considered that a farm is sustainable if the general sustainability index is greater than two and none of the three dimensions evaluated is less than two. **Results.** A general sustainability index was found to be 2.1, Copallín and La Peca were the only economically sustainable ones. The ecological indicator was the one with the greatest contribution (IE=2.4) followed by the social indicator (ISC=2.3) and economic indicator (IK=1.7). 40% of the farms were sustainable in all three dimensions, dimensions, except in Imaza where it was only sustainable in the socio-cultural and ecological dimensions. **Implications.** The cultivation of native cocoa must increase the general sustainability index, for this, the critical points must be solved at the farm level, the diversification of production and management of vegetation cover and, at the producer level, the marketing channels, housing, access to education, access to health and health coverage. **Conclusions.** It was determined that the sustainability of the farms varied according to the district of origin; at the level of the general sustainability index Aramango, Copallín, El Parco and La Peca were sustainable. In the socio-cultural and ecological dimensions, all the farms in the studied districts were sustainable.

Keywords: native cocoa; farms; sustainability; Bagua

RESUMEN

Antecedentes. El cultivo del cacao nativo es de importancia económica y social para la región Amazonas que se está posicionando como exportador de cacao con atributos sensoriales de fino aroma. **Objetivo.** Determinar la sustentabilidad de las fincas productoras de cacao nativo en la provincia Bagua, Perú. **Metodología.** La metodología empleada para evaluar la sustentabilidad fue un "Análisis Multicriterio". Para obtener la información de cada una de las fincas cacaoteras en los distritos Aramango, Copallín, El Parco, Imaza y La Peca, se realizó una encuesta personal con preguntas relacionadas a las tres dimensiones de la sustentabilidad (económica, socio cultural, ecológica). Se utilizó indicadores, subindicadores y variables cuantificables adaptadas al cultivo de cacao para analizar cada dimensión y la sustentabilidad general. Los indicadores fueron estandarizados en una escala de 0 a 4 y ponderados. Se consideró que una finca es sostenible si, el índice de sustentabilidad general es mayor a dos y ninguna de las tres dimensiones evaluadas es menor a dos. **Resultados.** Se encontró un índice de sustentabilidad general fue 2.1, Copallín y La Peca fueron las únicas económicamente sustentables. El indicador ecológico fue el de mayor aporte (IE=2.4)

† Submitted December 5, 2022 – Accepted April 21, 2023. <http://doi.org/10.56369/tsaes.4661>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID: A. Fernández-Jeri: <http://orcid.org/0000-0001-9476-1078>; R. Mori-Zabarburú: <http://orcid.org/0000-0003-2203-0465>; R. Cruzalegui-Fernández: <http://orcid.org/0000-0002-0959-9713>; A. Julca-Otiniano: <http://orcid.org/0000-0002-3433-9032>; L. Fernández-Jeri: <http://orcid.org/0000-0002-7863-0665>

seguido del indicador social (ISC=2.3) e indicador económico (IK=1.7). El 40% de las fincas fueron sustentables en las tres dimensiones, excepto en Imaza donde solo fue sustentable en las dimensiones socio cultural y ecológico.

Implicaciones. El cultivo de cacao nativo debe aumentar el índice general de sustentabilidad, para ello se deben solucionar los puntos críticos a nivel de las fincas la diversificación de la producción y manejo de cobertura vegetal y, a nivel de los productores los canales de comercialización, la vivienda, acceso a la educación, el acceso a la salud y cobertura sanitaria. **Conclusiones.** Se determinó que la sustentabilidad de las fincas varió según el distrito de procedencia; a nivel del índice general de sustentabilidad Aramango, Copallín, El Parco y La Peca fueron sustentables. En las dimensiones socio cultural y ecológica fueron sustentables todas las fincas de los distritos estudiados.

Palabras clave: cacao nativo; fincas; sustentabilidad; Bagua

INTRODUCCIÓN

Los principales productores de cacao (*Theobroma cacao* L.) en América Latina son Brasil, Ecuador, Perú, Colombia, Venezuela y Trinidad y Tobago, países en las que el impacto socioeconómico es importante y es sustento de miles de familias de pequeños productores; es uno de los principales cultivos realizado en sistemas agroforestales por pequeños agricultores en los trópicos húmedos; el cultivo del cacao tiene una gran importancia económica y social para la región Amazonas donde el cultivo se asocia comúnmente con las especies forestales tales como *Musa* sp. El Perú está considerado como uno de los principales productores y proveedores de cacao fino, a su vez es el segundo productor mundial de cacao orgánico, con el 48,6% de las exportaciones de cacao en grano, de los cuales el 20% cuenta con la certificación orgánica y de comercio justo (Rojas-Briceño *et al.* 2022). Además, el Perú cuenta con una alta diversidad y variabilidad genética de esta especie, presente en la selva alta y baja del país. A la fecha se han identificado y caracterizado 146 accesiones de cacao nativo fino de aroma, algunos de estos en las regiones de Amazonas, San Martín y Cajamarca (Moreno *et al.* 2021; Goñas *et al.* 2022; Vásquez-García *et al.* 2022). En los últimos años, el cacao proveniente del Perú se está posicionando en los mercados nacionales e internacionales, como del tipo fino de aroma caracterizado por tener sabores afrutados, florales, herbales, amaderados y especiados, entre otros. Tanto el cacao nativo de Bagua (Amazonas) como el de Quillabamba (Cusco) son conocidos como sabores finos peruanos, y existe una creciente demanda mundial para la elaboración de chocolates de alta calidad a partir de cacaos autóctonos, lo que está vinculado con la apreciación de su historia de origen y uso tradicional; la caracterización ambiental de las fincas tiene que ver con los pilares de la sostenibilidad agrícola (Fernández *et al.* 2022). En la región Amazonas-Perú existen fincas que cultivan una variedad de genotipos de cacao finos de aroma con atributos sensoriales únicos respecto a otras regiones del Perú de gran importancia económica; la sustentabilidad puede caracterizar y discriminar, seleccionando las fincas con mejores plantas de cacao nativo de alta productividad para luego implementar similar manejo de cultivo y producción en otras fincas de la región en beneficio de los productores y su mejora de calidad de vida que es

uno de los propósitos del desarrollo sustentable (Fernández *et al.* 2022; Fernández *et al.* 2023).

Para Sarandón y Flores (2009) la agricultura sustentable implica la conservación de los sistemas naturales a largo plazo, producción óptima a bajos costos, adecuado nivel de ingreso y beneficio por unidad de producción, satisfacción de las necesidades alimentarias básicas que entre otros permita cubrir las demandas y necesidades de las familias; se puede lograr la sustentabilidad cuando se da una prosperidad económica sostenida en el tiempo o protegiendo al mismo tiempo los sistemas naturales del planeta (Valarezo *et al.* 2020). La agricultura sustentable es aquella que permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades sociales, económicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los agroecosistemas; es así que un sistema será sustentable si es económicamente viable, ecológicamente adecuado y cultural y socialmente aceptable; es por ello imprescindible evaluar estas tres dimensiones. Según Heredia-Rengifo *et al.* (2022) estas dimensiones son dinámicas, se interrelacionan entre sí y su evaluación permite formular políticas de biodiversidad y servicios eco sistémicos. Esto es importante de considerar porque las políticas de intensificación agrícola y sustentabilidad han provocado cambios socioeconómicos, así como demográficos y los sistemas de producción de la Amazonía se han evaluado más desde la perspectiva ambiental. Pero, las dimensiones económica y social, también son importantes y en conjunto permiten evaluar la sustentabilidad, siendo sus resultados el primer paso para decisiones, análisis y políticas de gobernanza.

Un sistema será ecológicamente sustentable si conserva o mejora la base de los recursos productivos y evita o disminuye la entrada de insumos externos, así como el impacto ambiental extra predial (Sarandón, 2020). Melgarejo (2019) cita que el agroecosistema sostenible es un sistema complejo que incluye variables y relaciones ecológicas, socioculturales, económicas, tecnológicas y políticas; considera el conocimiento tradicional y científico, de manera que las interacciones ecológicas, y los sinergismos entre sus componentes, generen funciones que garanticen en el tiempo la productividad y la protección del sistema

a variables externas; son atributos del agroecosistema sostenible la productividad, estabilidad, viabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autosuficiencia. Un sistema agrícola para ser sostenible, debe ser lo suficientemente productivo, económicamente viable, ecológicamente adecuado (es decir, capaz de conservar la base de los recursos naturales y preservar la integridad ambiental en las escalas local, regional y global), culturalmente y socialmente aceptable y técnicamente posible. Los indicadores son valores claros y objetivos, se definen como mediciones cuantitativas o cualitativas que cuentan con unidades, permiten diagnosticar los sistemas de producción; estos indicadores deben estar alineados con los objetivos y la escala de análisis, integrar variables, ser confiables y simples de entender, y ser sensibles a una amplia gama de condiciones y cambios en el tiempo para medirse fácilmente (Motta-Delgado *et al.* 2019; Vam-Heurck *et al.* 2020; Montoya *et al.* 2020; Sarandón, 2020; Hasang-Moran *et al.* 2021; Mills *et al.* 2021). Fu *et al.* (2022) refieren que el indicador puede ser simple o complejo, se pueden calcular con diversas metodologías y que pueden variar según la región; así mismo mencionan que los beneficios ecológicos son una parte integral de agricultura sostenible, con una puntuación más alta que representa un entorno ecológico. Chopin *et al.* (20221) mencionan que los indicadores son cantidades de diversa naturaleza, indican desempeño y proporcionan información sobre variables o sistemas a las que deseamos acceder. Umstätter *et al.* (2022) proponen incluir la carga de trabajo en fincas de agricultura familiar como un aspecto de sustentabilidad social, dado que es importante considerar la calidad y cantidad de trabajadores, así como el tiempo que laboran en las fincas; la carga de trabajo se define como la relación entre la mano de obra requerida y mano de obra disponible. Para Wonhlerberg *et al.* (2022) los indicadores de sustentabilidad están compuestos por diferentes indicadores, tales como: ambiental (calidad del aire y agua, consumo de energía), social (calidad de vida, bienestar, distribución del ingreso), y económicos (patrones de consumo y producción, liquidez), pudiendo actuar en forma individual o en conjunto; siendo considerado como los "tres pilares" de la sustentabilidad.

Estudios de sustentabilidad del cacao se vienen realizando en varios países, en Ecuador en la provincia Los Rios se determinó la no sustentabilidad de sistemas agroforestales de cacao y bambú (*Guadua* sp), atribuido a diseños agroforestales no planificados y no superar el valor del umbral de sustentabilidad en las dimensiones económica y ecológica (Alcívar *et al.* 2019); en la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, las fincas productoras de cacao variaron

según el lugar de cultivo siendo sustentables en menos de la mitad de las fincas e identificándose "puntos críticos" a nivel del productor fueron la educación, riesgo económico, diversidad de la producción y el reciclaje de nutrientes (Anzules-Toala *et al.* 2021). En Colombia, al igual que otros países de Sud América el 90% de la producción se concentra en pequeños productores bajo una modalidad de agricultura familiar de bajo nivel tecnológico y capacidad de gestión que limitan la sostenibilidad de producción de cacao (Martínez *et al.* 2022). En México, los pequeños productores cacaoteros en búsqueda de nichos de mercado específicos de mayor precio han valorado para escoger la calidad de cacao nativo fino aroma o la certificación de ambientalmente sostenible (Rasgado y Renard, 2022). El objetivo de esta investigación fue determinar la sustentabilidad de las fincas productoras de cacao nativo en la provincia Bagua, Perú teniendo como base la metodología de Sarandón (Sarandón *et al.* 2006; Sarandón y Flores, 2009).

METODOLOGÍA

Esta investigación se realizó en los años 2019 al 2021 en Perú, región Amazonas, provincia Bagua, en los distritos: La Peca (608 - 613 msnm), Copallín (531 - 1172 msnm), El Parco (543 - 711 msnm), Imaza (251 - 380 msnm) y Aramango (337 - 984 msnm). La provincia Bagua geográficamente está ubicada a 05°38'21" de Latitud Sur y 78°31'54" Longitud Oeste, presenta valores promedios de precipitación anual acumulada de 1832 mm y temperatura anual del aire de 30°C (SENAMHI, 2021), siendo caracterizado por un clima muy cálido; la zona de estudio se presenta en la Figura 1. Se trabajó con una población de 234 fincas que cultivan cacao nativo, de la que se tomó una muestra irrestricta de 70 fincas con un nivel de confianza del 90% (Scheaffer *et al.*, 1987) distribuidos en base al número de fincas por distrito, en La Peca (24), Imaza (24), Copallín (18), El Parco (2) y Aramango (2). Se usó una encuesta con preguntas relacionados con las dimensiones económica, sociocultural y ecológica) y socioculturales del productor y las fincas cacaoteras; previamente se pidió a las personas encuestadas el consentimiento y participación informada en esta investigación.

Para evaluar la sustentabilidad de las fincas se usó la metodología multicriterio descrita por Sarandón *et al.* (2006) y Anzules-Toala *et al.* (2021) adaptadas a las fincas cacaoteras; se emplearon indicadores, subindicadores y variables cuantificables adaptadas al cultivo de cacao nativo, para analizar las dimensiones económicas (Tabla 1), sociocultural (Tabla 2) y ecológica (Tabla 3), se asignaron valores de 0 (menos sustentable) a 4 (más sustentable).

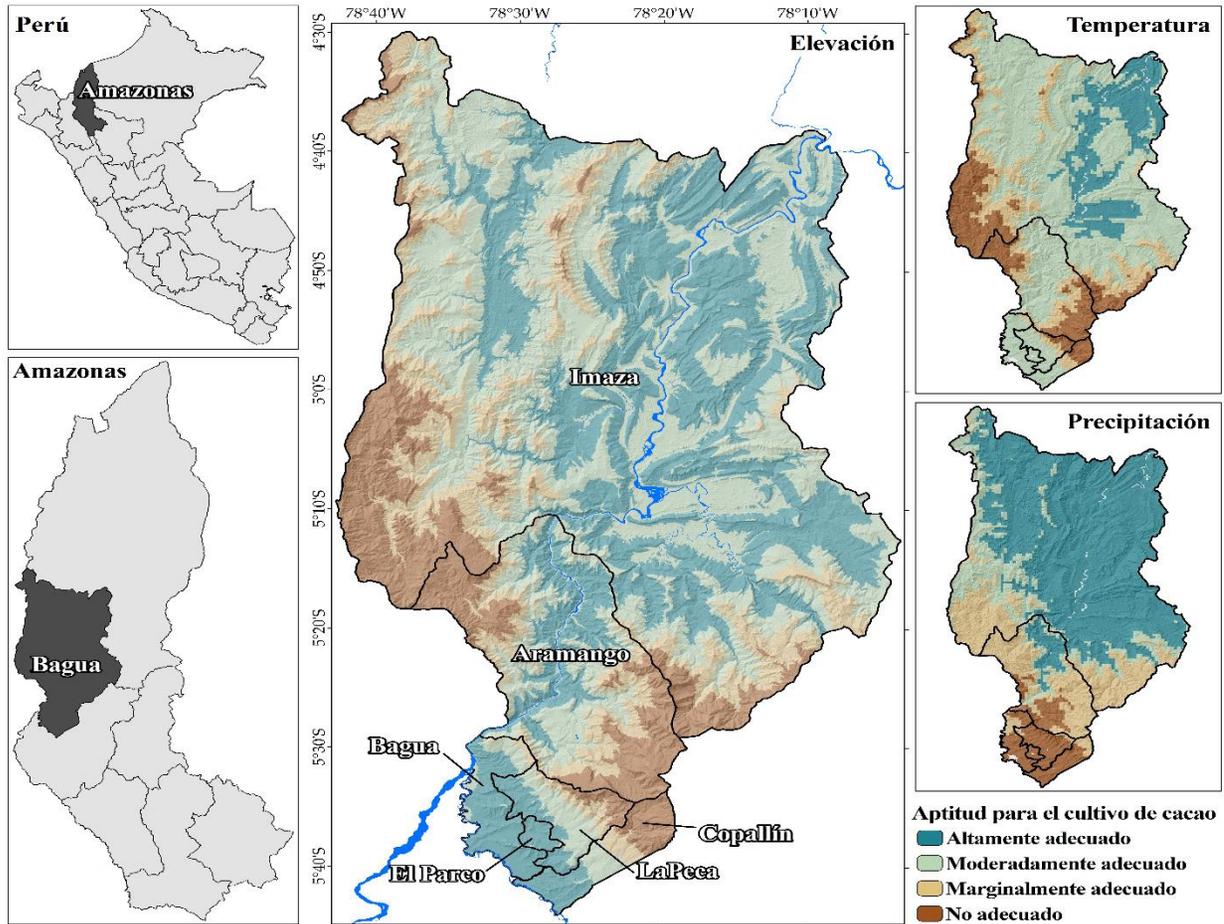


Figura 1. Zona de estudio de las fincas de cacao nativo en Bagua, Amazonas. Fuente: Basado en Nilton-Rojas et al. (2022), elaborado por Geomática-INDES-CES (2022).

Tabla 1. Sub-indicadores (A, B, C) y variables (A1, A2, C1, C2, C3) seleccionados para evaluar la sustentabilidad económica de fincas productoras de cacao nativo en la provincia Bagua.

Sub-indicador	Variables	Valoración				
		0	1	2	3	4
A. Autosuficiencia alimentaria	A1. Diversificación de la producción	< 3	3 - 4	5 - 6	7 - 9	> 9
	A2. Superficie de autoconsumo (ha)	< 0.1	0.1 - 0.3	0.31 - 0.5	0.51 - 1	> 1
B. Ingreso neto mensual (soles)		< 500	500 - 700	721 - 999	1000 - 1440	> 1440
C. Riesgo económico	C1. Número de productos que vende (incluido el cacao)	1	2	3	4 - 5	> 6
	C2. Canales de comercialización	1	2	3	4	5 o más
	C3. Dependencia de insumos externos (%)	80 - 100	60 - 80	40 - 60	20 - 40	0 - 20

Tabla 2. Sub-indicadores (A, B, C, D) y variables (A1, A2, A3, A4) seleccionados para evaluar la sustentabilidad sociocultural de fincas productoras de cacao nativo en la provincia Bagua.

Sub- indicador	Variables	Valoración				
		0	1	2	3	4
A. Satisfacción de las necesidades básicas	A1. Vivienda	Muy malas condiciones	Deteriorada, piso de tierra	Regular, sin terminar	Buenas condiciones	Muy buenas condiciones, material noble Superior
	A2. Acceso a la educación	Sin acceso a educación	Primaria	Secundaria	Técnico	
	A3. Acceso a salud y cobertura sanitaria	Centro de salud sin equipo, sin médico	Centro de salud mal equipado, muy distante	Centro de salud, médico temporal, cerca	Centro de salud equipado, medico permanente, cerca	Centro de salud bien equipado, muy cerca
	A4. Servicios básicos	Sin agua y luz	Con luz y sin agua	Con luz y agua entubada	Con agua y luz	Con agua, luz y teléfono
B. Aceptabilidad del sistema de producción		Desilusionado	Poca satisfacción	Mediana satisfacción	Satisfecho	Muy satisfecho
C. Integración social		Nula	Baja	Media	Alta	Muy alta
D. Conocimiento y conciencia ecológica		Sin conciencia ecológica, usa agroquímicos	Visión reducida ecológica, usa algunos agroquímicos	Tiene sólo una visión parcializada de la ecología	Mediana conciencia ecológica, prácticas conservacionistas	Alta conciencia ecológica, con prácticas conservacionistas, conoce sus fundamentos

Tabla 3. Sub-indicadores (A, B, C) y variables (A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2) seleccionados para evaluar la sustentabilidad ecológica de fincas productoras de cacao nativo en la provincia Bagua.

Sub- indicador	Variables	Valoración				
		0	1	2	3	4
A. Conservación de vida del suelo	A1. Manejo de la cobertura vegetal (%)	< 21	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
	A2. Reciclaje de biomasa	Retira biomasa del campo	Biomasa de cáscara y mucilago de la mazorca	Biomasa de podas o cáscara de mazorca	Cantidad media de Biomasa, podas más cáscara y mucilago de mazorca	Total de Biomasa, podas más cáscara y mucilago mazorca
	A3. Diversificación de cultivos	Monocultivo	Cacao + cultivos bianuales	Cacao + linderos frutales o forestales	Diversificación media Cacao + árboles frutales o forestales	Cacao + árboles frutales o forestales
B. Riesgo de erosión	B1. Pendiente predominante (%)	> 45	30 - 45	15 - 30	5 - 15	0 - 5
	B2. Cobertura vegetal (%)	< 21	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
	B3. Orientación de las hileras de cacao	Paralelas a la pendiente	Hileras sin direccionamiento	Perpendiculares y paralelas a la pendiente	Hileras perpendiculares a la pendiente	Sigue curvas de nivel
C. Manejo de la biodiversidad	C1. Biodiversidad temporal	Monocultivo, sin legumbres	Cacao + yuca	Cacao + plátano	Cacao + plátano + legumbre	Cacao + plátano + yuca + legumbre
	C2. Biodiversidad espacial	Monocultivo, sin árboles	Cacao + cultivos bianuales	Cacao + linderos frutales o forestales	Diversificación media cacao + árboles frutales o forestales	Cacao + árboles frutales o forestales

Con los profesionales expertos en la producción, aspectos de cultivo y comercialización de cacao de instituciones y con participación de productores cacaoteros de la zona de estudio se elaboraron por consenso la ponderación de los sub-indicadores y variables de cada dimensión de acuerdo Sarandón y Flores (2009) de acuerdo a su importancia relativa, considerando el factor 1 (menos importante) y el factor 2 (más importante) que fueron multiplicado por los valores de las variables y sub-indicadores. Las fórmulas empleadas para el cálculo de los indicadores de sustentabilidad fueron las usadas por Sarandón *et al.* (2006) y Sarandón y Flores (2009), ajustadas para esta investigación según se muestran a continuación:

Indicador económico (IK):

$$\frac{2[(A1+ A2) /2 + C1 + C2 + 2C3]/4}{4}$$

Indicador social cultural (ISC):

$$\frac{2[(A1+ 2A2 + 2A3 + 2A4) /7] + B + C + D}{5}$$

Indicador ecológico (IE):

$$\frac{(A1+ A2 + A3) /3 + (2B1+B2+2B3) /5 + (C1 + C2) /2}{3}$$

Luego, se calculó el índice de sustentabilidad general (ISGen) empleando los indicadores: económico (IK), sociocultural (ISC) y ecológico (IE), para ello se usó la siguiente fórmula:

$$ISGen = (IK+IE+ISC) /3$$

Para considerar sustentable a una finca cacaotera, se siguieron los criterios señalados por Sarandón *et al.* (2006), es decir debía tener un índice de sustentabilidad general mayor a 2 (ISGen > 2) y cada uno de los tres indicadores (IK, ISC, IE) también debía tener un valor no menor a 2. Luego, con los valores

promedio de cada una de las variables usadas en esta investigación se construyeron tablas y gráficos tipo ameba para conocer la sustentabilidad de las fincas de cacao nativo según el distrito de procedencia en la provincia Bagua.

Para interpretar la dispersión de los valores de la sustentabilidad de los indicadores de las fincas dentro de cada distrito, se elaboró una gráfica de cajas y bigotes empleando el software SPSS V 26.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sustentabilidad económica

En la Tabla 4 la diversificación de la producción (A1=0.9), superficie de consumo (A2=1.1) y canales de comercialización (C2=0.5) incidieron en el bajo valor de la sustentabilidad económica de las fincas que variaron IK de 1.0 a 2.0. Las fincas cacaoteras tuvieron una producción para la alimentación de 3 a 4 productos que predominó en todos los distritos, excepto en Imaza con producción menos a tres productos para la alimentación entre los productos para el autoconsumo cultivan en el entorno de las fincas fueron: plátano, zapote, cítricos, yuca, mango, palta, carambola, frijol y café que fue destinado para el consumo familiar o comercializarlo; la diversificación de la producción en las fincas es importante porque permite depender menos de los productos de los mercados y por lo tanto a un menor gasto económico (Barrientos-Felipa, 2016). Así mismo la diversificación de la producción reduce la vulnerabilidad a la variedad climática y fortalecen la fertilidad de los suelos (Nicolls *et al.* 2015). Hubo superficies de autoconsumo de 0.1 a 0.3 ha en Copallín y La Peca y menos en Imaza, los valores estarían relacionados con las prácticas agrícolas de Copallín y La Peca, distintas a la de Imaza. El cultivo de cacao nativo fue es casi en todas las fincas en áreas menores a 5 ha, siendo definidos como pequeños productores por Pinedo -Taco *et al.* (2021) vinculados a una agricultura familiar de transición por su articulación gradual al mercado y predominan en el Perú.

Tabla 4. Indicadores de sustentabilidad económica de las fincas de cacao nativo según distrito, Bagua.

Distrito	A. Autosuficiencia alimentaria		B. Ingreso neto mensual	C. Riesgo económico			IK
	A1. Diversificación de la producción	A2. Superficie de autoconsumo		C1. Número de productos que vende	C2. Canales de comercialización	C3. Dependencia de insumos externos	
Aramango	1.0	1.0	2.5	2.0	0.5	4.0	1.8
Copallín	0.8	1.2	3.0	2.7	0.7	4.0	2.0
El Parco	1.5	1.5	2.0	2.5	0.5	4.0	1.9
Imaza	0.2	0.6	1.2	1.0	0.1	4.0	1.0
La Peca	1.1	1.2	2.8	2.8	0.8	4.0	2.0
Promedio	0.9	1.1	2.3	2.2	0.5	4.0	1.7

Respecto al ingreso neto mensual (B=2.3) fue mayormente de 721 a 999 soles, aunque en fincas de Copallín y La Peca los productores percibieron 1000 a 1440 soles; pero es en Imaza donde el ingreso mensual fue el más bajo (500-700 soles) e influyendo en el IK de las fincas. Esto último estaría relacionado con el periodo de recolección de información de esta investigación donde las subvenciones económicas del Estado Peruano no llegaron oportunamente a las familias de bajos recursos económicos y comunidades nativas (Imaza) lo que afectó su condición socio económica de vida. Álvarez y Gómez (2018) en fincas productoras de arveja cultivadas en áreas de 0.5 a 1 ha en Colombia obtuvieron un IK no sustentable de 1.7 valor atribuido básicamente a las variables ingreso neto, vías de comercialización y dependencia de insumos externos.

Por otra parte, los canales de comercialización fue una debilidad de llegar de la finca cacaotera al mercado o comprador final, se realizó de forma directa del productor al comprador o indirecta mediante un intermediario. La forma predominante de comercializar fue directa en Imaza y El Parco, mientras en más del 50% fue mediante dos canales de comercialización; en general son canales de comercialización cortos y ello beneficia al comprador por el menor costo del grano de cacao (Mercado y Luján, 2020). En la sustentabilidad económica, respecto a riesgo económico fue la variable canal de

comercialización que incidió más en el demérito del IK. Anzules-Toala *et al.* (2021) refieren que el riesgo económico en la producción de cacao es un punto crítico, que se debe buscar disminuir en el tiempo.

Se encontró que en 28 de las 70 fincas evaluadas económicamente fue sustentable representado un 40% del total; ninguna finca de Imaza fue económicamente sustentable (representó el 34.3% del total de fincas); así mismo los distritos económicamente más sustentables fueron La Peca (IK=2.0) y Copallín (IK=2.0) que representaron el 22.9% y 14.3% del total de fincas, respectivamente. Comparativamente Anzules-Toala *et al.* (2021) obtuvieron un 39% de sustentabilidad en fincas cacaoteras de Ecuador, similar a lo encontrado en esta investigación.

La Figura 2 muestra que las variables diversificación de la producción, superficie de consumo y canales de comercialización son las más distantes de la máxima sustentabilidad e incidieron significativamente en el bajo valor de IK, siendo más crítico en Imaza; paralelamente las fincas no tienen dependencia de insumos externos, esto se estaría relacionado que la producción sin agroquímicos y certificada como orgánica (Rojas-Briceño *et al.* 2022). Cáceres-Yparraguirre *et al.* (2020) en fincas productoras de uva en Ica donde requieren fertilizantes sintéticos en el cultivo, no ajustándose a los objetivos de la sustentabilidad. Collantes *et al.* (2021) para el cultivo

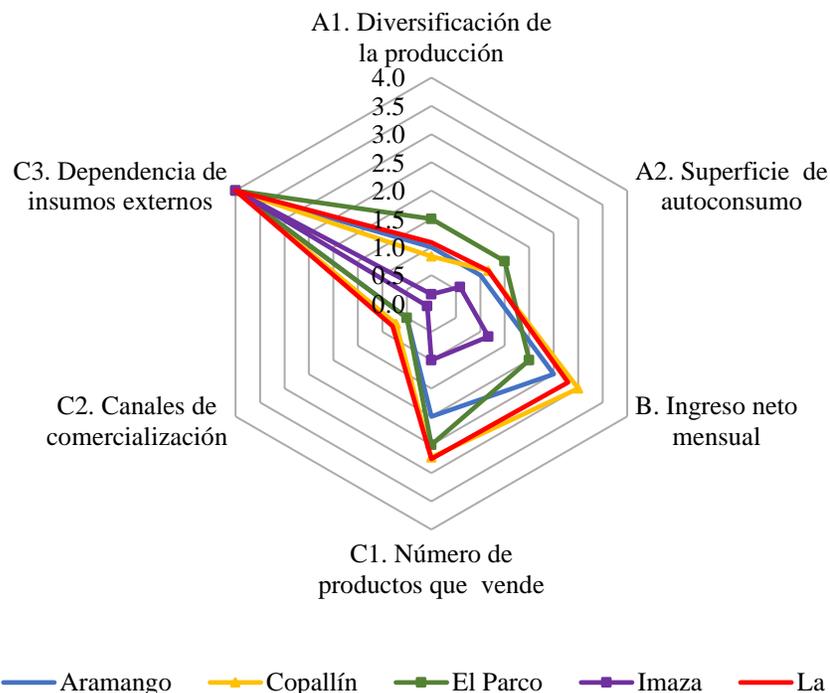


Figura 2. Comparación de las variables de sustentabilidad económica para las fincas de cacao nativo, Bagua.

de arándano azul en Cañete lo consideran los insumos externos como limitantes donde usan bolsas plásticas con sustrato adecuado y sistema de fertirriego por goteo. Por otra parte, a manera global solo Copallín y La Peca muestran el valor de $IK = 2$, límite aceptable para ser sustentable. Los valores promedios de diversificación de producción y canales de comercialización fueron los menores valores de sustentabilidad en todas las fincas influyendo en el bajo valor global de $IK=1.7$ (Hasang-Moran *et al.* 2021); además el ingreso económico y productos que se venden ($C1=2.2$) fueron los que más incidieron en el menor valor de IK de Imaza. Los valores de máxima sustentabilidad fueron atribuido a insumos externos ($C3=4.0$) que favorece la sustentabilidad; mientras la superficie de autoconsumo y canales de comercialización fueron los más distantes del umbral para para ser sustentables, por lo que se debe dar atención y mejorarlos.

Sustentabilidad sociocultural

El indicador de sustentabilidad (Tabla 5) en el componente social cultural en todas las fincas fue

mayor a 2 ($ISC=2.3$) favorecido por el aporte de la aceptabilidad del sistema de producción ($B=3.0$) e integración social ($C=3.1$). En la Figura 3 es notorio la tendencia de las curvas al interrelacionar las variables; el acceso a vivienda, salud y educación están distantes de las líneas formadas, considerados que serían puntos críticos que podrían seguir afectando la sustentabilidad en el futuro si es que no se corrigen. Díaz *et al.* (2017) para productores de fincas de tomate de árbol en Ecuador para el acceso a educación y servicios básicos reportan valores promedios sustentables de 1.61 y 3.5, respectivamente; esto manifiesta que el productor de estas fincas de Ecuador está en mejores condiciones de vida que los productores de cacao nativo de Bagua. Bedoya y Julca (2021) encontraron valores cercanos de sustentabilidad al de nuestra investigación para vivienda y servicios básicos en fincas de palto en Moquegua; el acceso a la educación y los servicios básicos satisfechos fortalecen los sistemas de producción y sustentabilidad. Santistevan-Méndez *et al.* (2018) encontraron un 55.4% de fincas de limón en Ecuador con indicadores social cultural sustentables ($ISC > 2$) favorecido principalmente por el tipo de vivienda y servicios básicos.

Tabla 5. Indicadores de sustentabilidad sociocultural de las fincas de cacao nativo según distrito, Bagua.

Distrito	A. Satisfacción de las necesidades básicas				B. Aceptabilidad del sistema de producción	C. Integración social	D. Conocimiento y conciencia ecológica	ISC
	A1. Vivienda	A2. Acceso a la educación	A3. Acceso a la salud y cobertura sanitaria	A4. Servicios básicos				
Aramango	2.0	1.5	0.5	3.0	3.0	3.0	2.0	2.3
Copallín	2.1	1.3	0.8	2.7	3.1	3.0	2.5	2.4
El Parco	1.5	1.0	0.5	2.0	3.0	3.5	2.0	2.2
Imaza	1.0	1.2	0.1	2.0	3.0	3.2	2.0	2.1
La Peca	2.1	1.7	0.7	2.8	3.1	2.8	2.2	2.3
Promedio	1.7	1.3	0.5	2.5	3.0	3.1	2.1	2.3

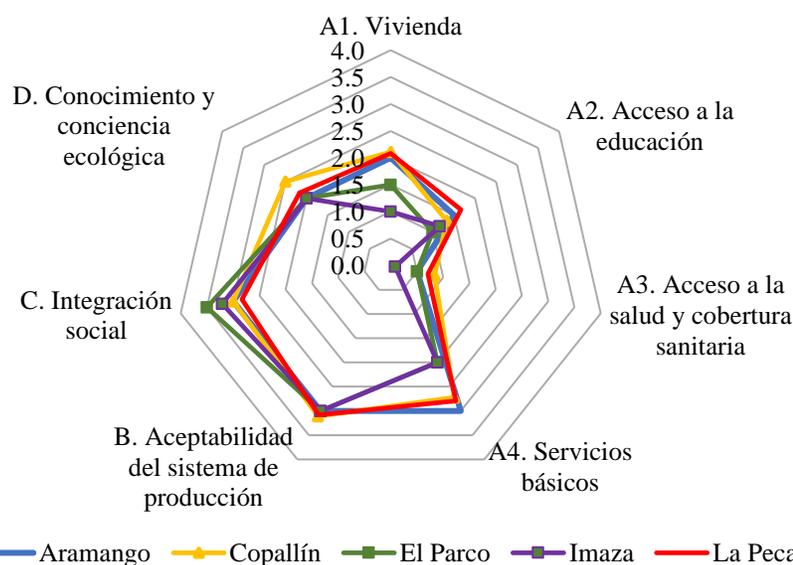


Figura 3. Comparación de las variables de sustentabilidad sociocultural para las fincas de cacao nativo, Bagua.

El conocimiento y conciencia ecológica (ISC=2.1) ligeramente superaron el umbral sustentable, esta variable tiene relación con la conservación de las fincas y su entorno; valores similares obtuvieron Anzules-Toala *et al.* (2021) para este variable (2.02) en fincas de cacao; mientras Aquino *et al.* (2021) en fincas productoras de tarwi en valle del Mantaro reportaron una sustentabilidad débil en el indicador sociocultural debido al poco conocimiento y conciencia ecológica.

El 97.1% del total de fincas fueron sustentables socioculturalmente (ISC>2.0); en general las variables de servicios básicos, aceptabilidad del sistema de producción e integración social fueron los que más aportaron en el umbral de sustentabilidad socio cultural. Anzules Toala *et al.* (2021) solo en el 47% de las fincas cacaoteras de Santo Domingo De Los Tsáchilas fueron en la dimensión socio cultural sustentable atribuido entre otros al acceso a educación y aceptación del sistema de producción que es limitante para los productores de esas fincas.

Las viviendas (A1=1.7) fueron de material noble, adobe, madera y bambú. En el caso de Imaza resaltaron las viviendas de madera y bambú; así mismo, las viviendas con piso de tierra o no terminadas de construir condiciones aceptables incidieron en el ISC. El acceso a educación (A2=1.3) y salud fueron las variables de sustentabilidad que más afectaron en forma negativa al sub-índice de satisfacción de necesidades básicas. Los productores cacaoteros en su mayoría solo han cursado el nivel primario (59.9%) seguido de secundaria (32.9%). Moreno *et al.* (2021) en fincas cacaoteras del norte centro del Ecuador reportan productores un 59.8% con estudios de secundaria y un 15.7% con primaria; Tirado-Malaver *et al.* (2021) encontraron en un 64% de productores de papa únicamente con educación primaria; sin embargo; así mismo el amplio conocimiento de las prácticas agrícolas de los productores los aprendieron en los centros de educación, capacitaciones o los jefes de las familias.

Una variable sensible en la sustentabilidad fue el acceso a la salud (A3=0.5), predominaron las postas o centros médicos sin médico permanente y sin equipamiento, muy distantes de las fincas. El 52.9% accedió a centros médicos con médico temporal o dirigido por un enfermero, mal equipados y el 47.1% accedieron a centros médicos que no tuvieron médicos, como el caso de Imaza en condiciones al acceso a la salud y cobertura sanitaria muy deficiente, donde algunas enfermedades lo tratan con plantas medicinales de su localidad. Peña *et al.* (2018) en fincas agroforestales de la Amazonía peruana reportan valores de 0.69 a 1.33 en los indicadores de la sustentabilidad socio cultural influenciados por la limitación al acceso a salud atribuido a que no hay

posta médica o solo tienen posta médico con médico temporal; resultados similares a nuestra investigación.

Respecto a los servicios básicos (A4=2.5) las fincas por partes igual a accedieron agua potable y otra agua entubada. Santistevan-Méndez *et al.* (2018) refieren a la presencia de agua como un indicador clave en la sostenibilidad de las fincas. Maraví *et al.* (2018) al caracterizar socioeconómicamente las fincas de banana en Chanchamayo reportaron los servicios básicos con agua, drenaje y luz eléctrica incompletos e inadecuados afectando la calidad de vida de los productores.

Sustentabilidad ecológica

Según la Tabla 6 el 100% de las fincas mostraron un IE>2.0 con un promedio de IE=2.4; Copallín, El Parco y La Peca tuvieron un IE=2. El reciclaje de biomasa (A2=3.0) y diversificación de cultivo (A3=2.1) favorecieron la sustentabilidad del sub indicador de conservación de vida de suelo; esto se explicaría por la producción orgánica de cacao nativo donde en el 91.4% de las fincas los productores realizan reciclaje de hojarasca y cáscara sea para cobertura vegetal o compost; sin embargo, fue deficiente el manejo de cobertura vegetal (A1= 0.5) realizándose más en Copallín contrario a Imaza donde si bien hay cobertura vegetal no realizan su manejo, en la Figura 4 se aprecia que hay más relación de asociación de las líneas formadas por las variables de la dimensión ecológica respecto a la dimensión sociocultural y económica; así mismo se aprecia el manejo de la cobertura vegetal como la variable más crítica que se debe solucionar. Márquez *et al.* (2016) reportan 100% de sustentabilidad en conservación de suelo en fincas de café orgánico en Cusco con un IE de 2.71 valor atribuido al no uso de agroquímicos y la realización de actividades agrícolas como las podas, conservación del suelo, barreras vivas y muertas.

El sub indicador riesgo de erosión fue el que más aportó a la sustentabilidad ecológica (B1=2.6, B2=3.6, B3=3.9); las fincas presentaron siembra de plántones de cacao siguiendo la curva de nivel de la finca; Bedoya y Julca-Otiniano (2021) obtuvieron resultados adversos en el sub-índice de riesgo de erosión en fincas de palto en Moquegua atribuido al bajo porcentaje de cobertura vegetal, baja asociación de cultivos, pocas áreas de conservación y riego inadecuado. Pinedo-Taco *et al.* (2020) al determinar los índices de sostenibilidad ambiental en comunidades productoras de quinua de la zona altoandina de la región Ayacucho encontraron que el indicador ecológico no fue sustentable, los sub-índices conservación de la vida del suelo y manejo de la biodiversidad estuvieron bajo el límite del umbral de la sustentabilidad, además el sub-índice riesgo de erosión mostró valores por encima del umbral

mínimo para ser sustentable favorecido por la rotación de suelos con leguminosas que incorporaron nitrógeno y la incorporación de materia orgánica durante sus prácticas agrícolas tradicionales. Álvarez-Sánchez y Gómez-López (2020) en fincas de cultivo convencional de arvejas en el municipio de Ipiales mencionan que el alto uso de insumos sintéticos provoca el deterioro de la fertilidad natural y que la pendiente muy fuerte, así como la falta de cobertura vegetal acompañante afectan el atributo de salud del cultivo.

La biodiversidad temporal (C1=1.8) y espacial (C2=2.2) en las fincas estuvo representado por plantones de cacao, plátano, yuca y frijol como biodiversidad temporal; así como árboles frutales de mango, plátano y árboles forestales como biodiversidad espacial; también el cerco perimétrico o

barreras vivas en las fincas tuvieron especies forestales como laurel, capirona, eucalipto y cedro; Imaza tuvo valores bajos de sustentabilidad aunque resaltó en sustentabilidad en biodiversidad espacial debido a su ubicación geográfica con bosques y clima, tiene aptitudes adecuadas en la elevación del suelo, temperatura y precipitaciones para el cultivo de cacao (Rojas-Briceño *et al.* 2022). Rodríguez *et al.* (2021) mencionan que el aumento de la diversidad espacial y temporal de las plantas da como resultado un uso más eficiente de los nutrientes o una mejora de los nutrientes. Taraborelli *et al.* (2022) mencionan que la biodiversidad es una de las claves para lograr un agroecosistema ecológico y productivo; además, los árboles en los ecosistemas (biodiversidad espacial) favorece el mantenimiento de la fertilidad del suelo, minimiza la erosión además puede ser refugio y alimentos para varias especies de animales.

Tabla 6. Indicadores de sustentabilidad ecológica en fincas productoras de cacao nativo en Bagua.

Distritos	A. Conservación de vida del suelo			B. Riesgo de erosión			C. Manejo de la biodiversidad		IE
	A1. Manejo cobertura vegetal (%)	A2. Reciclaje de biomasa	A3. Diversificación cultivos	B1. Pendiente predominante (%)	B2. Cobertura vegetal (%)	B3. Orientación hileras cultivo	C1. Bio-diversidad temporal	C2. Bio-diversidad espacial	
Aramango	0.5	3.0	2.0	2.5	3.5	3.5	2.0	2.0	2.3
Copallín	1.1	3.0	2.1	3.0	3.7	3.9	2.0	2.0	2.5
El Parco	0.5	3.0	2.0	3.0	4.0	4.0	2.0	2.0	2.5
Imaza	0.0	3.0	2.0	3.0	3.2	3.9	1.0	3.0	2.3
La Peca	0.6	3.0	2.2	3.0	3.8	4.0	2.0	2.0	2.5
Promedio	0.5	3.0	2.1	2.9	3.6	3.9	1.8	2.2	2.4

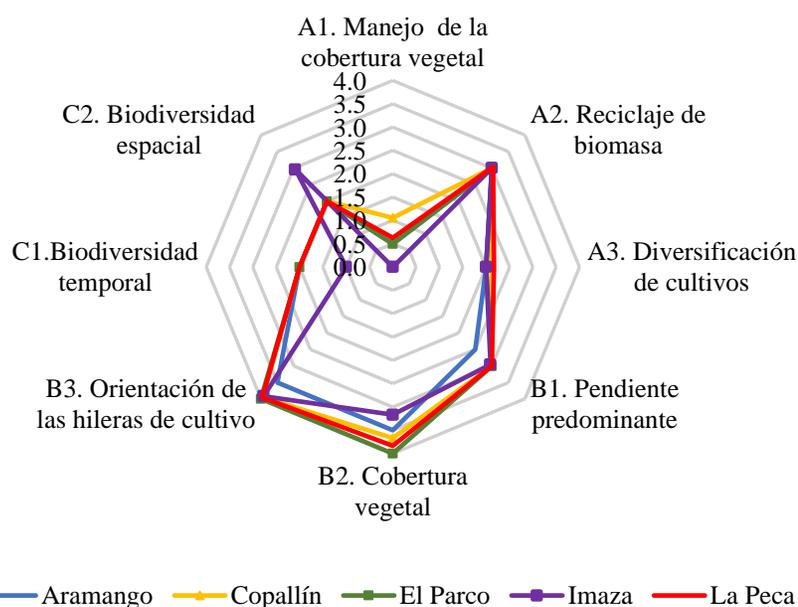


Figura 4. Comparación de las variables de sustentabilidad ecológica para las fincas de cacao nativo, Bagua.

Índice de sustentabilidad general (ISGen)

De las 70 fincas muestreadas en 28 fincas de cacao nativo fueron sustentables representando al 40% de las fincas con ISGen= 2.1 con valor de los indicadores económico, socio cultural y ecológico no menor a 2. En la Figura 5 Aramango (IK=1.8), El Parco (IK=1.9) e Imaza (IK=1.0) estuvieron bajo el umbral mínimo de sustentabilidad (valor 2) y fue el indicador económico (IK<2) el más determinante para la no sustentabilidad de las fincas por lo que es necesario solucionar las variables que conforman el indicador económico, Van-Heurck *et al.* (2020) al evaluar pequeñas fincas ganaderas en Yurimaguas reportaron valores de IK e IE por debajo del umbral de la sustentabilidad; así mismo citan que el uso de los indicadores dependen de la finca y región. Respecto a la presente investigación se coincide en que el indicador económico es una de las principales limitaciones en la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Valverde-Reyes y Pinedo-Taco (2022) al determinar el nivel de sostenibilidad de producción de camote en la provincia de Cañete emplearon una valoración de aumento de la sostenibilidad con la escala ordinal de 1 a 5, encontraron un IK y ISC de 3.18 y 3.22, respectivamente, por encima del umbral mínimo de sustentabilidad; además registraron un IS Gen=2.93 considerado como sostenibilidad crítica, esto atribuido al menor contribución del del componente ambiental (IE=2.39) dado la predominancia de la producción de monocultivo y el alta dependencia de insumos externos. También se observa en la Figura 5 que las líneas de ISC y IE están en forma equilibrada entre sí para todos los distritos y por encima del umbral

mínimo de sustentabilidad; se debe priorizar en solucionar las variables del indicador económico para acercarnos al umbral máximo de sustentabilidad (valor 4), valor ideal que se debe alcanzar para las fincas productoras de cacao nativo.

En la Figura 6, la variabilidad entre los valores de sustentabilidad de las fincas dependieron de los indicadores de sustentabilidad, siendo mayor para el indicador económico y menor para el indicador socio cultural. Entre las fincas, los valores fueron más dispersos en Aramango seguido por Imaza cuando se evaluó el indicador económico; pero fueron más homogéneos (menos dispersos) en los mismos distritos citados cuando se evaluó el indicador ecológico, manifestando similitud entre las características ecológicas entre las fincas. Sarandón y Flores (2009) mencionan que para comparar muchas fincas no se deben utilizar diagramas de ameba debido a que se superponen las líneas haciendo poco útil su análisis; más bien dicen se debe sintetizar el número de indicadores a un índice general para un mejor análisis. De acuerdo al diagrama de caja y bigotes, los valores de las medianas fueron mayores a 2 (valor mínimo umbral para ser sustentable) en los distritos Copallín y La Peca, atribuido al mejor manejo de cultivo y producción de cacao nativo. Por otra parte, hubieron fincas con valores atípicos sustentables en los distritos de Copallín, Imaza y La Peca; así mismo es muy marcado el valor de la mediana en Imaza por debajo del valor del umbral sustentable atribuido principalmente a limitaciones económicas del productor y de su finca (Fernández *et al.* 2022).

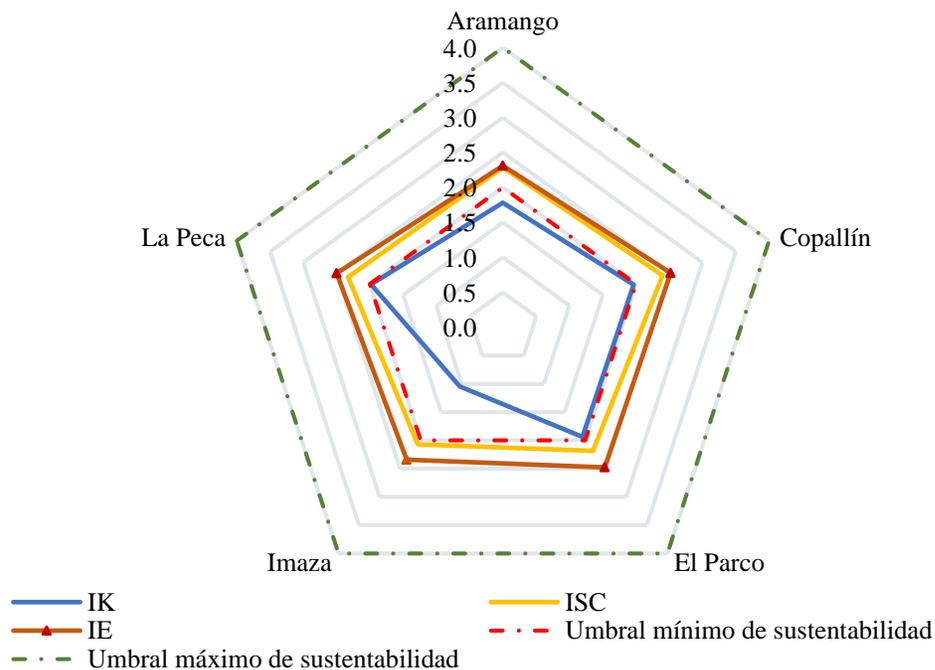


Figura 5. Comparación de los indicadores y umbrales de sustentabilidad para las fincas de cacao nativo según distritos.

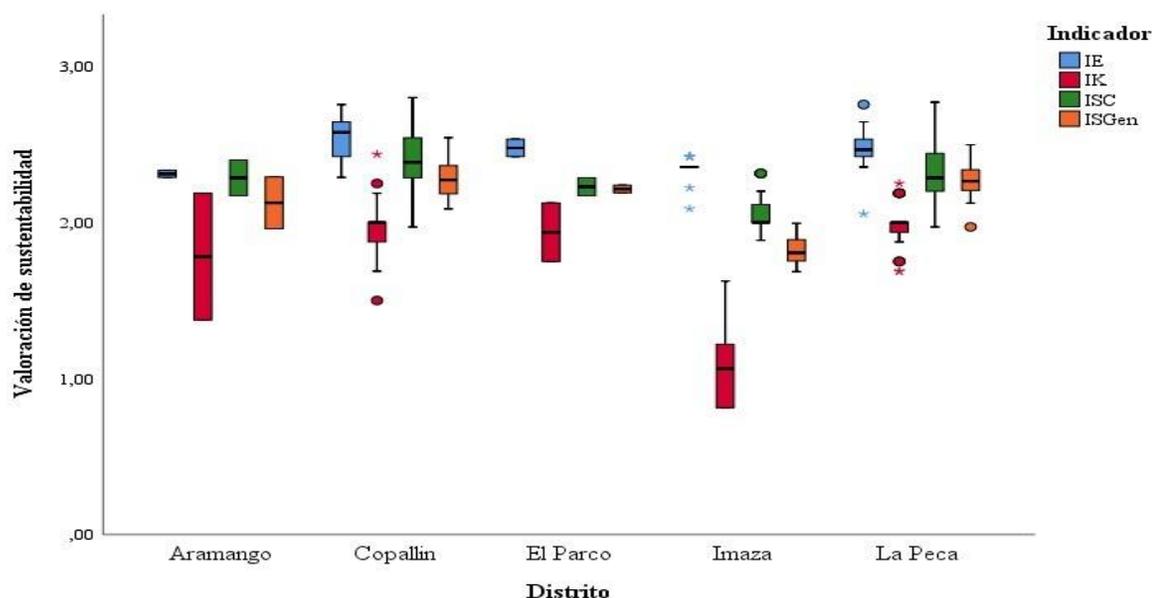


Figura 6. Diagrama de caja y bigotes para las fincas de cacao nativo según distritos

CONCLUSIONES

Se determinó que la sustentabilidad de las fincas varió según el distrito de procedencia; en la dimensión económica solo fueron sustentables las fincas de los distritos de Copallín y La Peca. En las dimensiones socio cultural y ecológica fueron sustentables todas las fincas de los distritos estudiados. A nivel de sustentabilidad general hubo sustentabilidad en las fincas de todos los distritos de la provincia de Bagua, excepto en Imaza donde fue menor al umbral mínimo de sustentabilidad. En general los puntos críticos que se deben mejorar son a nivel de las fincas la diversificación de la producción y manejo de cobertura vegetal; a nivel de los productores son los canales de comercialización, la vivienda, acceso a la educación, el acceso a la salud y cobertura sanitaria. Es necesario elaborar estrategias de mejora de los sub-indicadores principalmente autosuficiencia alimentaria, riesgo económico, satisfacción de las necesidades básicas y conservación de vida del suelo, para lograr un equilibrio de indicadores y aumentar para lograr la máxima sustentabilidad.

Agradecimientos

Al Instituto de Investigación, Innovación y Desarrollo para el Sector Agrario y Agroindustrial de la Región Amazonas (IIDAA) en Perú por el aporte con sus investigadores. A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por el aporte con la asesoría y conocimiento brindados. A la Cooperativa de Servicios Múltiples APROCAM en Bagua, por su apoyo con la recolección de información en las fincas.

Funding. The research costs were financed by the authors.

Declaration of conflict of interest. The authors declare that they have no conflict of interest in carrying out this research.

Compliance with ethical standards. Informed consent was obtained from all persons involved in the research.

Data availability. Data is available from the author for correspondence (Armstrong Barnard Fernández Jeri: armstrong.fernandez@untrm.edu.pe).

Author contribution statement (CRediT). **A. Fernández-Jeri:** Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Funding acquisition, Investigation, Methodology, Resources, Supervision, Writing-review & editing. **R. Mori-Zabarburú:** Investigation, Supervision, Writing-review. **R. Cruzalegui-Fernández:** Investigation, Supervision, Resources, Formal analysis, Writing-review. **A. Julca-Otiniano:** Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Methodology, Writing-review. **L. Fernández-Jeri:** Data curation, Formal analysis, Resources, Writing-review & editing.

REFERENCIAS

Alcívar, A., García, G., Cadena, D. and Sánchez, V., 2019. Evaluación y planificación de sistemas agroforestales sustentables de cacao (*Theobroma cacao* L.) y bambú (*Guadua angustifolia* K.), Montalvo, Ecuador. *Revista*

- Ciencia e Investigación*, 4(4), pp.10-21. <https://zenodo.org/record/3473533#ZBM3EXZBzIuU>
- Álvarez-Sánchez, D. and Gómez-López, E., 2020. Estimación de la sustentabilidad de fincas productoras de arveja en el municipio de Ipiales, Nariño-Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(1), pp. e1578. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1578>
- Anzules-Toala, V., Pazmiño-Bonilla, E., Borjas-Ventura, R., Alvarado-Huamán, L., Viviana Castro-Cepero, V. and Julca-Otiniano, A., 2021. Sustentabilidad de las fincas productoras de cacao en Santo Domingo De Los Tsáchilas, Ecuador. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(3), pp. #96 <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3720/1651>
- Aquino, V., Gómez, N., Porta, R. and Jiménez-Dávalos, J., 2021. Análisis de correspondencia múltiple de sustentabilidad en unidades productoras de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el valle del Mantaro, Perú, 40(1), *IDESIA(Chile)*, pp. 15-23. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292022000100015>
- Barrientos-Felipa, P., 2017. Estrategia de diversificación productiva en Perú y su aplicación en el sector agrícola. *Semestre Económico*, 20(44), pp. 117-136. <https://Doi.Org/10.22395/Seec.V20n44a6>
- Bedoya, E. and Julca-Otiniano, A., 2021. Sustentabilidad de las fincas de palto (*Persea americana* Mill.) en la región Moquegua, Perú. *Revista RIVAR*, 8 (22), pp. 36-50. <https://doi.org/10.35588/rivar.v8i22.4770>
- Cáceres-Yparraguirre, H., Pinedo-Taco, R. y Julca-Otiniano, A., 2020. Sustentabilidad de fincas productoras de vid (*Vitis vinifera* L.) para Pisco en la región Ica-Perú. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(3), pp. #77. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3332>
- Chopin, P., Mubaya, Ch., Descheemaeker, K., Öborn, I. and Bergkvist, G., 2021. Avenues for improving farming sustainability assessment with upgraded tools, sustainability framing and indicators. A review. *Agronomy Sustainable Development*, 41, pp. 19. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00674-3>
- Collantes, R., Rodríguez, A. and Beyer, A., 2021. Sustentabilidad de agroecosistemas de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) en Cañete, Lima, Perú. *Tecnociencia*, 23(2), pp. 244-256. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00674-3>
- Díaz, L., Canto, M., Alegre, J., Camarena, F. and Julca, A., 2017. Sostenibilidad social de los subsistemas productivos de Tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) en el Cantón Guachapala, provincia de Azuay – Ecuador. *Ecología Aplicada*, 16(2), pp. 99-104. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1013>
- Fernández, A., Chávez, S., Julca, A. and Vega, N. 2023. Atributos morfológicos y sensoriales de cacao nativo, Bagua, Perú. *Revista de la Universidad Del Zulia*, 14 (39), pp. 64-82. <http://dx.doi.org/10.46925/rdluz.39.04>
- Fernández, A., Torres, E., Chávez, S., Julca, A. and Fernández, L., 2022. Caracterización socioeconómica y ambiental de las fincas productoras de cacao nativo en la provincia de Bagua, Perú. *IDESIA (Chile)*, 40(2), pp. 67-75. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292022000200067>
- Fu, L., Mao, X., Mao, X. and Wang, J., 2022. Evaluation of agricultural sustainable development based on resource use efficiency: empirical evidence from Zhejiang province, China. *Frontiers in Environmental Science*, 10, p. 860481. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.860481>
- Geomática-INDES-CES., 2022. Laboratorio de Geomática y Teledetección. Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Perú.
- Goñas, M., Rubio, K., Rojas, N., Pariente-Mondragón, E. and Oliva-Cruz, M., 2022. Tree diversity in agroforestry systems of native fin-aroma cacao, Amazonas, *Plos One*, 17(10), pp. e0275994. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275994>
- Hasang-Moran, E., García-Bendezú, S., Carrillo-Zenteno, M., Durango-Cabanilla, W. and Cobos-Mora, F., 2021. Sustentabilidad del sistema de producción del maíz, en la provincia de Los Ríos (Ecuador), bajo la metodología multicriterio de Sarandón. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 9(1),

- pp. 26-40. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2021.090100026>
- Heredia-Rengifo, M., Torres, B., Vasseur, L., Puhl, L., Barreto, D. and Díaz-Ambrona, C., 2022. Sustainability dimensions assessment in four traditional agricultural systems in the Amazon. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, pp. 782633. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.782633>
- INEI., 2012. Características socioeconómicas del productor agropecuario en el Perú. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima. 388 pp.
- Maraví, J., Buendía, O., Alvarado, L., Ventura, R1, Castro-Cepero, V. and Julca A., 2018. Characterization of banana farms (*Musa* spp.) in Cuyani microbasin, Pichanaki district, Chanchamayo province (Junín, Perú). *Peruvian Journal of Agronomy*, 2 (2), pp. 6-13. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/jpagronomy/article/view/1200>
- Martínez, A., Grandett, L., Novoa, R., Martínez, J., Contreras, J. and Berrio, E., 2022. Análisis técnico-económico del sistema de producción de *Theobroma cacao* L. en el departamento de Sucre, Colombia. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 9 (3), pp. 46-55. <https://riiarn.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/242/214>
- Mercado, W. and Lujan, A., 2020. Canales de comercio alternativo en pequeños productores de quinua del departamento de Junín-Perú. *Natura@economía*, 5(2), pp. 52-71. <http://dx.doi.org/10.21704/ne.v5i2.1607>
- Melgarejo, S., 2019. Agroecología: de agroecosistemas a agroecosistemas sostenibles. *Revista de Tecnología*, 18(2), pp. 1-13. <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RevTec/article/view/4088>
- Mills, J., Chiswell, H., Gaskell, P., Courtney, P., Brockett, B., Cusworth, G. and Lobleby, M., 2021. Developing farm-level social indicators for agri-environment schemes: A Focus on the agents of change. *Sustainability*, 13, p. 7820. <https://doi.org/10.3390/su13147820>
- Montoya, J., Cartes, I. and Zumelzu, A., 2020. Indicators for evaluating sustainability in Bogota's informal settlements: Definition and validation. *Sustainable Cities and Society*, 53, p. 101896. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101896>
- Moreno, C., Paredes, M., Escobar, J. and Molina, J., 2021. Evaluación de la sostenibilidad socio-económica en fincas productoras de cacao en el centro-norte de Ecuador: una propuesta de estrategias inter-organizacionales. *Acta Agronómica*, 70(2), pp. 171-179. <https://doi.org/10.15446/acag.v70n2.85876>
- Motta-Delgado, P., Ocaña, H. and Rojas-Vargas, E., 2019. Indicadores asociados a la sostenibilidad de pasturas: una revisión. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2), pp. 387-408. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1464>
- Peña, J., Alegre, J. and Bardales, R., 2018. Efecto de la riqueza de las especies cultivadas en la sustentabilidad de los sistemas agroforestales en la Amazonía sur del Perú. *Ecosistemas*, 27(3), pp. 87-95. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1522>
- Pinedo, R., Gómez, L. and Julca, A., 2020. Sostenibilidad ambiental de la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los valles interandinos del Perú. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), pp. e1309. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1309>
- Pinedo-Taco, R.; Gómez-Pando, L. and Julca-Otiniano, A., 2021. Tipología de productores de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en agroecosistemas de valles interandinos de Perú. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24, pp. #110. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3658>
- Rasgado, G. and Renard, MC., 2022. El dilema de la calidad: valorización del cacao del Soconusco, Chiapas, México. *Revista RIVAR*, 9(27), pp. 22-38. <https://revistarivar.cl/images/vol9-n27/art02.pdf>
- Rodríguez, C., Dimitrova, L., Zachrisson, M. and Carlsson, G., 2021. Sustainability of diversified organic cropping systems-challenges identified by farmer interviews and multi-criteria assessments. *Frontiers in Agronomy*, 3, pp. 698968. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.698968>
- Rojas-Briceño, N., García, L., Cotrina-Sánchez, A., Goñas, M., Salas, R., Silva, J. and Oliva-Cruz, M., 2022. Land suitability for cocoa cultivation

- in Peru: AHP and MaxEnt modeling in a GIS environment. *Agronomy* 12, pp. 2930. <https://doi.org/10.3390/agronomy12122930>
- Romero, F., Julca, A., Canto, M., Soplín, H., Vargas, S. and Huerta, P., 2016. Sustentabilidad ambiental en fincas cafetaleras después de un proceso de certificación orgánica en la Convención (Cusco, Perú). *Ecología Aplicada*, 15(2), pp. 125-132. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/eau/article/view/752>
- Santistevan-Mendez, M., Borjas-Ventura, R., Alvarado-Huamán, L., Anzules -Toala, V., Castro-Cepero, V. and Julca-Otiniano, A., 2018. Sustainability of lemon (*Citrus aurantifolia* Swingle) farms in the province of Santa Elena, Ecuador. *Peruvian Journal of Agronomy*, 2(3), pp. 44-53. <http://dx.doi.org/10.21704/pja.v2i3.1210>
- Sarandón, S., Zuluaga, M., Cieza, R., Gómez, C., Janjetic L. and Negrete, E., 2006. Evaluación de la Sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*, 14(1), pp. 19-28. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/14/5>
- Sarandón, S. and Flores, C., 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología*, 4, pp. 19-28. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/117131/110801>
- Sarandón, S., 2020. Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable. Editorial de la UNLP. La Plata. 430 pp.
- Scheaffer, R., Mendenhall, W. and Otto, L., 1987. Elementos de muestreo. Traducido por G. Rondón S. y J. Gómez A. Grupo Editorial Iberoamericana S.A. de C. V. México D.F. 321 pp.
- SENAMHI., 2021. Climas del Perú. Mapa de Clasificación Climática Nacional. Boletín del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Lima.70 pp.
- Taraborelli, P., Carrasco, N., Malaspina M., Domínguez M., Belaus A., López A., Scavone AS., Barbera, A. and Zamora MY., 2022. Evaluation of agrobiodiversity and its trophic interactions as an indicator of sustainability in productive systems. *Open Journal Environmental Biology*, 7(1), pp. 006-013. <https://dx.doi.org/10.17352/ojeb.000027>
- Tirado-Malaver, R.H, Mendoza-Sáenz, J., Tirado-Lara, R. and Tirado-Malaver, R., 2021. Análisis multivariado para caracterizar y tipificar fincas productoras de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Cutervo, Cajamarca, Perú. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24, pp. #106. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3744>
- Umstätter, C., Mann, S. and Werner, J., 2022. A simple measure for workload as a social sustainability indicator for family farms. *Environmental and Sustainability Indicators*, 14, pp. 100180. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100180>
- Valarezo, C., Julca-Otiniano, A. and Rodríguez, A., 2020. Evaluación de la sustentabilidad de fincas productoras de limón en Portoviejo, Ecuador. *Revista RIVAR*, 7(20), pp. 108-120. <https://doi.org/10.35588/rivar.v7i20.4485>
- Valverde-Reyes, N. and Pinedo-Taco, R., 2022. Índice de sostenibilidad de la producción de camote (*Ipomoea batatas* Lam.): Análisis multivariado. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25, pp. #128. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.4295>
- Van-Heurck, M., Alegre, J., Solis, R., Del Castillo, Pérez, L., Lavelle, P. and Quintero, M., 2020. Measuring sustainability of smallholder livestock farming in Yurimaguas, Peruvian Amazon. *Food and Energy Security*, 9(4), pp. e242. <https://doi.org/10.1002/fes3.242>
- Vásquez-García, J., Santos-Pelaez, J., Malqui-Ramos., Vigo, C., Alvarado, W. and Bobadilla, L., 2022. Agromorphological characterization of cacao (*Theobroma cacao* L.) accessions from the germplasm bank of the National Institute of Agrarian Innovation, Peru. *Heliyon*, 8, pp. e10888. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10888>