

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**



**“SUSTENTABILIDAD DE LAS FINCAS PRODUCTORAS DE
CACAO NATIVO (*Theobroma cacao* L.) EN LA PROVINCIA DE
BAGUA, AMAZONAS, PERÚ”**

Presentada por:

ARMSTRONG BARNARD FERNÁNDEZ JERI

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**

Lima – Perú

2023

Tesis Armstrong Fernandez

por ARMSTRONG FERNÁNDEZ

Fecha de entrega: 13-jul-2023 08:25a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2130565682

Nombre del archivo: TESIS_ARMSTRONG_FERN_NDEZ.pdf (6.45M)

Total de palabras: 24090

Total de caracteres: 101931

Tesis Armstrong Fernandez

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	1library.co Fuente de Internet	1%
3	erp.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador Trabajo del estudiante	1%
5	assets.ctfassets.net Fuente de Internet	1%
6	vsip.info Fuente de Internet	1%
7	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
8	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	produccioncientificaluz.org Fuente de Internet	

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

**“SUSTENTABILIDAD DE LAS FINCAS PRODUCTORAS DE
CACAO NATIVO (*Theobroma cacao* L.) EN LA PROVINCIA DE
BAGUA, AMAZONAS, PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
DOCTORIS PHILOSOPHIAE**

**Presentada por:
ARMSTRONG BARNARD FERNÁNDEZ JERI**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Ricardo Borjas Ventura
PRESIDENTE

Dr. Alberto Julca Otiniano
ASESOR

Ph.D. Jorge Jiménez Dávalos
MIEMBRO

Dr. Américo Guevara Pérez
MIEMBRO

Ph.D. Lázaro Alberto Anculle Arenas
MIEMBRO EXTERNO

DEDICATORIA

A mi madre Alicia Jeri León.

A mis hermanos Antonio y Leoncio.

A mi esposa y compañera de vida Nancy Rocío.

AGRADECIMIENTOS

- A los docentes de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) por las enseñanzas académicas y a los administrativos por el apoyo en los trámites administrativos, muy especial al prestigioso Programa de Doctorado en Agricultura Sustentable de la UNALM.
- Al Dr. Alberto Marcial Julca Otiniano por su asesoría, su motivación y orientación en todo momento, aporte muy valioso durante la ejecución de la presente tesis.
- A la Cooperativa de Servicios Múltiples APROCAM, Bagua y a los pequeños productores de cacao de la región Amazonas; por permitirme el ingreso a sus fincas y el apoyo en la recolección de muestras e información en ellas obtenidas.
- A los investigadores y docentes de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas por su aporte en el análisis de datos y consejos para la ejecución de la presente tesis doctoral.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	01
II. REVISIÓN DE LITERATURA	04
2.1. CULTIVO DE CACAO	04
2.1.1. Distribución de cacao	04
2.1.2. Taxonomía y clasificación	04
2.1.3. Tipos de cacao	05
2.1.4. Enfermedades en el cacao	06
2.1.5. Plagas en el cacao	09
2.1.6. Cosecha y poscosecha del cacao	10
2.1.7. Manejo del cultivo de cacao en el Perú	12
2.2. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL CACAO DE PERÚ	13
2.3. MORFOLOGÍA Y DESCRIPTORES DEL CACAO	15
2.4. ATRIBUTOS SENSORIALES DEL CACAO	16
2.5. CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LOS AGROECOSISTEMAS	17
2.6. AGRICULTURA SUSTENTABLE	18
2.7. DIMENSIONES DE LA SUSTENTABILIDAD	19
2.8. INDICADORES DE LA SUSTENTABILIDAD	20
2.8.1. Construcción de indicadores	20
2.8.2. Estandarización y ponderación de los indicadores	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	22
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	23
3.3. CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE FINCAS CACAOTERAS EN LA PROVINCIA DE BAGUA	23
3.3.1. Etapas del proceso metodológico	23
3.3.2. Población y muestra	24
3.3.3. Análisis de conglomerados	25

3.4.	CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE CACAO NATIVO EN LA PROVINCIA BAGUA	25
3.4.1.	Recolección de muestras	25
3.4.2.	Determinación de características morfológicas y sensoriales	25
3.4.3.	Análisis fisicoquímico	26
3.4.4.	Análisis de datos de las características sensoriales y descriptores	27
3.5.	ANÁLISIS DE LA SUSTENTABILIDAD DE LAS FINCAS PRODUCTORAS DE CACAO NATIVO EN LA PROVINCIA BAGUA	27
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1.	CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE FINCAS PRODUCTORAS DE CACAO NATIVO EN LA PROVINCIA BAGUA	30
4.1.1.	Características socioeconómicas del productor de cacao nativo	30
4.1.2.	Características de servicios y asistencia del productor de cacao nativo	32
4.2.	CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, SENSORIAL Y MORFOLÓGICA DE CACAO NATIVO EN LA PROVINCIA BAGUA	43
4.2.1.	Características físicas de cacao nativo	43
4.2.2.	Características químicas de cacao nativo	46
4.2.3.	Características sensoriales y morfología de cacao nativo	48
4.3.	ANÁLISIS DE LA SUSTENTABILIDAD DE LAS FINCAS PRODUCTORAS DE CACAO NATIVO EN LA PROVINCIA BAGUA	53
4.3.1.	Sustentabilidad económica	53
4.3.2.	Sustentabilidad sociocultural	56
4.3.3.	Sustentabilidad ecológica	60
4.3.4.	Índice de sustentabilidad general (ISGen)	62
V.	CONCLUSIONES	65
VI.	RECOMENDACIONES	66
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
VIII.	ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Producción de cacao (en miles de toneladas)	14
2	Distribución de fincas productoras de cacao nativo por distrito en la provincia Bagua	24
3	Sub-indicadores (A, B, C) y variables (A1, A2, C1, C2, C3) seleccionados para evaluar la sustentabilidad económica de fincas productoras de cacao nativo	27
4	Sub-indicadores (A, B, C, D) y variables (A1, A2, A3, A4) seleccionados para evaluar la sustentabilidad sociocultural de fincas productoras de cacao nativo	28
5	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	28
6	Características socioeconómicas y ambientales de la finca según el distrito de procedencia	37
7	Correlación de las variables para las dimensiones por AFMC en fincas de cacao nativo	41
8	Características físicas del fruto de cacao nativo en Bagua	45
9	Características sensoriales, químicas y descriptores morfológicos de cacao nativo	48
10	Análisis de los componentes principales de las características físicas del fruto de cacao nativo	50
11	Resumen de la prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis	53
12	Indicadores de sustentabilidad económica de las fincas de cacao nativo según distrito	54
13	Indicadores de sustentabilidad sociocultural de las fincas de cacao nativo según distrito	58
14	Indicadores de sustentabilidad ecológica en fincas productoras de cacao nativo	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Infección de planta de cacao con <i>Phytophthora</i> sp	07
2	Infección de planta de cacao con <i>Moniliophthora perniciosa</i> en fincas de Amazonas	08
3	Infección de planta de cacao con <i>Moniliophthora roreri</i> en fincas de Amazonas	09
4	Vista dorsal de insectos presentes en cultivos de cacao	11
5	Exportación de cacao de Perú (en millones US\$ FOB)	15
6	Zona de estudio de las fincas de cacao nativo en Bagua, Amazonas	22
7	Mediciones morfológicas de cacao	26
8	Comparación de las principales características socioeconómicas del productor de cacao nativo en Bagua (porcentaje)	31
9	Caracterización socioeconómica del productor de cacao nativo en Bagua (porcentaje)	32
10	Comparación de principales características de servicios y asistencia del productor de cacao nativo en Bagua (porcentaje)	33
11	Características de servicios y asistencia del productor de cacao nativo en Bagua (porcentaje)	35
12	Características ambientales de las fincas de cacao nativo en Bagua (porcentaje)	39
13	Formación de grupos con similitud de las características de las fincas de cacao nativo	42
14	°Brix del mucílago de cacao nativo según lugar de procedencia	47
15	pH del mucílago de cacao nativo según lugar de procedencia	47
16	Sedimentación de los componentes principales	51
17	Agrupamiento de los genotipos de cacao nativo según las características físicas del cacao nativo	51
18	Agrupamiento de las fincas de cacao nativo según las características físicas del cacao nativo	52
19	Comparación de las variables de sustentabilidad económica	56
20	Comparación de las variables de sustentabilidad sociocultural	58
21	Comparación de las variables de sustentabilidad ecológica	62
22	Comparación de los indicadores y umbrales de sustentabilidad según distritos	64

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Encuesta de caracterización socioeconómica y ambiental de fincas productoras de cacao nativo, Bagua	83
2	Encuesta económica, sociocultural y ecológica sobre la sustentabilidad de las fincas productoras de cacao nativo, Bagua	88
3	Valoración de sub-indicadores y variables para determinar el indicador económico	91
4	Valoración de sub-indicadores y variables para determinar el indicador sociocultural	93
5	Valoración de sub-indicadores y variables para determinar el indicador ecológico	95
6	Sustentabilidad de los indicadores e índice general de sustentabilidad de las fincas de cacao nativo, Bagua	97
7	Coordinación y socialización con productores y comunidad	98
8	Servicios básicos y acceso a fincas de cacao	99
9	Cercos y actividades desarrolladas en fincas de cacao	100
10	Manejo de compostaje en fincas de cacao	101
11	Cobertura vegetal en fincas de cacao	103
12	Actividades para la caracterización fisicoquímica, sensorial y morfológica de cacao	104
13	Pruebas morfológicas de cacao	106

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo general determinar la sustentabilidad de las fincas productoras de cacao nativo (*Theobroma cacao* L.) en la provincia de Bagua, Amazonas, Perú. Los objetivos específicos fueron (i) Caracterizar y tipificar las fincas productoras de cacao nativo (ii) Realizar la caracterización fisicoquímica, sensorial y morfológica de los genotipos de cacao nativo y (iii) Realizar el análisis de la sustentabilidad de las fincas productoras de cacao nativo. Para el primer y segundo objetivo, se diseñaron encuestas y para el tercero, se realizaron análisis en laboratorio. Los resultados mostraron que las fincas presentan diversas características, sociales, económicas y ambientales. Pero se clasificaron en tres grupos, cuantitativamente casi similares, el Grupo 1, reunió al 38.6 por ciento de fincas, seguido del Grupo 3 que aglutinó al 31.4 por ciento de fincas y el Grupo 2 que tuvo el 30.0 por ciento de fincas. Las características físicas del cacao nativo dependen del lugar de procedencia siendo los valores de los pesos de fruto y cáscara más altos en La Peca. Las características químicas y sensoriales determinan un grano dulce, ligera acidez y con una longitud (> 1.2 cm). El color predominante del fruto fueron amarillo (88.6 por ciento), forma elíptica (80 por ciento) y constricción basal ausente (71.4 por ciento). El análisis de agrupamiento, mostró una relación entre las características físicas de los frutos de Imaza con los de La Peca. La sustentabilidad de las fincas productoras de cacao nativo, varió de un distrito a otro. De todas las fincas evaluadas, solamente el 40 por ciento fueron sustentables. El indicador económico (IK) fue el que con mayor frecuencia tuvo valores menores a 2 y, por lo tanto, el que influyó negativamente para que una determinada finca no lograra la sustentabilidad.

Palabras clave: Caracterización, cacao nativo, análisis sensorial, sustentabilidad, calidad.

ABSTRACT

The general objective of this research was to determine the sustainability of native cocoa (*Theobroma cacao* L.) producing farms in the province of Bagua, Amazonas, Peru. The specific objectives were (i) Characterize and typify the farms that produce native cocoa (ii) Carry out the physicochemical, sensory and morphological characterization of the native cocoa genotypes and (iii) Carry out the analysis of the sustainability of the farms that produce native cocoa. For the first and second objectives, surveys were designed and for the third, laboratory analyzes were performed. The results showed that the farms present diverse social, economic and environmental characteristics. But they were classified into three groups, quantitatively almost similar, Group 1, brought together 38.6 percent of farms, followed by Group 3, which brought together 31.4 percent of farms, and Group 2, which had 30.0 percent of farms. The physical characteristics of native cocoa depend on the place of origin, with the values of the highest fruit and shell weights in La Peca. The chemical and sensory characteristics determine a sweet grain, light acidity and with a length (> 1.2 cm). The predominant color of the fruit was yellow (88.6 percent), elliptical shape (80 percent) and absent basal constriction (71.4 percent). The grouping analysis showed a relationship between the physical characteristics of the Imaza fruits with those of La Peca. The sustainability of native cocoa producing farms varied from one district to another. Of all the farms evaluated, only 40 percent were sustainable. The economic indicator (IK) was the one that most frequently had values less than 2 and, therefore, the one that had a negative influence so that a certain farm did not achieve sustainability.

Keywords: Characterization, native cocoa, sensory analysis, sustainability, quality.

I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol tropical tolerante a la sombra, es cultivado en regiones tropicales que incluyen América del Sur, África Occidental y Asia sudoriental. Esta planta, se puede cultivar utilizando un sistema agroforestal en asociación con otros árboles que proporcionan sombra y en otros casos inclusive en un sistema intensivo con variedades seleccionadas que se manejan bajo sombra mínima homogénea o sin sombra (Lewis *et al.* 202; Tschardtke *et al.* 2022). *Theobroma cacao* L. es un árbol de la familia Malvaceae, nativo de las regiones tropicales húmedas centrales y septentrionales de América del Sur; se considera que es un cultivo originario de la región de la Amazonía, cuya planta puede alcanzar alturas de hasta 10 m, frutos que miden entre 15 y 25 cm, que contienen de 30 a 40 semillas (Julca-Otiniano *et al.* 2021). El cacao es una especie de gran importancia económica a nivel mundial, prospera en ambientes tropicales y sus granos son la principal materia prima para la fabricación de chocolate (Dzandu *et al.* 2021).

Hay tres grupos genéticos del cacao comúnmente reconocidas: Forastero, Criollo y Trinitario; un cuarto grupo crece en Ecuador y se denomina Nacional; el grupo forastero es el más cultivado en el mundo por su alta resistencia a enfermedades; mientras los Trinitarios tienen alta productividad y resistencia a enfermedades. Sin embargo, estos dos grupos tienen menor calidad para la producción de chocolates (Castro-Alayo *et al.* 2019; Ramos *et al.* 2020); mientras que el Nacional es un tipo de cacao con una calidad que le permite considerarla entre los llamados finos de aroma. Los principales productores de cacao en América Latina son Brasil, Ecuador, Perú, Colombia, Venezuela y Trinidad y Tobago, países en los que el impacto socioeconómico del cultivo es importante ya que es el sustento de miles de pequeños productores y sus respectivas familias.

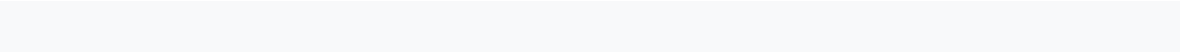
El Perú, se está posicionando en los mercados extranjeros como productor de cacao del tipo fino de aroma y cuenta con una alta diversidad y variabilidad genética de esta especie. A la fecha se han identificado y caracterizado 146 accesiones de cacao nativo fino de aroma, algunos de estos se encuentran en las regiones de Amazonas, San Martín y Cajamarca (Moreno *et al.* 2021; Vásquez-García *et al.* 2022). En nuestro país se tienen más de 120 mil hectáreas cultivadas, la región más importante es San Martín, que produce más del 40 por ciento del total nacional. La región Amazonas solo representa el 5 por ciento del total (Julca *et al.* 2021); no obstante, las provincias de Bagua y Utcubamba presentan una gran variedad de genotipos de cacao finos de aroma, que tienen atributos sensoriales únicos, distintos a otras regiones del Perú, convirtiéndolos de gran importancia económica por su versatilidad de usos en la confitería artesanal, la industria cosmética y la producción de chocolates (Valle-Epquin *et al.* 2020; Alviárez *et al.* 2022). En esta región, parte del grano fermentado y seco, es destinado al mercado italiano, además ha recibido la denominación de origen “Cacao Amazonas Perú” por parte del Estado peruano (Castro-Alayo *et al.* 2019; Valle-Epquien *et al.* 2020). A pesar de estas importantes características atribuidas al cacao de Amazonas, es necesario el estudio amplio de este sector económico. Por ejemplo, hay necesidad de hacer una caracterización de las fincas de los productores de cacao y estudiar la sustentabilidad de las mismas, también de investigar las características físico y químicas de los tipos de cacao presentes en la región.

Por lo expuesto, este trabajo de tesis, tuvo los siguientes objetivos:

Objetivo General:

- Determinar la sustentabilidad de las fincas productoras de cacao nativo (*Theobroma cacao* L.) en la provincia de Bagua, Amazonas, Perú.

Objetivos específicos:

- Caracterizar y tipificar las fincas productoras de cacao nativo en los distritos de Aramango, Copallín, El Parco, Imaza y La Peca en la provincia Bagua, Amazonas, Perú.
 - Realizar la caracterización fisicoquímica, sensorial y morfológica de los genotipos de cacao nativo colectados en los distritos de Aramango, Copallín, El Parco, Imaza y La Peca en la provincia Bagua, Amazonas, Perú.
 - Realizar el análisis de la sustentabilidad de las fincas productoras de cacao nativo en los distritos de Aramango, Copallín, El Parco, Imaza y La Peca en la provincia Bagua, Amazonas, Perú.
- 

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CULTIVO DE CACAO

2.1.1. Distribución de cacao

La distribución de *Theobroma cacao* es de la zona de los bosques del Amazonas hasta el Orinoco y Tabasco en el sur de México como el centro de origen del cacao domesticación del cacao que ocurrió en América del Sur y luego se extendió a América Central y Sur de México, llevado por los indios migratorios. Hay evidencia mínima sobre la práctica del cultivo del cacao por parte de los diversos grupos indígenas de la Amazonía selva tropical (Umaharan 2018).

2.1.2. Taxonomía y clasificación

El *Theobroma* es de origen exclusivamente neotropical y su dispersión natural es en los trópicos; diversos estudios sobre sus características morfológicas, anatómicas, palinológicas y características químicas, así como sus secuencias de ADN han confirmado la inclusión de la familia *Sterculiaceae*. La clasificación taxonómica fue realizada por el suizo Carlos Linneo en 1753. Desde ese año, pertenece al género *Theobroma*, familia *Sterculiaceae*, y para el año 2003 fue reclasificada en la familia Malvaceae. Dentro del género hay 22 especies, de las cuales el *Theobroma cacao* y el *Theobroma glandiflorum* son las de gran valor comercial (Martínez *et al.* 2022a).

Hay diversas formas de clasificarlas, desde 1882 por el investigador Morris quien clasificó en clase I: cacao Nacional (rojo) y clase II: cacao Forastero (variedades verrugoso amarillo, verrugoso colorado, liso amarillo, calabacillo y otros); en 1963 el investigador Urquhart lo clasificó en Nacionales, Forasteros finos (Ecuador, Trinidad) y Forasteros ordinarios (África Occidental, Brasil); en 1994 a través de marcadores RLFP y RAPD aún se tiene la

clasificación de tres grupos originarios: Nacional, Forastero y Trinitario (Martínez *et al.* 20215; Umaharan 2018; Jean-Marie *et al.* 2022).

Desde el año 2008 se ha demostrado una nueva clasificación basada en criterios genéticos y se han definido 10 grupos genéticos: Marañón, Curaray, Nacional, Iquitos, Nanay, Contamana, Amelonado, Purús, Nacional y Guayana, lo que sugiere que la clasificación morfogeográfica es ahora obsoleta (Martínez *et al.* 2022a; Umaharan 2018; Jean-Marie *et al.* 2022).

2.1.3. Tipos de cacao

El cacao se ha clasificado tradicionalmente en los tres grupos: Criollo, Forastero y Trinitario; pero al que se suma el Nacional, presente en Ecuador. Sin embargo, en los últimos años los estudios moleculares han identificado diez grupos germoplásmicos que son Amelonado, Contamana, Criollo, Curaray, Guiana, Iquitos, Marañón, Nacional, Nanay y Purus (Motamayor *et al.* 2008; Cornejo *et al.* 2018) y la mayor parte de estos grupos estarían en el Perú. García (2010), estudia y clasifica 73 cultivares de cacao en los 4 grupos ya conocidos: Trinitario, Forasteros, Criollos y Nacional; pero adicionan otros grupos a los que denomina Cultivares Misceláneos, Cultivares Huallaga, Cultivares Ucayali-Urubamba, Cultivares Marañón y Cultivares Nativos, además de incluir un grupo de selecciones híbridas de la UNAS. Toda clasificación tiene ventajas y desventajas, y no siempre los usuarios están de acuerdo con la misma. Julca-Otiniano *et al.* (2021), consideran que la clasificación de tres grupos, sigue siendo la más empleada y la más didáctica.

En los últimos años los estudios moleculares han identificado diez grupos genéticos incluyendo Nacional (que incluye a Nacional de Ecuador y blanco de Piura del norte costa peruana) y se originó a partir del cacao domesticado por primera vez por la cultura Moche-Chinchipe-Marañón. El grupo Nacional se refiere al cacao domesticado en Centroamérica por las civilizaciones Olmecas y Mayas, en Centroamérica hay una base genética muy restringida originados a partir de materiales de propagación introducidos desde el Amazonas; algunos cacaos son finos o de aroma de la mejor calidad con variedades de baja productividad y altamente susceptibles a plagas y enfermedades; por los cacaos Nacionales

se cultivan menos; así mismo las plantaciones criollas es menor que la de Forastero (Martínez y Pérez 2015; Jean-Marie *et al.* 2022; Cecarelli *et al.* 2022).

El grupo Forastero con semillas de color morado oscuro incluye varias poblaciones diversas, pero no especificadas de la Amazonía, a menudo de menor calidad, pero mayor resistencia a enfermedades y productividad. el grupo Trinitario se originó luego por hibridación entre Forastero y Nacional. Si bien tradicionalmente solo Nacional y Trinitario han sido considerados como cacao fino o de aroma y Forastero como cacao a granel, ahora está claro que el grupo Forastero abarca una diversidad increíble, incluyendo variedades de fino sabor como “chuncho” de Perú (Cecarelli *et al.* 2022).

Al clasificar las variedades de cacao cultivados en la región Amazonas se tiene que la mayor producción es para CCN-51 con 75 por ciento, 72.7 por ciento y 78.3 por ciento en Bagua, Utcubamba y Condorcanqui, respectivamente; mientras para Nacional es 22.5 por ciento, 22.8 por ciento y 21.7 por ciento en Bagua, Utcubamba y Condorcanqui, respectivamente. Otras variedades como ICS95 comprenden hasta 2.5 por ciento del total de las variedades de cacao; si bien la variedad criolla es relevante de fino aroma, su rendimiento es bajo (700-900 kg/ha); es recomendable en Amazonas en el corto tiempo el ingreso de híbridos con aromas agradables (alto rendimiento 2500 kg/ha); así mismo entre las regiones Amazonas, Cajamarca y San Martín se han encontrado nuevos grupos como Bagüino, Indes, Toribianos y Cajas con características sensoriales frutales y florales (Oliva-Cruz *et al.* 2022).

2.1.4. Enfermedades del cacao

Se describen las principales enfermedades del cacao, siendo las siguientes:

La mazorca negra (*Phytophthora* sp.)

Ataca a diferentes órganos de la planta, siendo las mazorcas uno de los más delicados. Las pérdidas pueden fluctuar de 20 a 30 por ciento, si no existe control las mazorcas infectadas se pudren en un plazo de 10 a 15 días. En la **Figura 1** se aprecia la infección de planta de cacao con *Phytophthora* sp.; los síntomas pueden afectar el tronco, ramas, hojas y frutos:

además, afecta las plántulas de cacao a nivel de invernadero. Sin embargo, el mayor impacto de esta enfermedad se da en los frutos, donde la aparición de estos síntomas es muy rápida. Es una enfermedad de distribución mundial causada por el patógeno *Phytophthora palmivora*, los signos del patógeno aparecen de manera muy rápida iniciando con su micelio, el cual forma un algodoncillo blancuzco (Jaimes y Aranzuzu 2010; Leandro-Muñoz y Cerda 2021).



Figura 1. Infección de planta de cacao con *Phytophthora* sp

Fuente: Martínez y Pérez (2015)

Escoba de bruja

Es una enfermedad fúngica importante del cultivo. Es ocasionada por el hongo *Moniliophthora perniciosa* (**Figura 2** caso de cacao en fincas de la región Amazonas infestado). Este patógeno afecta a los árboles de manera sistémica, desarrollando crecimientos anormales en ramas, brotes y frutos. Las deformaciones y las manchas pardas de los frutos pueden confundirse con síntomas de la moniliasis; sin embargo, el acortamiento de los entrenudos en las ramillas y la formación de “sombrillas”, debajo de los cuales se forman las esporas o estructuras reproductivas, son muy característicos de esta enfermedad (Jaimes y Aranzuzu 2010; Leandro-Muñoz y Cerda 2021; Ramos 2022).



Figura 2. Infección de planta de cacao con *Moniliophthora perniciosa* en fincas de Amazonas

Fuente: Ramos (2022)

Moniliasis

Causada por el hongo *Moniliophthora roreri*, es una enfermedad fúngica severa que hasta ahora se encuentra en 11 países de América Latina. El daño causado por esta enfermedad varía desde 25 por ciento hasta la pérdida total de la producción. Los frutos (**Figura 3**) son el único órgano susceptible a esta enfermedad; la aparición de los síntomas externos tarda entre 40 a 60 días, pero cuando el fruto es joven y las condiciones ambientales son ideales para el hongo (incremento de la lluvia y la temperatura), este período se acorta. La infección por moniliasis ocurre de adentro hacia afuera; las condiciones climáticas y la cantidad de esporas libres son factores determinantes en el ciclo de vida de *M. roreri*. El ciclo comienza con la estación seca, época en la que se encuentran la mayor cantidad de esporas disponibles en el ambiente. Sin embargo, para que inicie la infección es necesario que existan condiciones de humedad (Jaimes y Aranzuzu 2010; Leandro-Muñoz y Cerda 2021; Alejandría 2021).



Figura 3. Infección de planta de cacao con *Moniliophthora roreri* en fincas de Amazonas

Fuente: Alejandría (2021)

2.1.5. Plagas en el cacao

Carmenta foraseminis Eichlin, es una plaga de importancia económica, perfora el fruto y afecta de manera directa la producción de cacao. Los insectos perforadores del fruto de cacao se ubican en tres familias diferentes de Lepidopteros, de los géneros *Carmenta*, *Stenoma* y *Ecdytolopha*, siendo las larvas los responsables de barrenar frutos desde verde hasta maduros. Dentro de ello la especie *Carmenta foraseminis* Eichlin, genera los daños económicos más graves. La presencia del insecto dentro de los frutos solo puede percibirse después de desarrollo larvario completo, por lo tanto, antes de pupar se esconde internamente de la corteza o exocarpio, dejando una fina película, que, externamente, se presenta como mancha e internamente como agujero (Alomía *et al.* 2021; Mendoza 2022).

La polilla *C. foraseminis* es la plaga de mayor importancia económica en la región San Martín de Perú; las mazorcas se ven perforadas y con una consecuente pudrición secundaria

causada por el pseudo hongo *Phytophthora palmivora*, lo cual hace que la producción se vea diezmada. El fruto del “cacao” se vuelve más susceptible al “mazorquero” a partir de los 3.5 meses de edad. Si la plaga ingresa al fruto antes de los cuatro meses, estas provocarían una madurez prematura ocasionando pérdida de calidad del grano. La incidencia de *C. forasemini* influye en la aparición de *P. palmivora* “pudrición parda” y *M. roreri* “moniliasis” (Alomía *et al.* 2021; Mendoza 2022).

Los cacaos criollos muestran mayor tolerancia respecto al híbrido CCN-51. *Phytophthora palmivora* es el principal problema fungoso de frutos, independientemente y asociado a *Carmenta forasemini*, ya que este insecto genera la herida por el cual penetra *P. palmivora*; la variedad más susceptible a *Phytophthora* y *Carmenta* es CCN-51 y la más susceptible a *Carmenta* es ISC-95, las variedades criollas muestran mayor tolerancia para ambas plagas (Alomía *et al.* 2021; Mendoza 2022). En la **Figura 4** se observan dorsalmente los insectos encontrados en el cacao de la Amazonía peruana.

2.1.6. Cosecha y poscosecha de cacao

En el Perú se cosecha tres variedades de cacao que deben cumplir diversos requisitos al ser plantados como por ejemplo que sus suelos no retengan el agua, debe ser fértil o muy ricos en nutrientes en un clima con temperatura no mayor a 29°C y teniendo hasta dos cosechas por año (López *et al.* 2020).

La recolección del fruto inicia en la etapa de maduración, en la que hay cambio de color del fruto que depende del genotipo; en su estado inmaduro es verde y en su estado de madurez puede ser amarillo, marrón, naranjado, rojo o púrpura. Los frutos llegan a su madurez fisiológica entre los cinco a seis meses después de la floración; paralelamente produce sabores inicialmente predominantemente amargos y astringentes, pero al madurar sobresalen los sabores dulces.



A. *Xanthochilus* sp.



B. *Lepturges* sp.



C. *Edessa meditabunda*



D. *Carmenta foraseminis*



E. *Aphis fabae*



F. *Atta cephalotes*

Figura 4. Vista dorsal de insectos presentes en cultivos de cacao. Escala representa 1 mm

Fuente: Mendoza (2022)

La cosecha de los frutos se realiza con una tijera podadora manual u horquilla (media luna), cortando adecuadamente el pedúnculo sin afectar los cojines florales. Se debe tener en cuenta no recolectar frutos inmaduros o sobre maduros dado que los granos cambian su calidad es menor. Así mismo, si los granos son destinados a la fermentación es preferible que no sea más de dos días el tiempo desde el momento de la recolección del fruto de la planta, separación del grano y su posterior fermentación (Martínez *et al.* 2022a).

También, se puede emplear otros indicadores de cosecha como son el índice de mazorca (más usado como indicador de productividad), índice de grano (muy usado en procesos de tostado) y el porcentaje de cascarilla (muy relacionado con el rendimiento de la planta) muy solicitados en la comercialización y cuando están destinados para procesamientos (Quintana *et al.* 2015).

2.1.7. Manejo del cultivo de cacao en el Perú

La temperatura para el cultivo de cacao es importante debido a su relación con el desarrollo, floración y fructificación. En Perú la media anual debe estar alrededor de los 23°C a 32°C, con precipitaciones óptimas de 1600 a 2500 mm anuales. En Perú el cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivándose desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud, sin embargo, en latitudes cercanas al ecuador las plantaciones se desarrollan normalmente en mayores altitudes, desde los 1000 a los 1400 msnm. El cultivo requiere necesidades de humedad relativa anual promedio de entre el 70por ciento y 80por ciento. Además, es apropiado para suelos aluviales, francos y profundos con subsuelo permeable de fácil penetración por parte de la raíz pivotante y una adecuada profundidad, además se deben buscar suelos negruzcos que presenten menos. Se utiliza la siembra de 3x3 metros de distancia entre plantas, pero recomiendan mayores poblaciones por hectárea, en patrones de siembra de 3x2 m y 3x1.5 o 1 m para densidades de 1666 y 3333 plantas por hectárea en cuadro o triángulo; como sombra suele emplearse Guaba (*Inga edulis*), Albicia (*Albisia falcatarea*), Eritrina (*Erythrina sp.*) (Arvelo *et al.* 2017a).

Las regiones de San Martín y Amazonas tienen el suelo altamente adecuado para el cultivo

de cacao, seguido por Loreto, Ucayali, Madre de Dios, Cusco, Junín y Puno. De acuerdo a sus propiedades físicas, se consideran suelos de profundidad de 0.6 a 1.5 m con una textura del suelo franco, franco-arcilloso o franco arenoso. Asimismo, no es recomendable suelos finos o muy gruesos. Presenta poca tolerancia a suelos arcillosos pesados debido a una baja aireación y filtración del agua. Las mazorcas brotan del tronco principal y de las ramas de la copa. El cacaotal comienza a producir en cuatro o cinco años de haberse plantado (Armando *et al.* 2016; Rojas-Briceño *et al.* 2022).

Para la siembra del cacao se requieren suelos bien estructurados con porosidad de 10 a 66 por ciento, con buena retención de humedad, con buen drenaje; así mismo el suelo adecuado presenta de pH de 6 a 7 conteniendo materia orgánica mayor a 3 por ciento, con una relación carbono/nitrógeno (C/N) de 9 como mínimo (Arvelo *et al.* 2017b).

2.2. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL CACAO DE PERÚ

Costa de Marfil y Ghana son grandes productores mundiales de cacao; la falta de adopción de tecnologías, falta de material genético de calidad están entre los factores para que Perú este comparativamente bajo en la productividad de cacao; al año 2018 Perú ha sido el segundo productor de cacao orgánico a nivel mundial, exportando principalmente en grano y con certificación orgánica y de comercio justo. Más aun en los últimos años el cacao peruano se está posicionando con cacao fino aroma requerido más para la industria del chocolate y en najo porcentaje para ser manteca de cacao; aunque hay otras amenazas en la comercialización de cacao con cadmio, se han realizado estudios en Amazonas, San Martín, Junín, Cuzco, Cajamarca y Tumbes, encontrándose que la concentración de cadmio es por debajo del nivel considerado como fitotóxico (Camacho 2019).

Actualmente en Perú se registran más de 15 grupos genéticos de cacao que son el resultado de tres factores originales: origen natural, origen humano (cultivares) y grupos que son mezcla de los dos orígenes; los cultivares más reconocidos son los grupos genéticos de cacao Amelonado de Brasil, Criollo de Centroamérica, y el Nacional de Ecuador. De estos, el

Amelonado es registrado como cacao convencional, mientras el Criollo de Centroamérica y el Nacional de Ecuador son referidos como como cacaos nativos finos de aroma. También, se registra el cacao blanco de Piura que tendría un origen en el cacao chuncho también con componentes de fino aroma (Zavaleta *et al.* 2022).

En Perú se estima que hay 90000 agricultores que producen 150,000 ha de cacao, pero solo un tercio de los agricultores están organizado siendo el rendimiento promedio de cacao es 840 kg/ha, aunque el CCN51 más se produce por su mayor rendimiento, las instituciones estatales siguen apoyando el mayor cultivo de los cacaos fino aroma solicitado por el mercado extranjero en reemplazo del CCN51 (Hütz-Adams *et al.* 2022). En la **Tabla 1** se presenta la producción en los principales países cacaoteros.

Las exportaciones de cacao en el Perú en los últimos diez años han tenido tres picos de máxima exportación en los años 2016, 2020 y 2021 que representaron 291.45, 301. 64 y 272.64 millones US\$ FOB respectivamente. Más aún desde el año 2010 hasta la actualidad el crecimiento de exportaciones de cacao es apreciable, aunque el cacao al ser un commodities el costo es variable al mercado internacional. Los principales mercados destinos del cacao procedente de Perú en el año 2022 han sido: Países Bajos, Indonesia, México, España, Italia, Estados Unidos, Bélgica, Malasia, Alemania y otros.

Tabla 1. Producción de cacao (en miles de toneladas)

Año	Costa de Marfil	Ghana	Ecuador	Brasil	Perú	Colombia	México	Mundial
2012	1486	879	198	220	61	43	28	4095
2013	1449	836	192	185	70	48	28	3943
2014	1746	897	232	228	81	49	30	4370
2015	1796	740	261	230	92	51	28	4252
2016	1581	778	232	140	105	53	27	3994
2017	2020	969	300	174	116	55	27	4768
2018	1964	905	287	204	135	55	28	4647
2019	2154	812	322	176	141	59	29	4794
2020	2105	771	342	201	151	64	29	4735
2021*	2248	1047	365	200	158	70	30	5226
2022**	2200	822	370	210	150	67	28	4955

* Estimación **Previsión

Fuente: Hütz-Adams *et al.* (2022)

A continuación, en la **Figura 5** se presenta las exportaciones de cacao de Perú para los años 2000 al 2022 (A.A.N 2022).

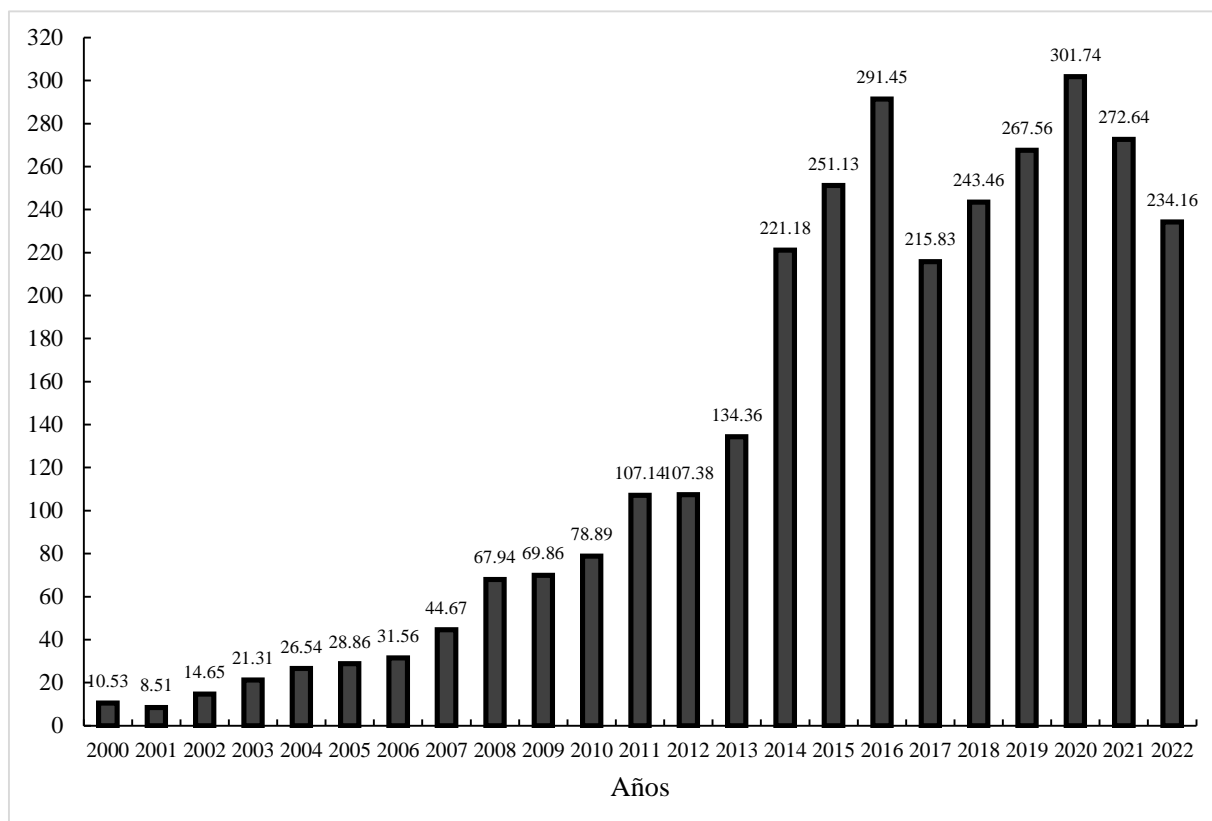


Figura 5. Exportación de cacao de Perú (en millones US\$ FOB)

2.3. MORFOLOGÍA Y DESCRIPTORES DEL CACAO

La morfología de descriptores es observables, discriminantes; permiten seleccionar el tipo y poblaciones de cacao, están relacionadas con la calidad de los granos; la forma del ápice, constricción basal y color del fruto son indicadores más utilizados en la variabilidad de morfología del cacao. morfología de variabilidad del cacao (Bidot *et al.* 2015; Dzandu *et al.* 2021). La caracterización morfológica es utilizada como una herramienta para llevar a cabo numerosos estudios de mejora genética en la agricultura (Vásquez-García *et al.* 2022).

Una forma de caracterizar la diversidad de cacao es utilizar descriptores morfológicos del fruto y de la semilla. El número de descriptores morfológicos es variable, se utilizan para

representar e identificar genotipos de alto valor agronómico, conocer su productividad y variabilidad morfológica; así mismo permiten diferenciar entre los tipos de cacao Nacional, Forastero y Trinitario (Ramírez-Guillermo *et al.* 2018). Se pueden citar entre los descriptores morfológicos del fruto el color, peso, la forma, longitud, rugosidad, constricción basal, profundidad del surco, espesor de la cáscara; en la semilla el color, peso, diámetro, densidad y longitud (Oliva-Cruz *et al.* 2022).

2.4. ATRIBUTOS SENSORIALES DEL CACAO

La percepción sensorial en el cacao y el chocolate es uno de los más importantes criterios de calidad en la industria y está relacionado con la composición química, así como también con los componentes aromáticos; sin embargo, identificar la calidad es un tema subjetivo relacionado con los sentidos humanos y se mide por un panel sensorial de expertos (Rojas *et al.* 2021).

El aroma es el atributo sensorial de calidad más importante en la comercialización del grano de cacao; la calidad sensorial es esencial para el consumo; los procesos postcosecha que se realizan en las almendras y posiblemente la presencia de polifenoles en su composición, determinan el perfil sensorial en el cacao con aroma y sabores básicos (More *et al.* 2022). La determinación de los atributos sensoriales debe cumplir con las normativas y regulaciones de exportación del grano de cacao y productos derivados. El aroma es el atributo sensorial de calidad más importante en la comercialización del grano de cacao y es esencial para el consumo; los procesos poscosecha de las almendras y posiblemente el contenido de polifenoles en su composición, determinan el perfil sensorial en el cacao con aroma y sabores básicos (More *et al.* 2022; Fernández-Jeri 2023).

Los atributos son dependientes de la tecnología poscosecha empleada y de transformación, con una acentuada influencia de la región de origen y tipo de material. Entre los atributos de sabor más importantes se destacan: cacao, acidez, amargor, astringencia, fruta fresca, fruto

seco, madera, especias, nuez, caramelo, panela, grado de tostado, sabores atípicos y una calidad global del licor evaluado (Álvarez *et al.* 2022).

2.5. CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LOS AGROECOSISTEMAS

La tipificación identifica grupos de fincas productoras con características homogéneas; es necesario la selección de variables para la caracterización del sistema de producción, debe integrar variables técnico ambientales, sociales y económicas más resaltantes; el análisis de los factores estructurales, económicos y sociales variables es útil para distinguir grupos y para discriminar al establecer tipologías que identifica características estructurales. Las técnicas estadísticas más comunes para establecer y caracterizar grupos en los sistemas de producción son las estadísticas invariadas y multivariadas entre ellas el análisis de componentes principales (ACP) y análisis clúster (AC) que son herramientas excelentes para identificar los tipos de fincas agrícolas con características ambientales y socioeconómicas similares (Díaz-Gaona *et al.* 2019; Tirado-Malaver *et al.* 2021).

La tipología es un método que permite identificar la diversidad de los sistemas de producción ordenando o clasificando la realidad, busca agrupar a los productores bajo una gestión, producción y técnicas similares. La información recolectada en el proceso de tipología permite conocer el estado actual de los sistemas de producción. Cáceres y Julca (2018) mencionan que una finca puede tener cuatro tipos básicos de procesos de producción: producción agrícola, producción pecuaria, procesamiento de productos y transacciones entre la finca y el ambiente que la rodea, incluye compras, ventas, comercialización e inversión (Escobar *et al.* 2019).

En el enfoque típico de una finca se requiere la participación de los involucrados, socios, expertos y productores con conocimiento en el sistema de producción y su economía, acceso de los productores, asociaciones y universidades relacionados con la producción y los agronegocios; se deben obtener los datos agrícolas e información de gestión que se utiliza para construir y adecuar la finca. Es necesario construir tipologías de sistemas agrícolas de los pequeños agricultores, así mismo los socios de investigación proporcionan datos del

sector, datos agrícolas e información de gestión que se utiliza para construir y actualizar las fincas comunes (Chibanda *et al.* 2020; Musafiri *et al.* 2020).

2.6. AGRICULTURA SUSTENTABLE

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, 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 (Sarandón y Flores 2009).

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 (Melgarejo 2019). 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).

Estudios relacionados con la sustentabilidad del cacao se han realizado en varios países, en Ecuador en la provincia Los Rios donde se determinó la sustentabilidad de sistemas

agroforestales de cacao y bambú (*Guadua* sp.), mientras en la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas se determinó la sustentabilidad de las fincas de cacao de pequeños productores (Alcívar *et al.* 2019; Anzules-Toala *et al.* 2021).

En Colombia, se estudió el nivel tecnológico y capacidad de gestión de pequeños productores que cultivan cacao (Martínez *et al.* 2022b). En Colombia, Ecuador y Perú se siguen identificado y clasificando los sistemas de cultivo de cacao como pago de servicios ambientales y mejorar su sostenibilidad; así mismo, se realizan trabajos de gestión de la concentración de cadmio en el cacao para cumplir las nuevas medidas comerciales que establecen límites de los metales pesados (ICCO 2023).

2.7. DIMENSIONES DE LA SUSTENTABILIDAD

Las dimensiones a considerar surgen de la definición de agricultura sustentable que se haya adoptado en el marco conceptual y de la selección de los requisitos que debe cumplir la misma. Por lo tanto, se deberá desarrollar un conjunto de indicadores para evaluar el grado de cumplimiento de cada uno de estos objetivos. Dada la característica multidimensional de la sustentabilidad, existe más de una dimensión de análisis (ecológica, económica, social, entre otras). 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 y 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 (Heredia-Rengifo *et al.* 2022).

Por otra parte, la dimensión social tiene como base la religión, la ética y la cultura y se circunscribe a las relaciones económicas y sociales que rigen en cualquier sociedad, además de reconocer el derecho de un acceso equitativo de los bienes comunes a todas las personas;

en la dimensión ambiental se da un mayor enfoque a los factores que en el futuro determinarían la capacidad productiva de determinadas áreas, como el recurso suelo, el agua, la cobertura vegetal, los bosques y la biodiversidad y en la dimensión económica considera las restricciones impuestas por la disponibilidad del denominado “capital natural”, que busca el bienestar humano. Es bueno señalar que el desarrollo sustentable solo se logra cuando las tres dimensiones actúan como un todo (Sarandón y Flores 2009; Zeballos 2016).

2.8. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

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).

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 (Fu *et al.* 2022). Por otra parte, 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 (Wonhlenberg *et al.* 2022).

2.8.1. Construcción de indicadores

En el procedimiento de construcción de indicadores primero se define el marco conceptual de la sustentabilidad, previamente se ha establecido tres dimensiones económicas,

ecológica y socio cultural; estos indicadores deben ser medibles, estar estrechamente relacionados con algunos de los requisitos de la sustentabilidad, ser adecuados al objetivo perseguido, sensibles, directos (a mayor valor más sustentables), ser de fácil recolección y uso, ser sencillos de interpretar y no ambiguos. brindar la posibilidad de determinar valores umbrales. Estos indicadores están compuestos a su vez, por subindicadores y variables seleccionadas y cuantificadas que integran, respectivamente, los indicadores o subindicadores escogidos (Sarandón y Flores 2009).

2.8.2. Estandarización y ponderación de los indicadores

De esta forma, la estandarización de los indicadores consiste en la transformación de los valores obtenidos en variables adimensionales; son directos, a mayor valor, más sustentable. Se puede considerar puntajes que puede ir de 0 (menor valor) a 4 (máximo valor) u otros valores sea para variables, subindicadores e indicadores. Posteriormente, los indicadores son ponderados multiplicando el valor de la escala por un coeficiente de acuerdo a la importancia relativa de cada variable respecto a la sustentabilidad. Este coeficiente multiplica, tanto el valor de las variables que forman el indicador, como el de los indicadores; la ponderación, es un paso inevitable, que puede hacerse por consenso, por medio de la consulta con expertos en el tema), o teniendo en cuenta la opinión de los propios agricultores (Sarandón *et al.* 2006).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Esta investigación se realizó durante 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, registra valores promedios de precipitación anual acumulada de 1832 mm y temperatura promedio anual del aire de 30°C (SENAMHI 2021), siendo caracterizado por un clima muy cálido; la zona de estudio se presenta en la **Figura 6**.

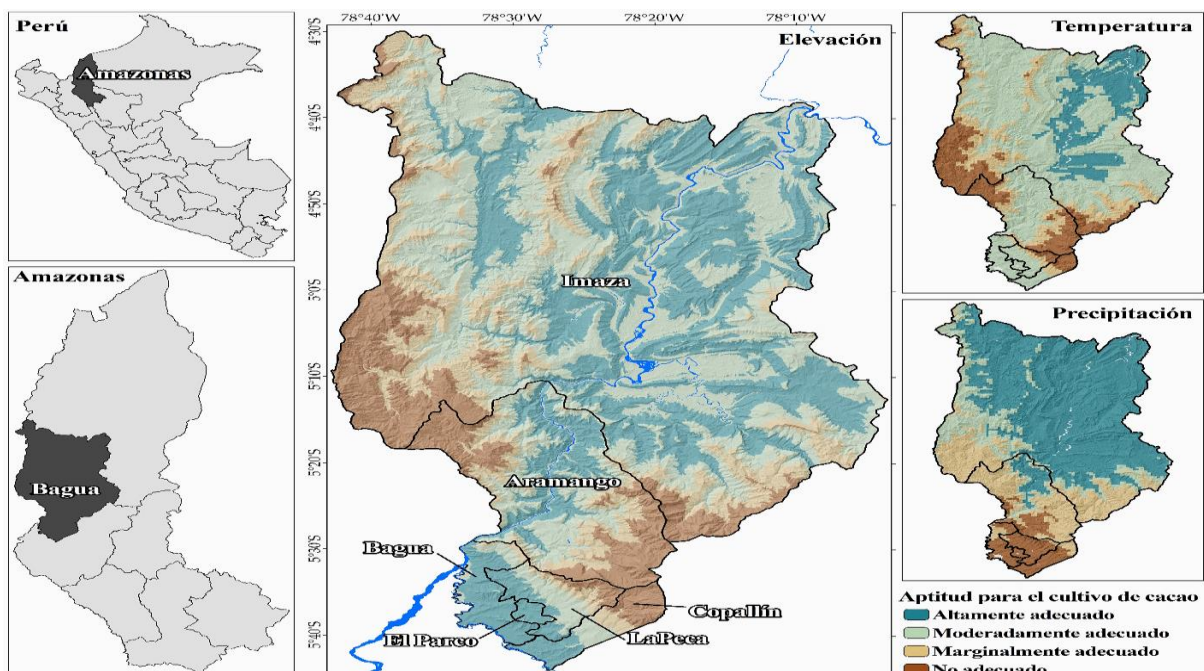


Figura 6. Zona de estudio de las fincas de cacao nativo en Bagua, Amazonas

Fuente: Geomática-INDES-CES (2022)

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en tres etapas:

- Caracterización y tipificación de fincas productoras de cacao nativo en los distritos de Aramango, Copallín, El Parco, Imaza y La Peca en la provincia Bagua.
- Caracterización fisicoquímica, sensorial y morfológica de cacao nativo en los distritos de Aramango, Copallín, El Parco, Imaza y La Peca en la provincia Bagua.
- Análisis de la sustentabilidad de las fincas productoras de cacao nativo en los distritos de Aramango, Copallín, El Parco, Imaza y La Peca en la provincia Bagua.

3.3. CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE LAS FINCAS PRODUCTORAS DE CACAO NATIVO EN LA PROVINCIA BAGUA

3.3.1. Etapas del proceso metodológico

El proceso metodológico comprendió dos etapas. La primera etapa, consideró un diagnóstico base de la zona de estudio o influencia considerando elementos, biofísicos y socioeconómicos y ecológicos fácilmente observables, entrevistando con los representantes y líderes, así como los productores de mayor edad en la producción de cacao nativo (Tuesta 2012; Anzules-Toala *et al.* 2018). También se tuvo reunión con instituciones públicas y cooperativas para exponer los objetivos de la investigación, alcances e importancia. El propósito fue recibir información y conseguir su participación.

La segunda etapa comprendió la realización de una encuesta para caracterizar las fincas que se presenta en **Anexo 1**, estructurada con preguntas sobre aspectos económicos, sociocultural y ecológicos del productor y la finca que permitió caracterizar, tipificar y luego evaluar la sustentabilidad de la producción de cacao nativo. Con la información, se elaboró una base de datos que fueron procesados con el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

3.3.2. Población y muestra

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 90por ciento (Scheaffer *et al.* 1987), distribuidos entre los distritos estudiados. La fórmula empleada fue la siguiente:

$$n = \frac{N \sigma^2}{(N-1) B^2 / 4 + \sigma^2}$$

Donde:

n: Número de muestras

N: Población

$$\sigma^2 = p \times q = 0.5$$

B: Límite de error de estimación (10por ciento)

4 = Nivel de confianza del 90por ciento

La distribución de numero de muestra de fincas cacaoteras por distrito se aprecia en la tabla siguiente:

Tabla 2. Distribución de fincas productores de cacao nativo por distrito en la provincia Bagua

Distrito	Enumeración de fincas	Altitud (msnm)	Población	Tamaño de muestra
Aramango	1, 2	337-984	8	2
Copallín	3 al 20	531-1172	60	18
El Parco	21, 22	543-711	6	2
Imaza	23 al 46	251-380	80	24
La Peca	47 al 70	608-613	80	24
Total			234	70

3.3.3. Análisis de conglomerados

Se estructuró una encuesta con preguntas en aspectos socioeconómicos del productor y la finca; así aspectos ambientales de la finca (Aquino *et al.* 2018). La información se recopiló por observación directa, entrevistas y encuesta. Se obtuvieron 51 variables cualitativas (categorías) y cuantitativas siendo estudiadas mediante el Análisis Factorial de Correspondencia Múltiple (AFCM). Los datos registrados en el cuestionario de encuesta fueron procesados en excel y una hoja de cálculo del SPSS para Windows y en el paquete estadístico SPADN V 3.25. Los datos se presentan en tablas y figuras en porcentajes. Para la identificación de tipologías se realizó con el AFCM que permite la reducción de dimensiones o factores y describe el nivel de asociación entre variables cuantitativas o categorías determinándose su confiabilidad y consistencia con el coeficiente de alfa de Cronbach con valores mínimo de 0.7 (Das *et al.* 2018; Pinedo-Taco 2018; Bournas *et al.* 2020). Con el fin de conocer el nivel de correlación entre las variables en cada dimensión se empleó coeficiente de Spearman para valores desde 0.25 (Kapoor 2020).

3.4. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE CACAO NATIVO EN LA PROVINCIA BAGUA

3.4.1. Recolección de muestras

Con apoyo del productor se recolectaron frutos de cacao nativo sanas, maduras de mayor productividad (indicador principal el color total de la cáscara) de tres plantas por triplicado en cada finca; fueron rotuladas y llevadas para su evaluación respectiva dentro de las 24 horas después de su cosecha.

3.4.2. Determinación de características morfológicas y sensoriales

Para la caracterización morfológica, se consideraron los descriptores usados por García (2014). Se evaluaron las características del fruto y se le dio una valoración numérica:

- Para el color del fruto se consideró (1) amarillo, (2) marrón, (3) rojo.
- Para la forma básica del fruto (1) oblongo, (2) elíptico, (3) abovado, (4) esférico, (5) otros.

- Para la constricción basal se consideró (0) ausente, (3) ligera, (5) intermedia, (7) fuerte.
- Para la forma del ápice (1) atenuado, (2) agudo, (3) obtuso, (4) redondeado, (5) apezonado, (6) dentado.
- Para el color del cotiledón, consideró: (1) violeta, (2) blanco, (3) violeta y blanco.
- Para evaluar los sabores básicos predominantes se consideró (1) dulce, (2) ácido, (3) astringente y (4) amargo.

3.4.3. Análisis fisicoquímico

Se pesó el fruto y la cáscara en una balanza de precisión; mientras que el diámetro se midió con un vernier. Los granos con mucílago frescos se contaron por fruto, midieron con una regla y se pesaron en una balanza analítica. La lectura de sólidos solubles totales (°Brix) se observó en un refractómetro digital ATC y el pH se midió en un pH-metro (Rojas *et al.* 2020; More *et al.* 2022).

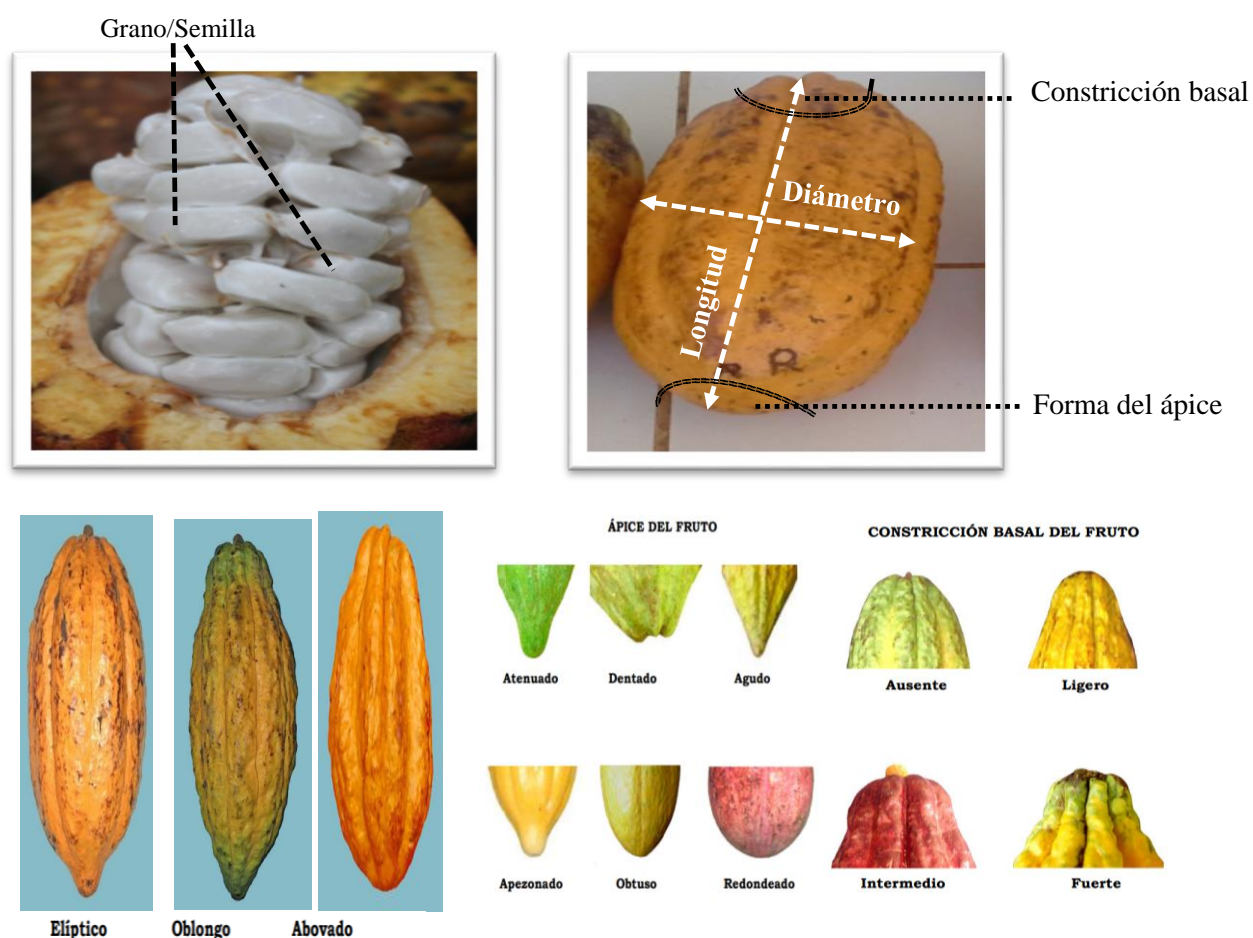


Figura 7. Mediciones morfológicas de cacao

Fuente: García (2014)

3.4.4. Análisis de datos de las características sensoriales y descriptores

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA), para conocer el desempeño de variables cualitativas y cuantitativas. Para la relación entre las características sensoriales y descriptores se empleó la prueba de Kruskal-Wallis con un nivel de significancia de 0.05.

3.5. ANÁLISIS DE LA SUSTENTABILIDAD DE LAS FINCAS PRODUCTORAS DE CACAO NATIVO EN LA PROVINCIA BAGUA

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 3**), sociocultural (**Tabla 4**) y ecológica (**Tabla 5**), se asignaron valores de 0 (menos sustentable) a 4 (más sustentable). En el **Anexo 2** se presenta la encuesta para obtener información económica, sociocultural y ecológica sobre la sustentabilidad de las fincas productoras de cacao nativo.

Tabla 3. Sub-indicadores (A, B, C) y variables (A1, A2, C1, C2, C3) seleccionados para evaluar la sustentabilidad económica de fincas productoras de cacao nativo

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 (por ciento)	80 - 100	60 - 80	40 - 60	20 - 40	0 - 20

Tabla 4. Sub-indicadores (A, B, C, D) y variables (A1, A2, A3, A4) seleccionados para evaluar la sustentabilidad sociocultural de fincas productoras de cacao nativo

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
	A2. Acceso a la educación	Sin acceso a educación	Primaria	Secundaria	Técnico	Superior
	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, médico 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 5. 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

Sub-indicador	Variables	Valoración				
		0	1	2	3	4
A. Conservación de vida del suelo	A1. Manejo de la cobertura vegetal (porcentaje)	< 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 (porcentaje)	> 45	30 - 45	15 - 30	5 - 15	0 - 5
	B2. Cobertura vegetal (porcentaje)	< 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 se elaboraron la ponderación de los sub-indicadores y variables de cada dimensión, considerando la importancia relativa de cada variable siendo el factor 1 el menos importante y el factor 2 el más importante. Las fórmulas 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.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE FINCAS PRODUCTORAS DE CACAO NATIVO EN LA PROVINCIA BAGUA

4.1.1. Características socioeconómicas del productor de cacao nativo

La tipificación identifica grupos de fincas productoras con características homogéneas, caracterizar los componentes socioeconómicos y ambiental permiten discriminar, además que tienen relación con los pilares de la sostenibilidad (Fernández *et al.* 2022). Según la **Figura 8** el productor de finca en el presente estudio fue predominante de sexo hombre (H) con un 80 por ciento y 20 por ciento mujer (M) que está unido con su pareja en convivencia (50 por ciento), que no pertenecen a comunidad nativa (CC.NN) en un 68.6por ciento; la edad se agrupa más en el rango de los 40 a 60 años (71.5 por ciento) con educación primaria (57.1 por ciento); valores similares a nivel de sexo y cercanos al rango de edades se encontró en productores agropecuarios de la región Amazonas (INEI 2012), mientras que la edad y nivel de educación pueden influenciar en los diseños de estrategias agrícolas o de adaptar estrategias de innovación de producción (Álvarez-Sánchez *et al.*, 2019) como puede haberse dado en caso de la producción de cacao nativo; el material predominante de la vivienda fue más de madera y adobe representando ambos un 74.6 por ciento lo que expresaría ser hogares con familias de bajos recursos económicos.

Las características socioeconómicas del productor de cacao nativo se muestran en la **Figura 9**.

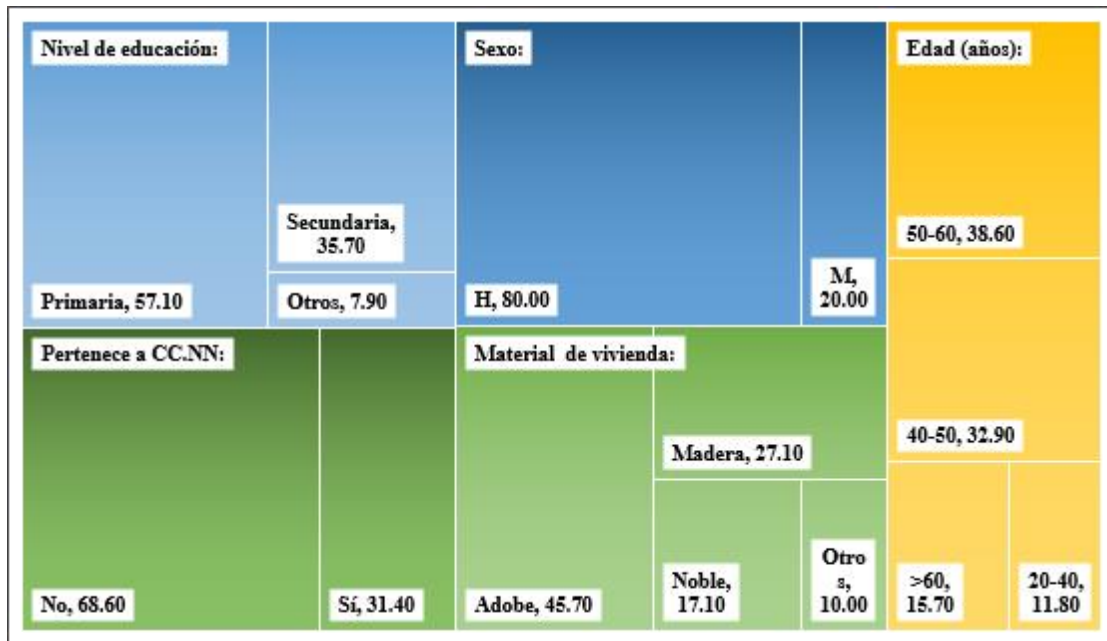


Figura 8. Comparación de las principales características socioeconómicas del productor de cacao nativo en Bagua (porcentaje)

Respecto al ingreso familiar (cuatro integrantes) percibieron hasta 720 soles (52.9 por ciento), y de 720 a 1440 soles en un 47.1 por ciento; también las familias fueron en su mayoría hasta de 4 integrantes (74.3 por ciento) que viven básicamente del autoconsumo y lo que produce netamente sus fincas (agricultura y animales que cría), más aún sus viviendas en más de dos tercios fue de material adobe (45.7 por ciento) y madera (27.1 por ciento). Mukete *et al.* (2018) refieren que la familia, género, nivel educativo, tamaño y propiedad de la finca; así como acceso a nuevas tecnologías, entre otros permiten mejorar la eficiencia técnica a pequeña escala de productores de cacao.

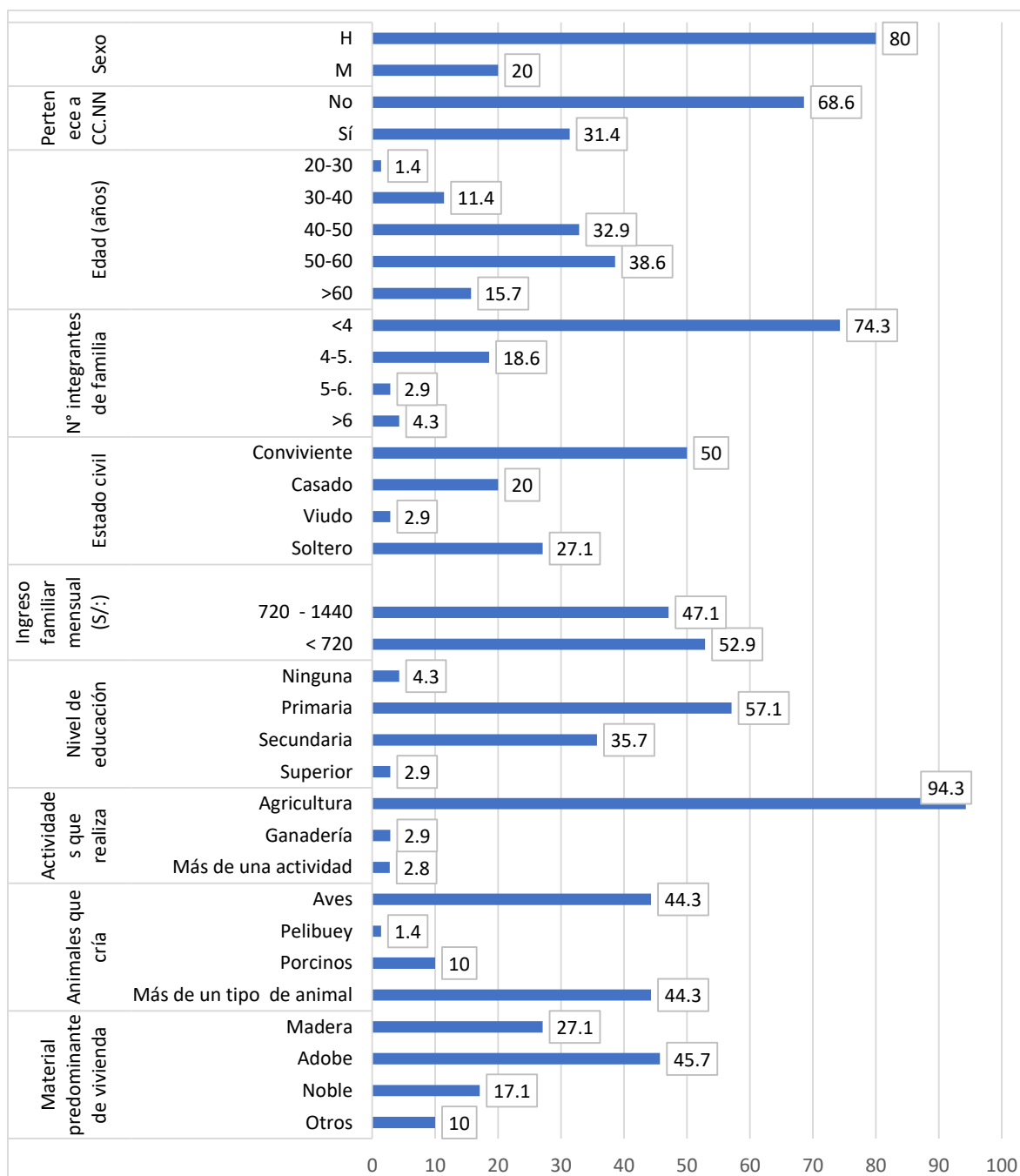


Figura 9. Caracterización socioeconómica del productor de cacao nativo en Bagua (porcentaje)

4.1.2. Características de servicios y asistencia del productor de cacao nativo

Las principales características de servicios y asistencia al productor de cacao nativo se observa en la **Figura 10**, los productores desde sus fincas no tuvieron acceso en su mayoría (64.3por ciento) a centros médicos cercanos, siendo una limitante tener acceso a atención

médica oportuna; pero si tuvieron más acceso a servicios de luz eléctrica y agua para consumo (por igual parte entubada y la otra potable) y el desagüe doméstico las cuales estuvieron conformada por letrinas, siendo una dificultad por ser un sistema de exposición al aire. Estudios sobre caracterización en fincas productoras de Limón en Portoviejo (Ecuador) realizado por Valarezo *et al.* (2020), encontraron que los servicios básicos tienen limitaciones en el abastecimiento y calidad de agua potable, hacer servicio de agua entubada; condiciones que influyen en la sustentabilidad de las fincas.

El acceso a la finca predominó la carretera no pavimentada (herradura 51.4 por ciento y trocha carrozable 35.7 por ciento), siendo una de las posibles causas de no transportar mayores volúmenes, así como requerir un más tiempo de traslado del cacao al centro de procesamiento.

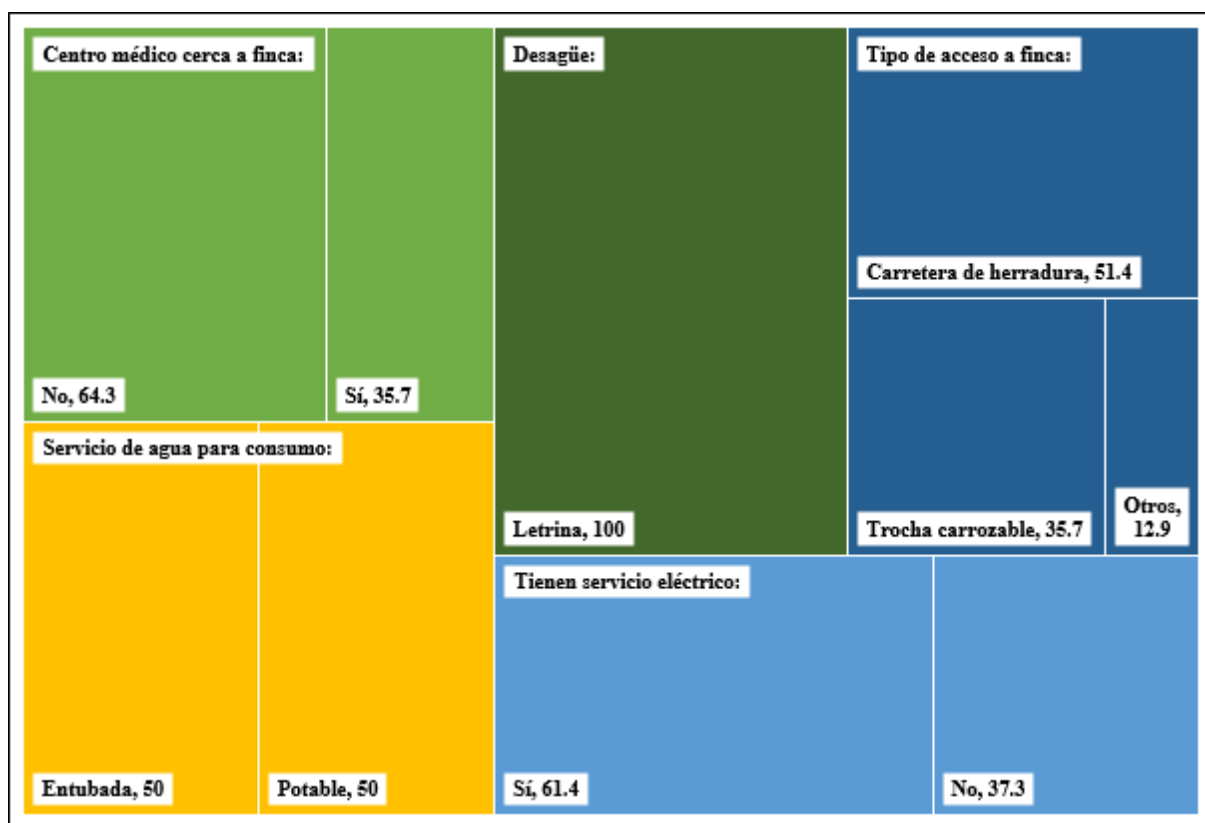


Figura 10. Comparación de principales características de servicios y asistencia del productor de cacao nativo en Bagua (porcentaje)

Las características de servicios y asistencia del productor de cacao nativo de la provincia Bagua se presenta en la **Figura 11**. Las fincas no tuvieron acceso en su mayoría (64.3 por ciento) a centros médicos en los lugares cercanos, siendo una limitante para tener acceso a atención médica oportuna; pero si tienen más acceso a servicios de luz eléctrica y agua para consumo (por igual entubada y potable). Aunque hay limitaciones en estos servicios básicos, es una exigencia su funcionamiento que deben cumplir los productores cacaoteros para acceder a una certificación orgánica y obtener más beneficios en la comercialización del cacao. Valarezo *et al.* (2020) también priorizan en los servicios básicos respecto a las fincas productoras de Limón en Portoviejo (Ecuador) lo consideraron como un indicador social y que tiene limitaciones en el abastecimiento y calidad de agua potable, uso de agua entubada y cuyo valor ha influido en la sustentabilidad de las fincas.

El acceso a la finca predominó la carretera no afirmada o pavimentada (herradura 51.4 por ciento y trocha carrozable 35.7 por ciento) siendo una de las causas posibles de no trasladar o comercializar mayores volúmenes, así como requerir un mayor tiempo de trasladar el cacao a su centro de procesamiento. La capacitación agronómica refiere un 81.9 por ciento de los productores que recibieron de más de una institución (cooperativa, SENASA, ONG, Universidad).

Las principales características socioeconómicas y ambiental de la finca de cacao se observa en la **Tabla 6**. Todos los productores de cacao nativo tuvieron tenencia de la finca o refieren es de su propiedad. El acumulado de 94.4 por ciento de las fincas fueron de cultivo de cacao nativo menor a 5 ha, lo que expresaría que son pequeños productores; al respecto Pinedo-Taco *et al.* (2021) describen que se pueden tipificar como pequeños productores vinculados a agricultura familiar de transición por su articulación gradual al mercado las unidades de producción agrícola menores a 5 ha y que predomina en Perú. La presencia de cobertura vegetal en todas las fincas, así como la mínima pendiente (5-15 por ciento) mayoritaria guardan relación con ningún nivel de erosión (95.7 por ciento). Mori *et al.* (2023) refieren que el tamaño de la finca es un determinante del nivel de eficiencia observado y que podrían ser más eficientes cuando aumentan de tamaño.

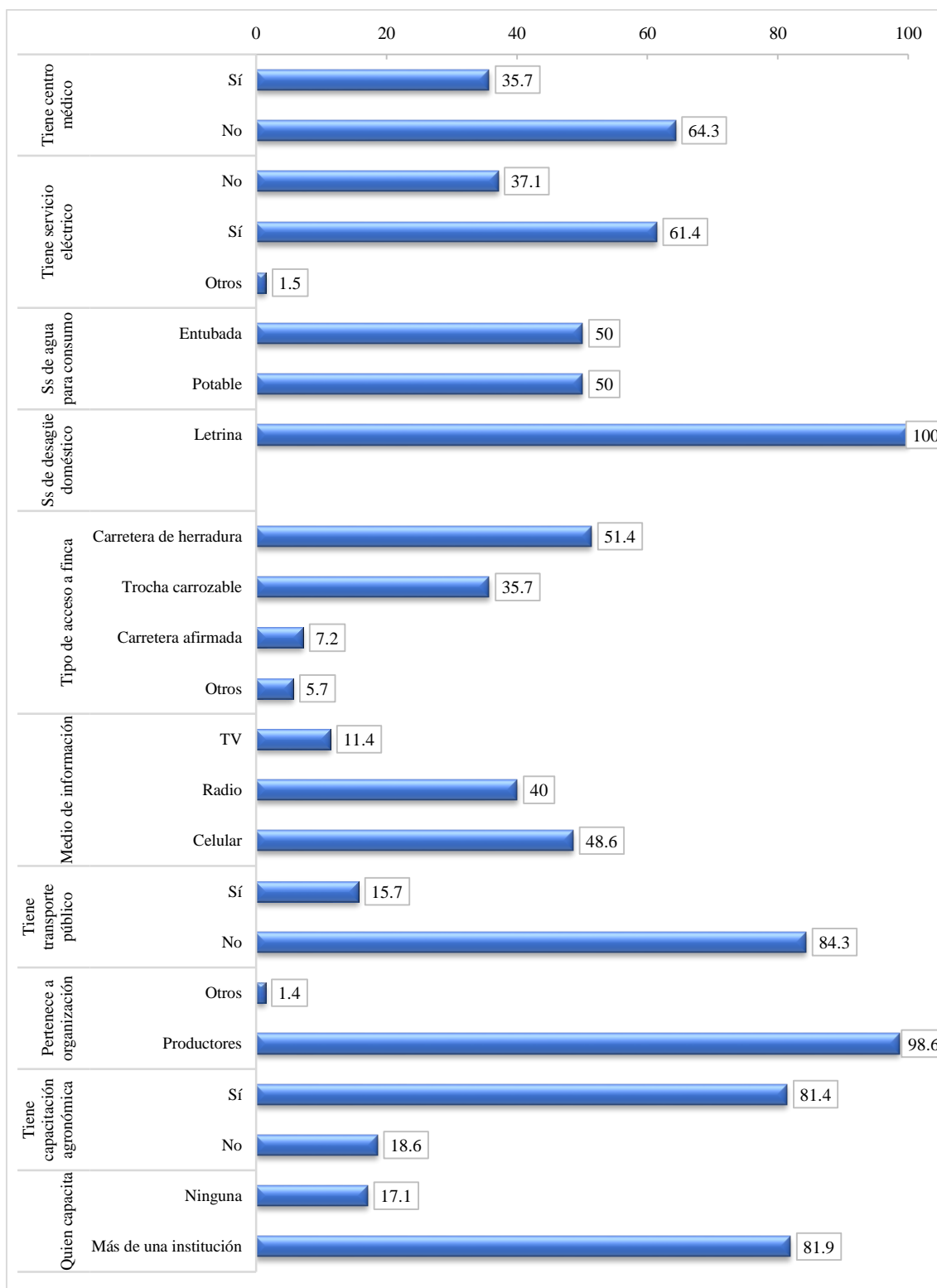


Figura 11. Características de servicios y asistencia del productor de cacao nativo en Bagua (porcentaje)

Respecto a la presencia de sombra sobre plántones de cacao hubo en un 87.2 por ciento de las fincas; usaron frutales (43 por ciento) como mango, zapote y café y árboles (35.7 por ciento) y especies forestales como laurel, capirona, bolina y shaina; la distancia entre plantas que más emplearon fue de 3x3 (68.6 por ciento) y con un sistema de propagación más de ramillas y no se evidenciaron el uso de irrigación tecnificado (98.6 por ciento). La edad de cacaotal se dio más en dos grupos, el primero en mayores a 10 años (45.7 por ciento) y el segundo grupo de 5 a 10 años (42.8 por ciento).

Por otra parte, predominó el cultivo no asociado (85.7 por ciento) aunque en Copallín se observó el cultivo asociado (10 por ciento). Barrezueta-Unda (2020) dice que el rendimiento del sistema asociado del cacao es menor al manejo en monocultivo sin sombra, que necesita de fertilización química para mantener esta diferencia, la fertilidad del suelo y el rendimiento del cacao está relacionada con el tipo del suelo, el clima (lluvia, temperatura, humedad), los usos anteriores del suelo, así como el genotipo del cacao que se cultiva. Anzules *et al.* (2018) cuando caracterizaron fincas de cacao en Ecuador reportaron siembras de 3x3 (27.2 por ciento) y manejo de plantas de cacao bajo sombra (53.1 por ciento), siendo valores menores a los encontrados en este estudio.

Por otra parte, en la presente investigación un 52.9 por ciento de las fincas tuvieron una producción mayor a 1000 kg/ha de cacao nativo seguido de un 22.8 por ciento de fincas que produjeron de 400 a 600kg/ha; es así que Imaza tuvo menos rendimiento comparativamente respecto a La Peca y Copallín. Al respecto, para el caso de Perú, Boeckx *et al.* (2020) refieren valores promedios de rendimiento de 839 kg/ha así como promueven intensificar de manera sostenible la producción de cacao para poder competir en la comercialización con otros países.

Se encontró que las fincas cacaoteras realizaron podas y control de plagas (moniliasis, escoba de bruja, chinche, pie negro) así como aplicaron una fertilización y el número de deshierbes al año más común fue de dos deshierbes (57.2 por ciento). Es relevante citar que todas las fincas en estudio presentaron cobertura vegetal (en varias fincas siembran la leguminosa kudzú como fijador de nitrógeno), pero con un mejor manejo en Copallín (41-60 por ciento)

frente a menor un manejo de cobertura (menor a 20por ciento) de las demás fincas (80.1por ciento) en los otros distritos.

Tabla 6. Características socioeconómicas y ambientales de la finca según el distrito de procedencia

Características	Valores	Aramango	Copallin	El Parco	Imaza	La Peca
Tenencia de finca	Propia	2.9	25.7	2.9	34.3	34.3
Número de hectáreas que posee	< 5	1.4	20.0	0.0	18.6	5.7
	5-10	1.4	5.7	1.4	11.4	2.9
	10-15	0.0	0.0	0.0	1.4	4.3
	> 15	0.0	0.0	1.4	2.9	0.0
Variedad de cacao que cultiva	Nativo	1.4	22.9	1.4	32.9	32.9
	Otros	1.4	2.9	1.4	1.4	1.4
N° de genotipos que cultiva	1	2.9	25.7	1.4	34.3	34.3
	1-3	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0
Utiliza sombra en cultivo de cacao	Sí	2.9	25.7	2.9	22.9	32.9
	No	0.0	0.0	0.0	11.4	1.4
Distancia de siembra (m)	3x3	2.9	21.4	2.9	20.0	21.4
	3.5x3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
	3x4	0.0	1.4	0.0	1.4	0.0
	Otro	0.0	2.9	0.0	12.9	11.4
Tipo de sombra que utiliza	Árboles	0.0	2.9	0.0	15.7	17.1
	Frutales	2.9	20.0	2.9	4.3	12.9
	Árboles más frutales	0.0	1.4	0.0	1.4	2.9
	Otros	0.0	1.4	0.0	12.9	1.4
Sistema de propagación	Injertadas	0.0	7.1	0.0	5.7	2.9
	Ramillas	2.9	18.6	2.9	28.6	31.4
Usan sistema de irrigación tecnificado	Si	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
	No	2.9	25.7	2.9	34.3	32.9
Edad del cacaotal (años)	< 5	1.4	4.3	0.0	5.7	0.0
	5 - 10	0.0	11.4	2.9	17.1	11.4
	> 10	1.4	10.0	0.0	11.4	22.9
Número de cultivos asociados	Ninguno	0.0	15.7	1.4	34.3	34.3
	1-3	2.9	10.0	1.4	0.0	0.0
Área total de cultivo de cacao (ha)	1-5	2.9	25.7	2.9	32.9	32.9
	6-10	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
	> 10	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0
Producción anual cacao nativo (kg/ha)	400-600	1.4	4.3	0.0	11.4	5.7
	601-800	1.4	4.3	0.0	7.1	2.9
	801-1000	0.0	4.3	0.0	0.0	4.3
	> 1000	0.0	12.9	2.9	15.7	21.4

...continua Tabla 6

Características	Valores	Aramango	Copallin	El Parco	Imaza	La Peca
Producción anual cacao CCN51 (kg/ha)	0	1.4	22.9	1.4	34.3	32.9
	> 1000	1.4	2.9	1.4	0.0	1.4
Realiza podas	Sí	2.9	25.7	2.9	31.4	34.3
	No	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0
Realiza control de plagas	Sí	2.9	25.7	2.9	34.3	34.3
	No	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tipo de control de plagas	Cultural	2.9	22.9	2.9	27.1	34.3
	Otros	0.0	2.9	0.0	7.1	0.0
Número de deshierbes al año	1	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0
	2	0.0	15.7	2.9	22.9	15.7
	3	2.9	8.6	0.0	1.4	18.6
	> 3	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0
Realiza fertilización	Sí	0.0	25.7	2.9	22.9	30.0
	No	2.9	0.0	0.0	11.4	4.3
Tipo de agricultura que realiza	Convencional	2.9	20.0	1.4	14.3	34.3
	Orgánica certificada	0.0	5.7	1.4	11.4	0.0
	Ninguna	0.0	0.0	0.0	8.6	0.0
Hay cobertura vegetal (por ciento)	61-80	0.0	1.4	0.0	2.9	1.4
	81-100	2.9	24.3	2.9	31.4	32.9
Manejo de cobertura vegetal (por ciento)	< 20	2.9	11.4	2.9	32.9	30.0
	21-40	0.0	1.4	0.0	1.4	1.4
	41-60	0.0	12.9	0.0	0.0	2.9
Forma de venta del cacao en finca	Baba	1.4	5.7	0.0	24.3	10.0
	Seco	1.4	20.0	2.9	10.0	24.3
Precio (S/.) del quintal de cacao nativo seco	350-400	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0
	400-450	0.0	5.7	0.0	12.9	12.9
	450-500	0.0	20.0	2.9	21.4	21.4

Así mismo al notar en la **Tabla 6** se aprecia una relación directa entre cobertura, manejo y mayor rendimiento, acentuándose en La Peca y Copallín. Armengot *et al.* (2020) refieren que las plantas de cacao son afectadas por el envejecimiento, suelos, plagas y enfermedades, *Moniliophthora*, *Cripinellis* y *Phytophthora* sps pueden provocar pérdidas anuales de hasta 40 por ciento, ante esto los productores cacaoteros realizan podas, prácticas culturales y cultivan plantones de cacao con árboles de sombra y mantenimiento de drenajes; sin embargo, no son suficientes para el control de plagas y enfermedades.

Las características ambientales de las fincas cacaoteras según la **Figura 12**, establecen que el nivel de erosión del suelo fue de ligero (4.3 por ciento) y ninguna en el 95.7 por ciento de las fincas; la pendiente del suelo para el rango 5-15 por ciento predominó más (en el 62.3 por ciento) no encontrándose pendientes predominantes. Márquez *et al.* (2016) al determinar la sustentabilidad ambiental en fincas cafeteras en Cusco-Perú encontraron un alto riesgo de erosión atribuido a las pendientes pronunciadas en las que se instaló el café, más aún este puede ser mitigado mediante el incremento de cobertura y conservación de suelos. Respecto a lo antes mencionado, Zhao *et al.* (2019) y Pinedo-Taco *et al.* (2018) refieren que la erosión del suelo depende de las lluvias y patrones de uso de la tierra, teniendo la vegetación como una forma de mitigar la erosión, pérdida de nutrientes del suelo y control de la escorrentía.

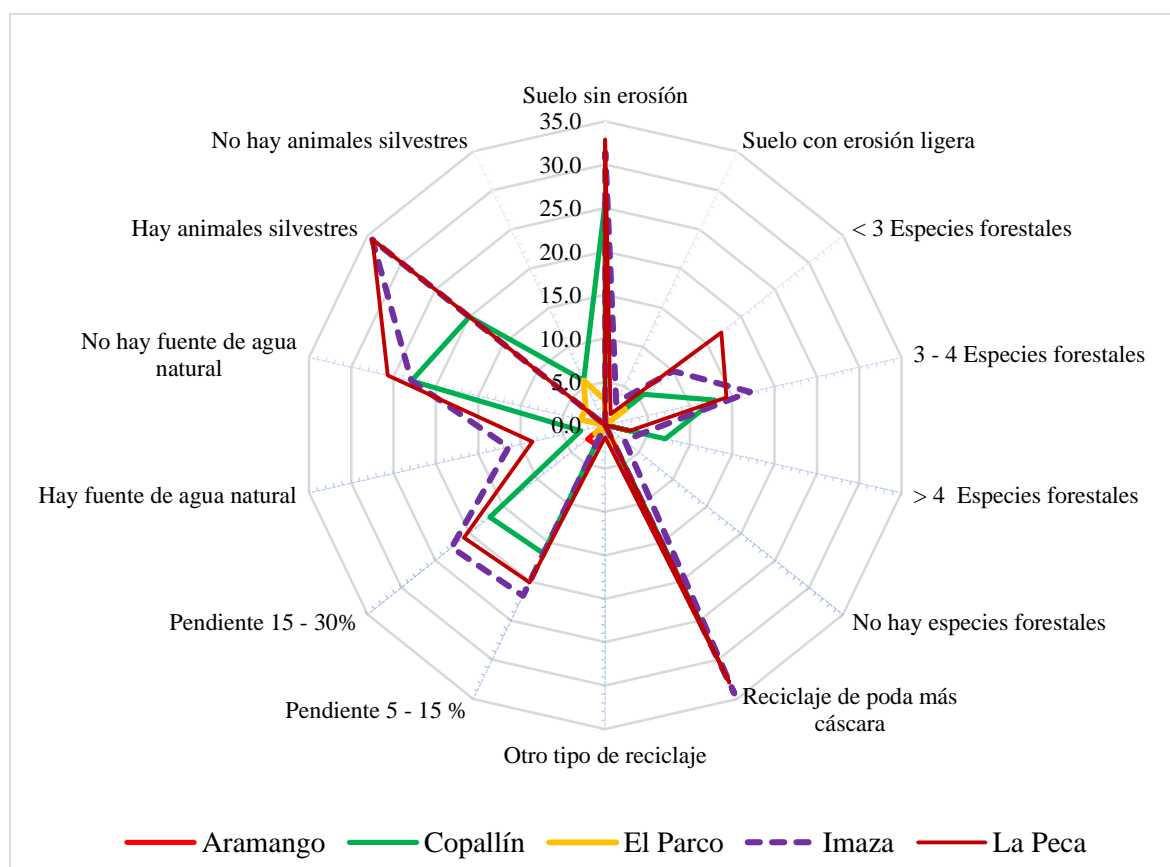


Figura 12. Características ambientales de las fincas de cacao nativo en Bagua (porcentaje)

Respecto a la fuente de agua natural fue más notorio en las fincas de Imaza, zona con varios efluentes hídricos. Así mismo la presencia de especies forestales y animales silvestres en las fincas son evidencias de la conservación ambiental, aunque el reciclaje de biomasa consistió más en el aprovechamiento de hojas y cáscaras (98.6 por ciento de las fincas) sea para cobertura o como el caso de las cáscaras lo pueden destinar a compost. Santistevan-Mendez *et al.* (2018) al evaluar de sustentabilidad de fincas de limón en Ecuador consideraron en la dimensión ecológica a la cobertura vegetal, conservación y erosión de suelo, biodiversidad y monocultivo, siendo relevante la calificación de estos indicadores en la sustentabilidad.

Respecto al AFCM permitió reducir las 51 variables originales a 24 variables las cuales se interrelacionaron entre sí en 7 dimensiones; además las variables acceso a desagüe doméstico, tenencia de finca, control de plagas y uso de agua contaminada obtuvieron un coeficiente de variación de 0 por ciento, estos si bien permite caracterizar sus valores no tienen relevancia considerar en el AFCM.

En la **Tabla 7** se observa que la varianza explicada de las dimensiones tuvo un acumulativo sumatorio del 62.7 por ciento, mientras el coeficiente de alfa de Cronbach tuvo una media de 0.774. Estos valores mostrarían una consistencia y correlación adecuada entre las dimensiones; Caicedo-Camposano *et al.* (2021) refieren que valores de alfa de Cronbach menores a 0.6 son insatisfactorios y no confiables; mientras conforme el valor de 0.6 sea mayor se hace más confiable.

La correlación de Spearman para las variables de cada una de las dimensiones en todos los casos fue positiva. Sin embargo, solo en la primera dimensión cuando la correlación de las variables fue mayor a 0.6* fue adecuada y en las demás variables tuvieron una correlación de moderada a débil (significativo* $p < 0.05$). Respecto a la aglomeración de las fincas, se obtuvo tres grandes grupos en base a características similares entre sí (**Figura 13**).

Tabla 7. Correlación de las variables para las dimensiones por AFCM en fincas de cacao nativo

Dimensión	Variable	Correlación
1 α : 0.885 por ciento de varianza: 16.136	Pertenece a una comunidad nativa	0.766
	Material predominante de la vivienda	0.713
	Medios de comunicación de información	0.634
	Tipo de sombra que utiliza	0.454
	Tiene servicio de agua para consumo	0.408
	Tiene servicio de luz eléctrica	0.398
	Número de deshierbos al año	0.388
	Tipo de agricultura que realiza	0.363
	Tipo de acceso predominante a la finca	0.359
	Existe centro médico cerca a finca	0.348
	Utiliza sombra para el cultivo de cacao	0.311
2 α : 0.779 por ciento de varianza: 9.149	Animales que cría	0.279
	Realiza fertilización	0.390
	Producción anual cacao nativo	0.287
3 α : 0.759 por ciento de varianza: 8.429	Número de especies forestales	0.302
	Animales que cría	0.279
	Actividades a las que se dedica la familia	0.269
	Número de cultivos asociados con el cacao	0.263
4 α : 0.737 por ciento de varianza: 7.787	Número de deshierbos al año	0.301
	Presencia de fuente de agua natural en la finca	0.287
	Tipo de acceso predominante a la finca	0.255
5 α : 0.730 por ciento de varianza:7.596	Tipo de sombra que utiliza	0.319
	Presencia de cobertura vegetal	0.313
6 α : 0.700 por ciento de varianza: 0.6901	Edad del productor	0.429
	Tipo de sombra que utiliza	0.404
	Manejo de cobertura vegetal	0.361
	Distancia de siembra	0.307
7 α : 0.689 por ciento de varianza: 6.667	Ha recibido capacitación agronómica	0.295
	Precio del quintal (50kg) de cacao nativo	0.263
Varianza acumulativa explicada (porcentaje)	62.7	
Media de α	0.774	

α : Coeficiente de alfa de Cronbach

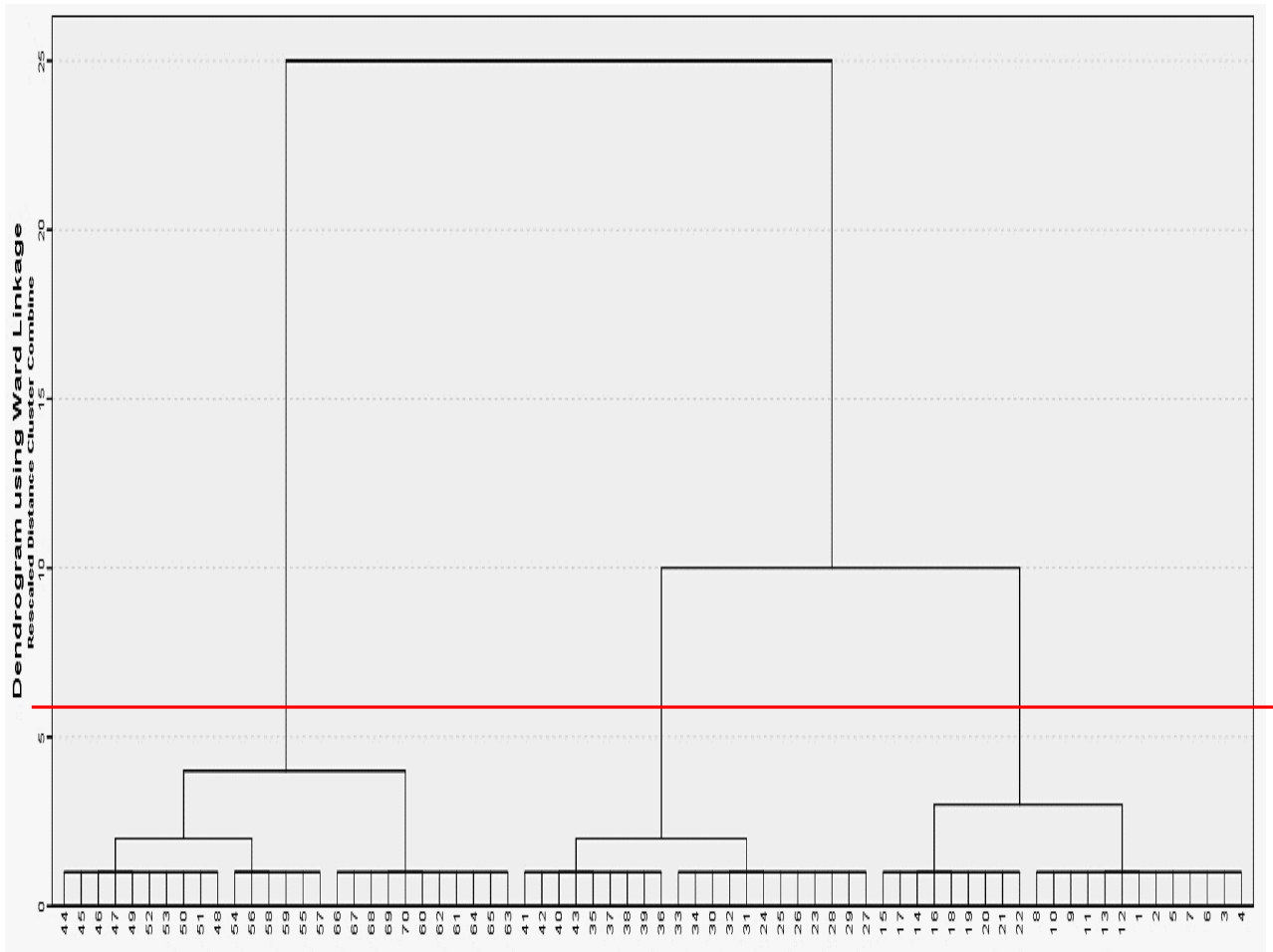


Figura 13. Formación de grupos con similitud de las características de las fincas de cacao nativo

Grupo 1. Corresponde al 38.6 por ciento del total de las fincas, siendo el grupo más grande ubicada en los distritos de Copallín, El Parco y Aramango; en el aspecto socioeconómico tuvieron similitud principalmente en tener un centro médico cerca de la finca, acceder a servicio de luz eléctrica, transitar por trochas carrozables; respecto al componente ambiental, predominó la cobertura vegetal (81-100 por ciento) en las fincas. Anzules *et al.* (2018) refieren la siembra de plantas de 3x3 y bajo sombra es muy usado en fincas de cacao menores a 20 ha, que los factores micro climáticos tales como temperatura, disponibilidad de agua, la fertilidad y nutrientes del suelo afectando la capacidad fisiológica.

Grupo 2. Corresponde al 30 por ciento del total de las fincas ubicadas en el distrito de Imaza, socioeconómicamente los productores pertenecen a comunidades nativas, predominó

la edad del productor (50-60 años), servicio de agua entubada. También en el componente ambiental resaltó que hubo cobertura vegetal, pero con poco manejo (menor al 20 por ciento de las fincas); sin embargo, existieron diversas especies forestales en las fincas (3, 4 o más), siendo ambientalmente, un atributo favorable. Se puede decir como en los otros grupos aglomerados la edad del productor ha variado, pero en Imaza ha predominado las edades de 50 a 60 años, lo que manifestaría que la responsabilidad de las fincas cada vez es más de la persona adulta mayor, mientras los jóvenes se dedican a otras actividades distintas de la finca. Respecto a lo último Mata *et al.* (2018) encontraron que las personas responsables de cultivos de cacao fino aroma en fincas de Ecuador tienen edades fluctuantes de 45 a 50 años y manifiesta que cuando la edad del productor alcanza a los 60 años, la efectividad de mano de obra disminuye, por lo que debe contratar personal, aunque afecta los ingresos económicos.

Grupo 3. Correspondió al 31.4 por ciento del total de fincas, se ubicó principalmente el distrito de La Peca, caracterizado por el material de las viviendas (adobe y noble), tuvieron servicio de agua potable, utilizaban celular como medio de información y en la mayor parte de fincas la producción de cacao fue más 1000 kg.ha⁻¹ al año, seguido de 801-1000 kg.ha⁻¹. En este grupo resaltó dos variables presentes (vivienda y agua potable) que están relacionados con el indicador de sustentabilidad de necesidades básicas para el productor y su familia (Bedoya y Julca 2020), el agua potable sanitariamente y en calidad es el más adecuado para el consumo y no causa daño a la salud.

4.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, SENSORIAL Y MORFOLÓGICA DE CACAO NATIVO EN LA PROVINCIA BAGUA

4.2.1. Características físicas de cacao nativo

Según la **Tabla 8** los pesos de fruto (1901.1 g) y cáscara (1705.5 g) más altos correspondieron a cacaos de La Peca; mientras para longitud (26.9 cm) y diámetro (13.4 cm) fue para frutos de Aramango. Ramírez-Guillermo (2018), en frutos de cacao maduro de Tabasco en México, reportaron pesos de 243.4 hasta 1194.3 g y longitudes de 8.8 a 23.7 cm; los mismos autores reportaron que no hay relación entre el peso del fruto y número de granos,

pero sí con en el peso de granos por fruto, tendiendo a incrementar con el peso del fruto. Otros autores como Sumitha *et al.* (2018) y Ramos *et al.* (2020) en cacaos Nacionales e híbridos tuvieron longitudes de 11.0 y 27.7 cm y diámetros de 5.5 a 20.0 cm con color amarillo de cáscara, además refieren que el peso de los frutos y el rendimiento están influenciados por factores genéticos y ambientales, tipo de suelo, humedad y nutrientes.

El peso promedio de tres granos fue mayor en las muestras provenientes de La Peca y Copallín (13.8 y 13.9 g). Respecto al nivel de asociación o nivel de dispersión de los valores de las características físicas de los frutos es en Copallín donde hubo menor dispersión. Respecto a las medidas de los granos en todas las fincas hubo buena asociación entre los valores promedios de longitud variando entre 2.5 y 3.0 cm; mientras el diámetro promedio varió entre 1.3 y 1.5 cm, acentuándose más en frutos de El Parco e Imaza. Perrez *et al.* (2021) reportan valores promedios 4.88 y 2.57 g de peso de grano para pesos de fruto de 927.65 y 630.51 cm respectivamente, manifestando una relación directa del peso con la longitud del fruto. Ramírez-Guillermo *et al.* (2018) respecto a cacao no observaron relación entre el peso del fruto y el número de granos, aunque sí encontraron variación en el peso de granos por fruto.

Una característica relevante fue el número de granos por fruto, este fue mayor cuando provinieron de Aramango (40 a 44) y Copallín (32 a 48) frente al menor número de granos por fruto en La Peca (30 a 48). Rojas *et al.* (2020) refieren que cada variedad de cacao tiene sus propiedades de madurez estando más relacionado con el cambio de color de la cáscara, peso y granos. Los granos de cacao de las fincas en esta investigación tuvieron valores promedios mayores a los reportados para cultivos de cacao Nacional Ecuador y CNN51 de Ecuador y Perú (Andrade-Almeida *et al.* 2019). Doaré *et al.* (2020) indican que el peso y tamaño del grano depende del genotipo, ubicación dentro del fruto sea en el centro o a la sección apical o peduncular del fruto; así mismo refieren que el peso de granos aumenta con la prolongación del ciclo de fructificación.

Tabla 8. Características físicas del fruto de cacao nativo en Bagua

Fincas	Peso del fruto (g)	Peso de cáscara (g)	Longitud del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)	Peso de tres granos (g)	Número de granos por fruto	Longitud del grano (cm)	Ancho del grano (cm)
Aramango								
1	1604.1	1341.2	26.9	13.4	13.0	44.0	2.7	1.4
2	817.2	666.2	22.4	8.7	10.0	40.0	2.5	1.2
Copallín								
3	700.1	550.1	19.1	9.5	13.8	40.0	2.3	1.3
4	750.0	600.1	22.2	10.5	10.0	39.0	2.3	1.2
5	650.00	498.9	18.3	8.9	14.0	39.0	2.0	1.2
6	600.2	450.0	16.2	8.8	11.0	34.0	2.3	1.5
7	650.0	520.1	21.1	10.5	11.0	32.0	2.5	1.1
8	550.0	400.3	15.3	9.1	7.0	32.0	2.3	1.5
9	950.0	750.1	22.5	9.5	12.0	45.0	2.5	1.4
10	1000.4	800.2	23.2	10.5	10.0	48.0	2.7	1.5
11	980.0	780.2	22.5	9.9	11.0	48.0	2.6	1.6
12	800.0	650.0	18.3	10.0	8.0	36.0	2.2	1.4
13	850.0	700.0	17.9	9.5	9.0	38.0	2.4	1.5
14	870.3	750.2	20.0	10.1	10.0	35.0	2.2	1.9
15	1000.0	800.0	20.1	10.2	13.4	48.0	3.0	1.7
16	850.2	700.1	17.0	9.2	13.0	40.0	2.9	1.6
17	900.0	749.9	14.4	8.5	13.8	43.0	3.2	1.8
18	700.0	550.1	20.1	9.9	12.7	36.0	2.8	1.7
19	800.1	650.2	19.5	10.3	13.9	36.0	2.5	1.5
20	900.30	720.1	22.5	11.0	13.4	40.0	2.6	1.6
El Parco								
21	840.1	599.8	20.0	10.0	13.7	41.0	3.0	1.5
22	450.0	350.1	16.5	8.2	10.0	32.0	2.9	1.4
Imaza								
23	700.0	550.1	21.3	10.5	11.8	35.0	2.2	1.2
24	750.0	600.1	19.8	11.2	12.3	31.0	2.5	1.4
25	900.0	648.8	23.3	11.5	13.2	48.0	2.7	1.5
26	600.0	420.2	22.1	10.5	9.2	37.0	2.5	1.2
27	750.2	600.1	18.4	10.1	9.3	39.0	2.1	1.1
28	600.1	500.3	19.3	10.3	11.8	32.0	2.6	1.4
29	450.0	320.0	14.2	8.5	9.4	30.0	2.2	1.5
30	650.3	550.1	18.1	9.8	9.4	37.0	2.4	1.5
31	649.3	550.1	21.2	9.9	9.5	36.0	2.5	1.6
32	800.0	649.8	19.5	10.0	11.1	45.0	2.8	1.5
33	900.0	800.0	23.0	11.5	11.2	46.0	2.9	1.5
34	850.0	750.0	20.2	10.6	12.9	35.0	2.7	1.4
35	450.2	350.2	17.5	9.5	12.6	30.0	2.4	1.6
36	550.1	400.1	18.0	9.3	8.9	38.0	2.8	1.6
37	600.0	500.3	17.0	9.5	11.9	39.0	3.1	1.6
38	700.1	550.3	16.3	8.5	9.5	36.0	2.6	1.5
39	450.1	310.4	15.5	8.2	9.6	33.0	2.5	1.4
40	750.2	600.1	19.1	9.1	9.7	36.0	2.8	1.6
41	450.1	300.0	15.5	8.5	9.0	33.0	2.6	1.5
42	450.0	300.1	18.0	9.2	9.2	33.0	2.5	1.4
43	400.3	299.6	19.5	9.5	9.6	32.0	2.8	1.5
44	599.9	500.1	18.5	9.6	10.3	35.0	2.7	1.5
45	650.0	500.3	19.5	10.0	9.3	36.0	2.1	1.5
46	650.0	447.9	20.4	10.3	9.4	35.0	2.9	1.3

... continua Tabla 8

Fincas	Peso del fruto (g)	Peso de cáscara (g)	Longitud del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)	Peso de tres granos (g)	Número de granos por fruto	Longitud del grano (cm)	Ancho del grano (cm)
La Peca								
47	500.2	400.0	13.6	8.5	13.6	31.0	3.2	1.5
48	650.1	500.1	16.5	9.4	11.0	32.0	2.5	1.5
49	800.1	650.2	18.2	9.7	13.1	37.0	2.6	1.5
50	750.3	600.3	17.5	9.5	11.0	34.0	2.6	1.4
51	699.7	580.1	17.5	8.9	13.5	32.0	3.0	1.6
52	420.1	350.1	13.3	8.5	12.0	30.0	2.6	1.6
53	1000.0	750.1	22.5	9.6	13.6	47.0	2.3	1.5
54	550.1	400.2	17.4	8.5	13.3	34.0	2.7	1.5
55	800.3	600.1	20.2	10.0	13.5	38.0	2.5	1.5
56	1250.0	950.0	23.1	11.2	13.6	46.0	2.9	1.5
57	1900.1	1705.5	29.0	13.1	13.9	48.0	2.8	1.7
58	1800.3	1560.2	29.4	13.9	13.8	47.0	3.0	1.6
59	700.0	550.0	18.5	9.5	8.0	36.0	2.3	1.5
60	450.0	400.1	14.7	8.2	9.2	30.0	2.4	1.4
61	750.1	600.1	20.3	10.3	10.0	35.0	2.5	1.5
62	400.3	300.2	17.0	8.0	8.3	30.0	2.0	1.0
63	350.4	290.1	14.9	7.6	8.0	30.0	2.2	1.1
64	500.1	400.2	16.8	8.0	10.0	30.0	2.5	1.4
65	649.9	500.0	17.2	9.1	11.0	32.0	2.5	1.5
66	699.3	560.1	18.0	10.2	12.0	33.0	2.3	1.2
67	650.1	550.2	27.3	9.1	12.2	31.0	2.5	1.4
68	450.3	378.9	15.0	8.2	12.5	30.0	2.5	1.4
69	580.1	500.1	14.9	9.1	13.0	32.0	2.2	1.2
70	490.1	399.9	13.3	8.1	13.0	30.0	2.2	1.1

4.2.2. Características químicas de cacao nativo

En las **Figuras 14 y 15** se observan los valores de °Brix y pH del mucílago de los granos de cacao según lugar de cultivo o procedencia, los valores estuvieron más cercanos a su valor promedio en La Peca, Imaza y Copallín. Los valores del mucílago en el total de fincas estudiadas variaron entre 12 y 23°Brix y pH de 3.6 a 5.3; siendo más dulce en los granos de frutos de La Peca (18.5°Brix promedio) y menos ácido (pH promedio 4.2); paralelamente se registraron menores valores promedios para mucílago de granos provenientes de Copallín con 16.4°Brix y pH 4.3, valores promedios cercanos obtuvieron Andrade-Almeida *et al.* (2019) para cultivares Nacional y NNC51 Perú (pH de 5.15 a 5.36). Kadow (2020) describe que valores de pH 5.0 a más favorecen la formación de péptidos relacionados con el sabor y aroma requerido por el consumidor. Para Cubillos *et al.* (2019) el pH, sólidos solubles totales y color son parámetros de madurez son mejor empleados en grupo que de manera individual.

Balladares *et al.* (2016) registraron valores de pH entre 3.5 y 5.0 son óptimos para crecimiento de levaduras panaderas y pueden estas condiciones convertir el azúcar a alcohol. Suarez y Oliveira (2022) mencionan como cacaos dulces a las variedades de Brasil (14.03°Brix) y Ecuador (19.6°Brix).

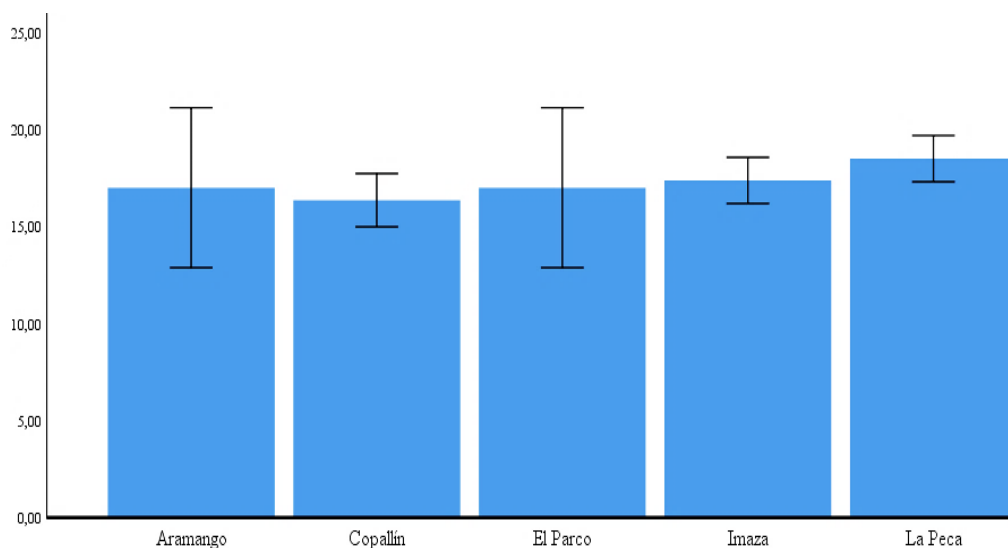


Figura 14. °Brix del mucílago de cacao nativo según lugar de procedencia

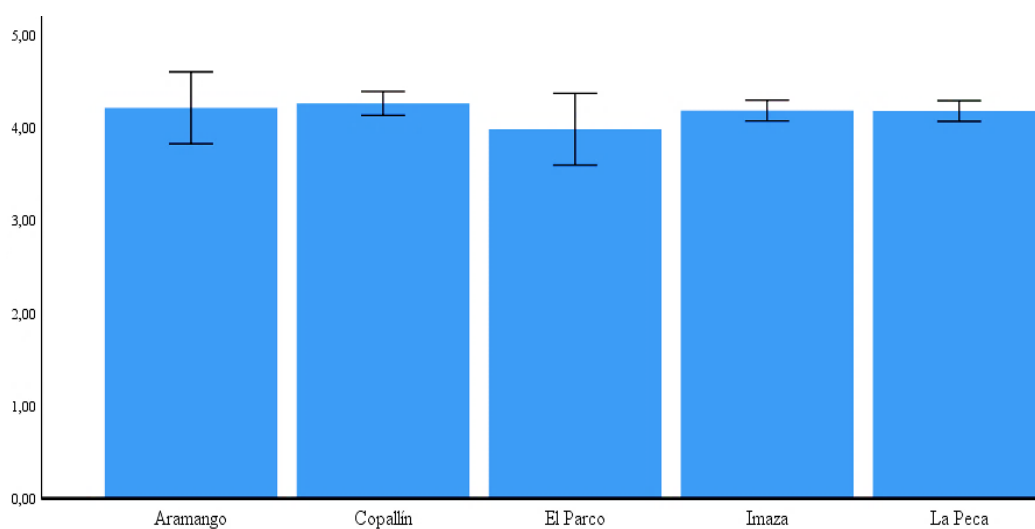


Figura 15. pH del mucílago de cacao nativo según lugar de procedencia

4.2.3. Características sensoriales y morfología de cacao nativo

Respecto a los descriptores del fruto (**Tabla 9**) resaltaron los colores de la cáscara amarillo (88.6 por ciento), rojo (7.1 por ciento) y marrón (4.3 por ciento). La forma del fruto fue más elíptica (80 por ciento) y oblonga (17.1 por ciento); de constricción basal ausente (71.4 por ciento) e intermedio (10 por ciento) con ápice del fruto obtuso (88.6 por ciento). Además, hubo cierta homogeneidad entre los valores de descriptores para el mismo lugar de procedencia en Aramango, El Parco y La Peca. Avendaño-Arrazate *et al.* 2018) mencionan que las características morfológicas no son claras entre cacaos Nacionales y Trinitarios, pero sí entre Forasteros; así mismo el grupo genético Nacional presenta frutos pequeños a medianos y con color crema en el 80 por ciento de las semillas.

Tabla 9. Características sensoriales, químicas y descriptores morfológicos de cacao nativo

Fincas	Sabor básico del mucilago	Color de cotiledón	°Brix del mucílago	pH del mucílago	Color del fruto	Descriptores morfológicos del fruto		
						Forma	Constricción basal	Ápice del fruto
Aramango								
1	2	1	14.0	4.2	3	2	3	3
2	1	1	20.0	4.3	1	2	0	3
Copallin								
3	1	3	18.0	4.2	1	2	0	3
4	3	3	17.0	4.2	1	2	5	3
5	1	3	18.0	4.3	1	1	0	3
6	2	1	13.0	4.4	1	2	0	2
7	2	1	14.0	4.4	1	2	0	2
8	2	1	14.0	4.4	1	1	0	3
9	1	3	17.4	4.3	2	1	0	3
10	1	3	18.0	4.2	2	2	0	3
11	1	3	19.0	4.2	2	2	3	3
12	1	1	19.0	4.1	1	2	5	3
13	1	1	20.0	4.0	1	2	0	3
14	1	1	19.4	4.0	1	1	0	3
15	2	1	14.2	4.3	1	1	0	3
16	2	1	14.0	4.3	1	2	0	3
17	3	1	15.2	4.5	1	2	7	5
18	2	1	15.0	4.4	1	2	7	3
19	3	1	15.3	4.4	1	3	0	3
20	2	1	14.0	4.1	1	2	5	3
El Parco								
21	1	1	19.0	4.1	1	2	0	3
22	2	1	15.0	3.9	3	2	0	3

... continua Tabla 9

Fincas	Sabor básico del mucílago	Color de cotiledón	°Brix del mucílago	pH del mucílago	Color del fruto	Descriptores morfológicos del fruto		
						Forma	Constricción basal	Ápice del fruto
Imaza								
23	1	1	18.0	4.2	3	2	0	3
24	1	1	20.0	4.2	3	2	0	3
25	1	1	19.0	4.3	3	2	0	5
26	1	1	17.0	4.2	1	2	7	3
27	3	1	16.0	4.6	1	2	7	3
28	3	1	20.0	4.5	1	2	7	3
29	3	1	17.0	4.0	1	2	0	2
30	3	1	16.0	4.0	1	2	0	3
31	1	1	22.0	3.9	1	2	0	3
32	2	1	15.0	4.0	1	2	0	3
33	2	1	13.0	4.4	1	2	5	3
34	2	1	12.0	4.1	1	2	5	3
35	2	1	13.0	4.0	1	2	3	3
36	1	1	18.0	4.2	1	2	0	3
37	3	1	16.0	4.3	1	2	0	3
38	2	1	12.0	4.3	1	3	0	3
39	1	1	22.0	4.0	1	2	0	3
40	3	1	16.0	4.2	1	2	0	5
41	3	1	17.0	4.3	1	1	0	3
42	1	1	22.0	4.1	1	1	0	3
43	1	1	22.0	4.1	1	1	0	3
44	2	1	15.0	4.3	1	2	0	3
45	1	1	20.0	4.2	1	2	0	3
46	1	1	19.0	4.1	1	2	0	3
La Peca								
47	3	1	17.0	4.4	1	2	0	3
48	1	1	21.0	5.6	1	1	0	3
49	1	1	21.0	4.5	1	2	0	3
50	1	1	23.0	4.1	1	2	0	3
51	1	1	19.0	3.6	1	2	0	3
52	1	1	18.0	4.4	1	2	0	3
53	1	1	20.0	3.9	1	2	0	3
54	1	1	20.0	3.7	1	2	3	3
55	3	1	17.0	3.8	1	2	0	3
56	1	1	18.0	3.9	1	2	0	3
57	3	1	17.0	4.0	1	2	5	3
58	1	1	18.0	3.8	1	2	0	3
59	1	1	23.0	4.5	1	2	0	3
60	1	1	22.0	4.3	1	2	7	3
61	1	1	23.0	4.6	1	2	7	3
62	1	1	21.0	4.2	1	2	0	3
63	1	1	20.0	4.2	1	2	0	3
64	2	1	15.0	4.2	1	2	5	5
65	2	1	13.0	4.3	1	2	0	3
66	2	1	13.0	4.3	1	1	0	3
67	2	1	14.0	4.4	1	1	0	3
68	1	1	18.0	3.8	1	1	7	3
69	3	1	17.0	3.9	1	2	0	2
70	3	1	16.0	3.9	1	2	0	3

En la **Tabla 10** los dos primeros componentes principales CP1 (57.02 por ciento) y CP2 (17.42 por ciento) explican el 74.52 por ciento de la varianza acumulada. La sedimentación de los componentes principales según la **Figura 16** es el primer componente da la mayor información (57.023 por ciento) y con el acumulativo en el segundo componente explican mas del 70 por ciento.

Respecto al agrupamiento de características físicas del cacao se aprecia (**Figuras 17 y 18**) dos grupos diferenciados distanciados uno del grano (cuadrante superior derecho) y del fruto (cuadrante inferior derecho), el primer grupo fue del peso, longitud y ancho del grano; mientras el segundo grupo fue peso, longitud y diámetro del fruto. El número de granos estuvo más asociado a las características físicas del fruto que del propio grano. López-Hernández *et al.* (2021) refieren que los descriptores que más aportan a la variabilidad de los genotipos están relacionados con longitud, diámetro y peso del fruto; así mismo las características físicas estarían siendo explicado por los factores genéticos, ambientales, edad de planta, suelo, fertilización y ubicación del fruto en la planta.

Tabla 10. Análisis de los componentes principales de las características físicas del fruto de cacao nativo

Componentes	Variación del componente	por ciento Varianza total	Porcentaje de varianza acumulada
1	4.562	57.023	57.023
2	1.399	17.492	74.515
3	0.771	9.635	
4	0.467	5.842	
5	0.394	4.922	
6	0.248	3.099	
7	0.152	1.899	
8	0.007	0.087	

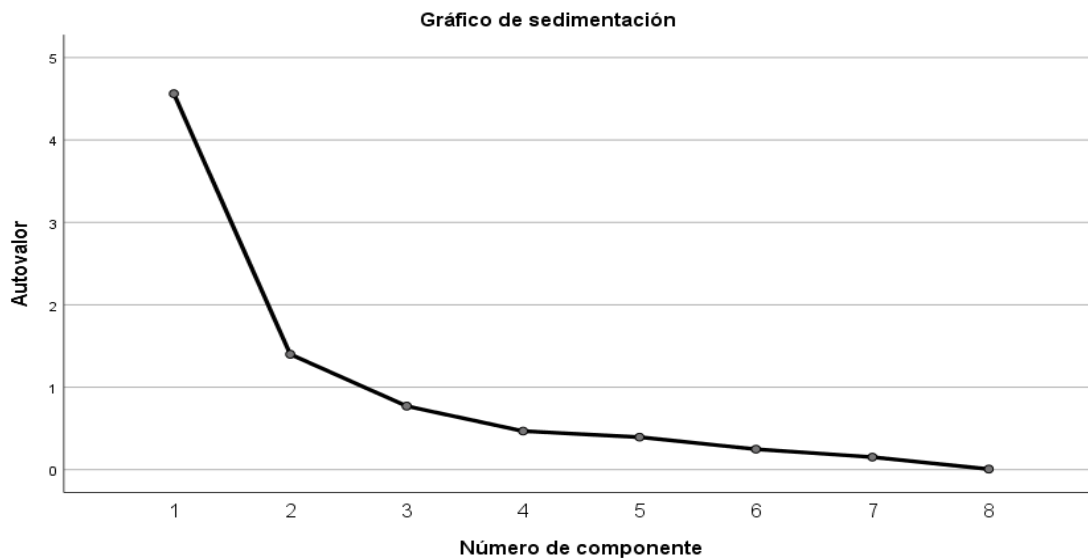


Figura 16. Sedimentación de los componentes principales

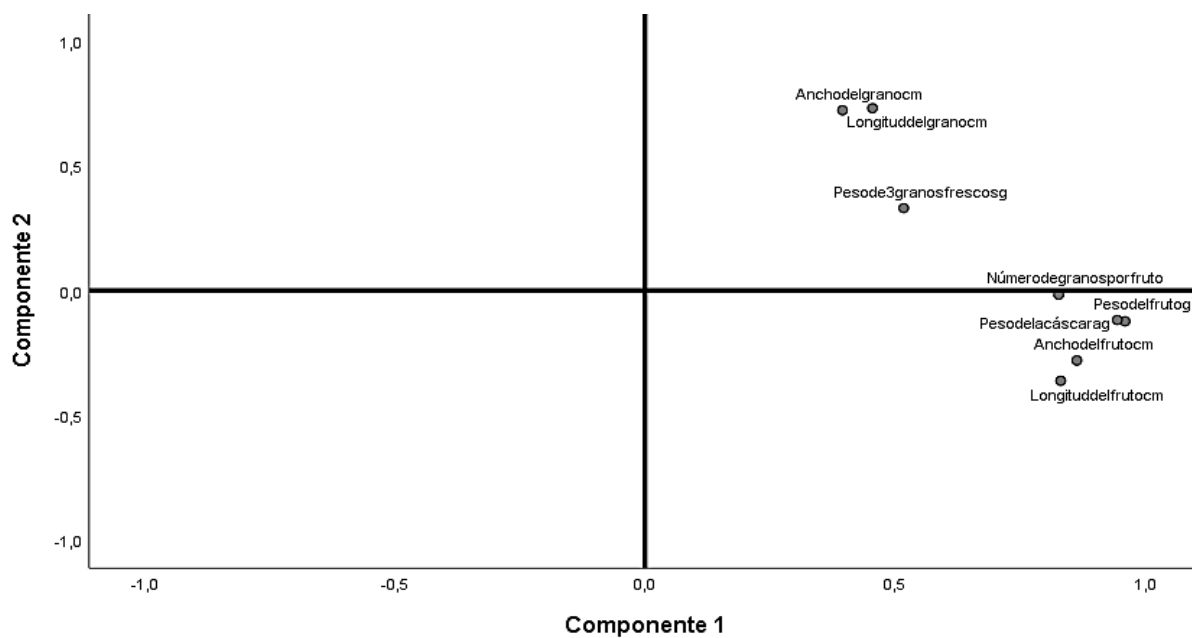


Figura 17. Agrupamiento de los genotipos de cacao nativo según las características físicas del cacao nativo

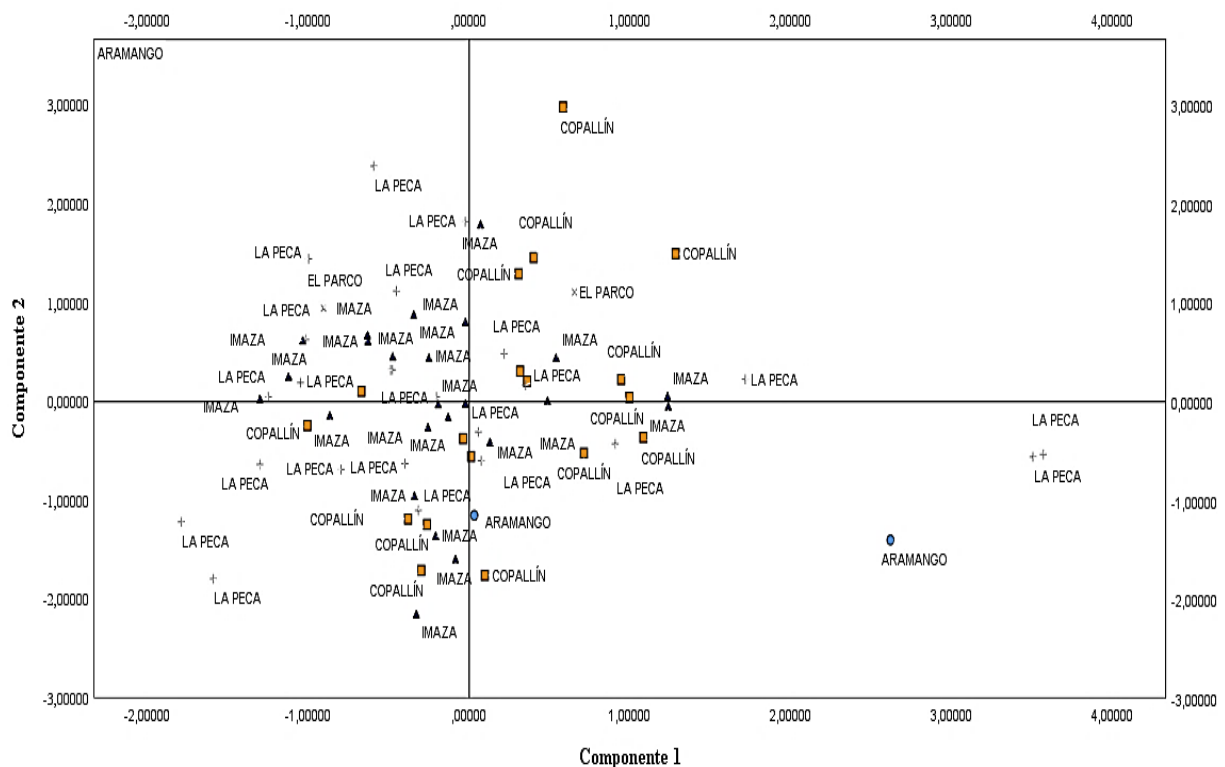


Figura 18. Agrupamiento de las fincas de cacao nativo según las características físicas del cacao nativo

Se puede notar la relación entre las fincas de Imaza y La Peca y otro grupo conformado principalmente por Imaza, Copallín y La Peca. Habría una relación entre las características físicas del grano y también por otro entre las características de longitud, diámetro y peso del fruto. Montaleza *et al.* (2020) encontraron que en cacao de un jardín clonal los caracteres que más difirieron son: forma de la fruta, longitud del fruto y la relación longitud diámetro dicho descriptores tienen relación con la producción.

Respecto a la relación de los sabores básicos y descriptores del cacao, según el lugar de cultivo o procedencia, la prueba de Kruskal Wallis (**Tabla 11**) fue estadísticamente significativo solamente para el color del grano y del fruto respecto al lugar de procedencia. Ramos *et al.* (2020) señalan al evaluar cultivares de cacao Nacionales, clones e híbridos, encontraron con mayor frecuencia frutos de forma oblonga, y en el grano el color blanco o amarillo. También, Oliva-Cruz *et al.* (2022) refieren que la mayor diversidad de ecotipos se

encuentra en altitudes medias y altas (670.72 y 800.17 msnm, respectivamente) que presentan las mejores condiciones agroclimáticas para el desarrollo del cacao fino de aroma y condicionado a los cultivos en mayor altitud que el crecimiento de la planta es más lento, pero sintetizan más azúcares complejos relacionado con el fino aroma; en nuestro caso en la Peca, Copallín y Aramango resaltan fincas por encima de 500 msnm).

Tabla 11. Resumen de la prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis

Hipótesis nula (Ho)	Sig.	Decisión
Distribución de sabor básico del mucílago es la misma en todas las categorías de lugar de cultivo	0.837	Se acepta Ho
Distribución del color del cotiledón es la misma en todas las categorías de lugar de cultivo	0.001	Se rechaza Ho
Distribución del color del fruto es la misma en todas las categorías de lugar de cultivo	0.440	Se rechaza Ho
Distribución de la forma del fruto es la misma en todas las categorías de lugar de cultivo	0.784	Se acepta Ho
Distribución de la constricción basal del fruto es la misma en todas las categorías de lugar de cultivo	0.877	Se acepta Ho
Distribución del ápice del fruto es la misma en todas las categorías de lugar de cultivo	0.933	Se acepta Ho

El nivel de significancia (Sig.) es 0.05

4.3. ANÁLISIS DE LA SUSTENTABILIDAD DE LAS FINCAS PRODUCTORAS DE CACAO NATIVO EN LA PROVINCIA BAGUA

4.3.1. Sustentabilidad económica

En la **Tabla 12** 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 12. Indicadores de sustentabilidad económica de las fincas de cacao nativo según distrito

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 por ciento 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) mencionan 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 por ciento del total; ninguna finca de Imaza fue económicamente sustentable (representó el 34.3 por ciento del total de fincas); así mismo los distritos económicamente más sustentables (IK = 2.0) fueron La Peca y Copallín que representaron el 22.9 por ciento y 14.3 por ciento del total de fincas, respectivamente. Valores similares obtuvieron Anzules-Toala *et al.* (2021) con un 39 por ciento de sustentabilidad en fincas cacaoteras en Ecuador.

La **Figura 19** muestra que las variables diversificación de la producción, superficie de consumo y canales de comercialización fueron los 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 con la producción sin agroquímicos y estar certificada como orgánica (Rojas-Briceño *et al.* 2022). Cáceres-Yparraguirre *et al.* (2020) en fincas productoras de uva en Ica requirieron fertilizantes sintéticos en el cultivo, no ajustándose a los objetivos de la sustentabilidad. Collantes *et al.* (2021) para el cultivo de arándano azul en Cañete consideran los insumos externos como limitantes donde usan bolsas plásticas con sustrato adecuado y sistema de fertirriego por goteo.

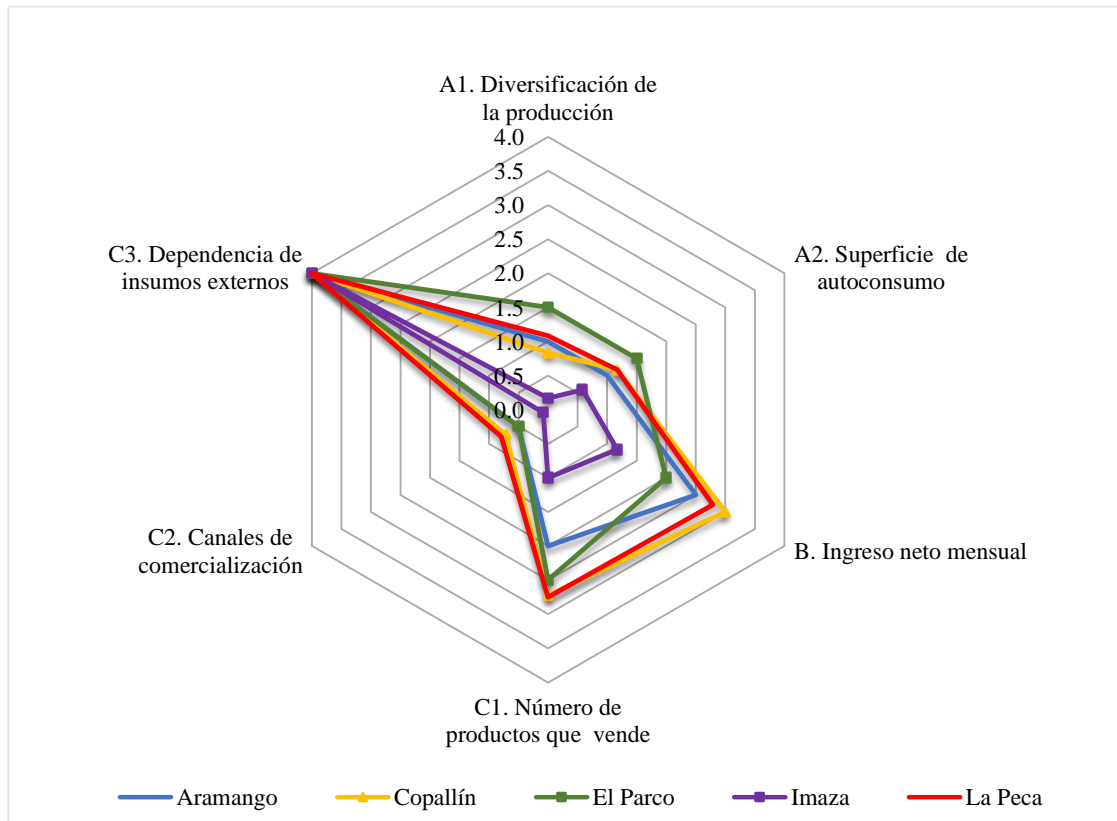


Figura 19. Comparación de variables de sustentabilidad económica

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.

4.3.2. Sustentabilidad sociocultural

El indicador de sustentabilidad (Tabla 13) 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 20** es notorio la tendencia de las curvas al interrelacionar las variables; el acceso a vivienda, salud y educación estuvieron distantes de las líneas formadas considerados 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 en Ecuador estaría en mejores condiciones de vida que los productores de cacao nativo en 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) reportaron un 55.4 por ciento de fincas de limón en Ecuador con indicadores social cultural sustentables (ISC > 2) favorecido principalmente por el tipo de vivienda y servicios básicos.

Tabla 13. Indicadores de sustentabilidad sociocultural de las fincas de cacao nativo según distrito

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

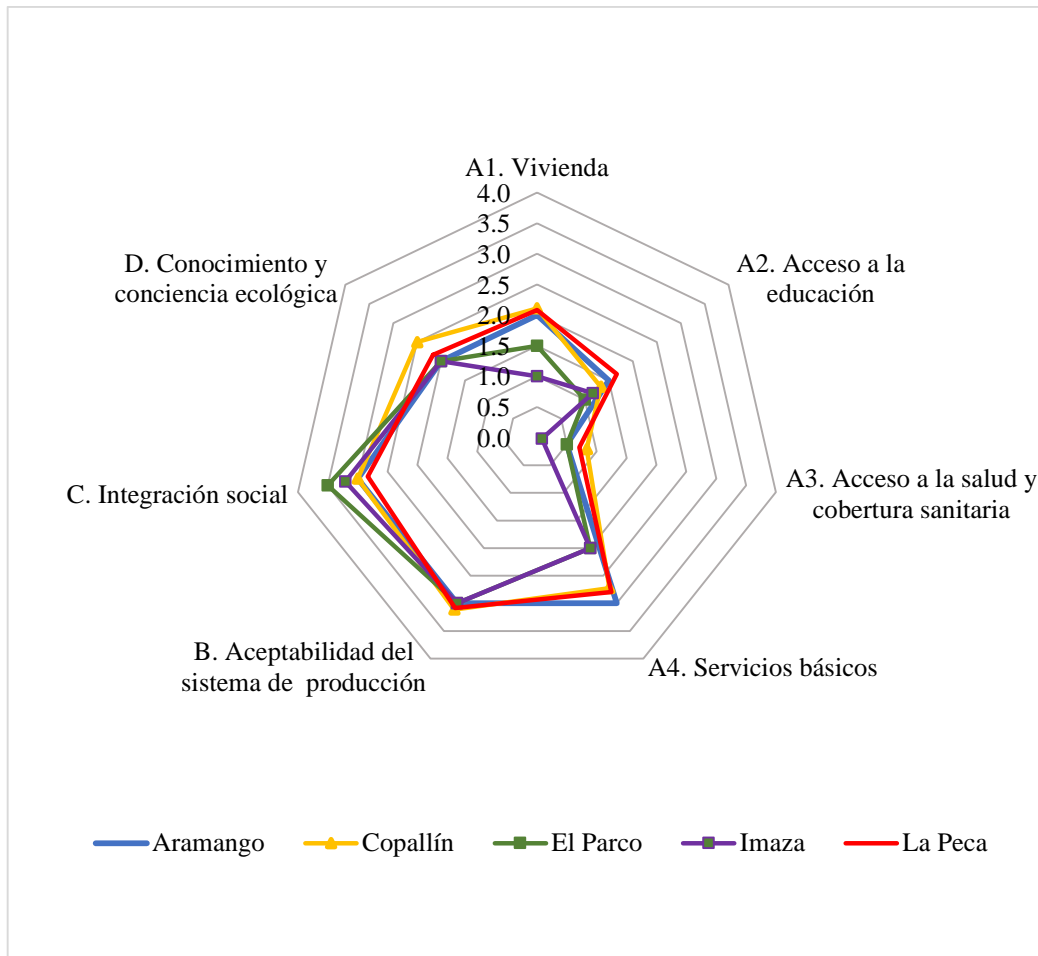


Figura 20. Comparación de variables de sustentabilidad sociocultural

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 (2.02) obtuvieron Anzules-Toala *et al.* (2021) para esta variable 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 por ciento 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 por ciento 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-indicador de satisfacción de necesidades básicas.

Los productores cacaoteros en su mayoría solo cursaron el nivel primario (59.9 por ciento) seguido de secundaria (32.9 por ciento). Moreno *et al.* (2021) en fincas cacaoteras del norte centro del Ecuador reportan productores un 59.8 por ciento con estudios de secundaria y un 15.7 por ciento con primaria; Tirado-Malaver *et al.* (2021) encontraron en un 64 por ciento 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 por ciento accedió a centros médicos con médico temporal o dirigido por un enfermero, mal equipados y el 47.1 por ciento 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.

4.3.3. Sustentabilidad ecológica

Según la **Tabla 14** el 100 por ciento de las fincas mostraron un $IE > 2.0$ con un promedio de $IE = 2.4$; Copallín, El Parco y La Peca tuvieron un $IE = 2.0$. 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 por ciento 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 21** 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 por ciento 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-indicador 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; además, los

sub-indicadores conservación de la vida del suelo y manejo de la biodiversidad estuvieron bajo el límite del umbral de la sustentabilidad, además el sub-indicador riesgo de erosión mostró valores por encima del umbral mínimo 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 plántones 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 14. Indicadores de sustentabilidad ecológica en fincas productoras de cacao nativo

Distritos	A. Conservación de vida del suelo			B. Riesgo de erosión			C. Manejo de la biodiversidad		IE
	A1. Manejo cobertura vegetal (por ciento)	A2. Reciclaje de biomasa	A3. Diversificación cultivos	B1. Pendiente predominante (por ciento)	B2. Cobertura vegetal (por ciento)	B3. Orientación hileras cultivo	C1. Biodiversidad temporal	C2. Biodiversidad 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

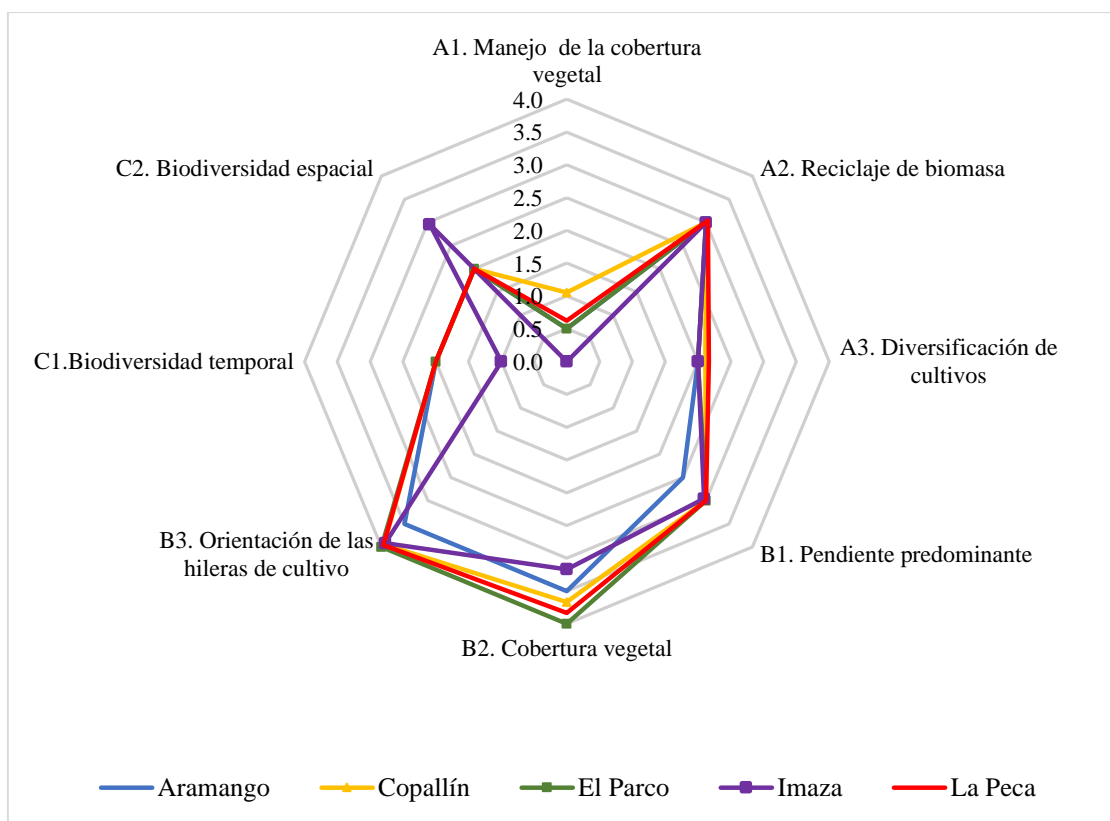


Figura 21. Comparación de variables de sustentabilidad ecológica

4.3.4. Índice de sustentabilidad general (ISGen)

De las 70 fincas muestreadas en 28 fincas de cacao nativo fueron sustentables representando al 40 por ciento de las fincas con ISGen = 2.1 con valor de los indicadores económico, socio

cultural y ecológico no menor a 2. En la **Figura 22** 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.

En la presente investigación se coincide con 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 e ISC de 3.18 y 3.22, respectivamente, por encima del umbral mínimo de sostenibilidad; además registraron un ISGen = 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 22** 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.

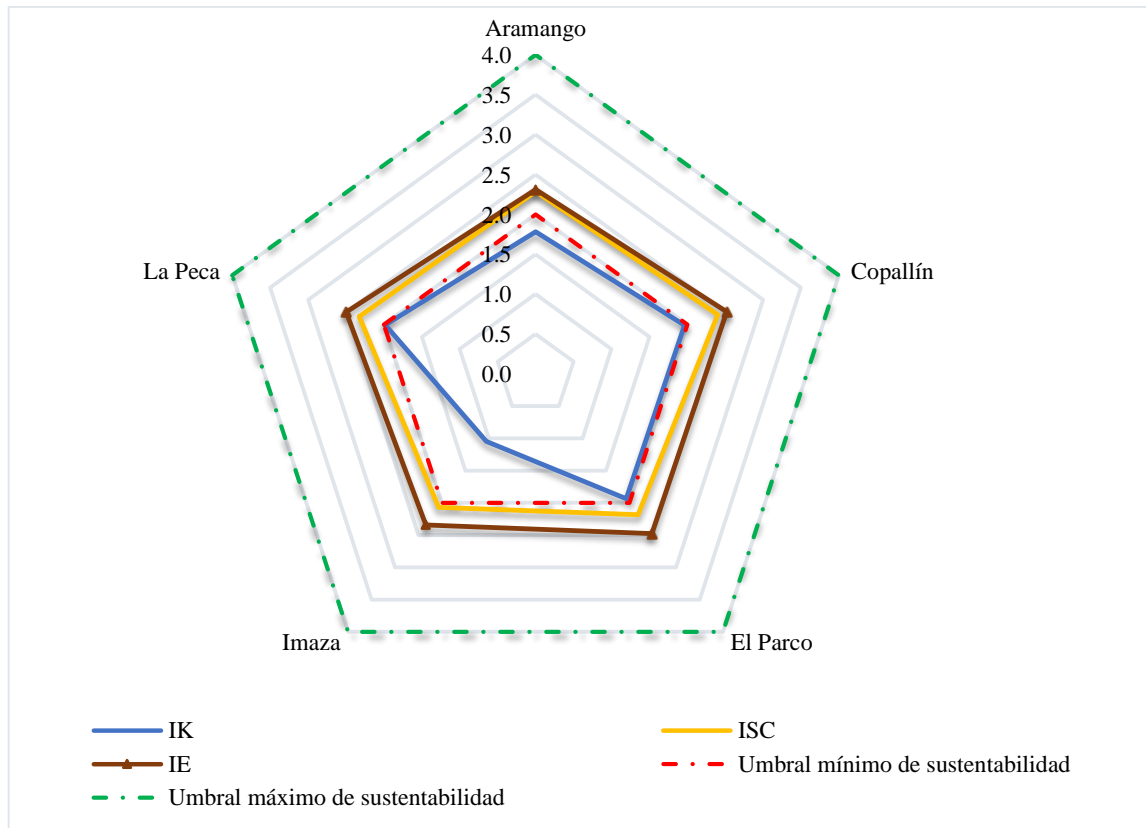


Figura 22. Comparación de los indicadores y umbrales de sustentabilidad según distritos.

V. CONCLUSIONES

- Las fincas productoras de cacao nativo en los distritos de Aramango, Copallín, El Parco, Imaza y La Peca en la provincia Bagua, Amazonas, presentan diversas características, sociales, económicas y ambientales. Pero se clasificaron en tres grupos, cuantitativamente casi similares, el Grupo 1, reunió al 38.6 por ciento de fincas, seguido del Grupo 3 que aglutinó al 31.4 por ciento de fincas y el Grupo 2 que tuvo el 30.0 por ciento de fincas.
- Las características físicas del cacao nativo dependen del lugar de procedencia siendo los valores de los pesos de fruto y cáscara más altos en La Peca. Las características químicas y sensoriales determinan un grano dulce, ligera acidez y con una longitud (> 1.2 cm). El color predominante del fruto fueron amarillo (88.6 por ciento), forma elíptica (80 por ciento) y constricción basal ausente (71.4 por ciento). El análisis de agrupamiento, mostró una relación entre las características físicas de los frutos de Imaza con los de La Peca.
- La sustentabilidad de las fincas productoras de cacao nativo, varió de un distrito a otro. De todas las fincas evaluadas, solamente el 40 por ciento fueron sustentables. El indicador económico (IK) fue el que con mayor frecuencia tuvo valores menores a 2 y, por lo tanto, el que influyó negativamente para que una determinada finca no lograra la sustentabilidad.

VI. RECOMENDACIONES

- Continuar con los estudios de sustentabilidad en todas las regiones cacaoteras del Perú, especialmente con en aquellas zonas donde se tienen tipos de cacao con atributos de fino aroma. Estos resultados podrían ser usadas por las instituciones públicas, cooperativas y organizaciones de productores para promover políticas para mejorar la competitividad del sector cacaotero, siempre considerando la búsqueda del desarrollo sustentable para la región tropical de nuestro país.
- Comparar diversos modelos de analizar la sustentabilidad para estudiar la sustentabilidad de cacao para adaptar a cada realidad del lugar donde se produce y comercializa cacao en Perú.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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). Disponible en <https://zenodo.org/record/3473533#.ZBM3EXZBzIU>.

Alejandría, L. 2021. Estudio del proceso de infección de *Moniliophthora roreri* en frutos de cacao (*Theobroma cacao*), en la provincia de Utcubamba – región Amazonas. Tesis de Ingeniería Agrónoma. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. 65 p.

Alomía, J.; Alomía, C.; Vega, B. 2021. *Carmenita foraseminis* Eichlin y *Phytophthora palmivora* en frutos de *Theobroma cacao* L. en Satipo, Perú. Manglar, 18(3): 283-288. Disponible en <https://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.037>

Álvarez, C.; Liconte, N.; Pérez, E.; Lares, M.; Perozo, J. 2022. Revisión sobre los atributos físicos, químicos y sensoriales como indicadores de la calidad comercial del cacao. Petroglifos: Revista Crítica Transdisciplinario, 5(1). Doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6548316>

Álvarez-Sánchez, D.; Gómez-López, E.; Ordóñez-Jurado, H.; Rodríguez, J. 2019. Tipología de fincas productoras de guisantes (*Pisum sativum* L.) en la subregión sur de Nariño, Colombia. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, (20)3. Disponible en <https://doi.org/10.21930/rcta.vol20num3art:1593>

Alviárez, E.; Caetano, A.; Ramírez, Y.; Granda, M.; Leiva, S. 2022. Physicochemical and organoleptic profile of the native fine aroma cocoa from northeastern area of Peru. Food Science and Technology, Campinas, 42, e06422, 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1590/fst.06422>

Andrade-Almeida, J.; Rivera-García, J.; Chire-Fajardo, G.; Ureña-Peralta, M. 2019. Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10 (4): 1-12. Doi: 10.29019/enfoque.v10n4.462

A.A.N. 2022. Principales exportaciones agropecuarias. Agencia Agraria de Noticias. Lima. Disponible en <https://www.agraria.pe/index.php/estadisticas-new>.

Anzules, V.; Borjas, R.; Castro-Cepero, V.; Julca-Otiniano, A. 2018. Caracterización de fincas productoras de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Santo Domingo de Los Tsáchilas, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8(2): 39-50.

Anzules-Toala, V.; Pazmiño-Bonilla, E.; Borjas-Ventura, R.; Alvarado-Huamán, L.; Castro-Cepero, V.; Julca-Otiniano, A. 2021. Sustentabilidad de las fincas productoras de cacao en Santo Domingo De Los Tsáchilas, Ecuador. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(96).

Aquino, V.; Camarena, F.; Julca, A.; Jiménez, J. 2018. Caracterización multivariada de fincas productoras de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) del Valle del Mantaro, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 9(2): 269-279. Disponible en <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.12>

Armando, C. 2016. Estudio del cacao em el Perú y en el mundo: Un análisis de la producción y el comercio. Ed. MINAGRI-DEEIA. Lima. 90 p.

Armengot, L.; Ferrari, L.; Milz, J.; Velasquez, F.; Hohmann, P.; Schneider, M. 2020. Cacao agroforestry systems do not increase pest and disease incidence compared with monocultures under good cultural management practices. *Crop Protection* 130 (2020) 105047. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105047>

Arvelo, M.; González, D.; Delgado, T.; Maroto, S.; Montoya, P. 2017a. Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América. *Content Delivery México*. 283 p.

Arvelo, M.; González, D.; Maroto, S.; Delgado, T.; Montoya, P. 2017b. Manual Técnico del Cultivo de Cacao Prácticas Latinoamericanas. IICA. San José. 143 p.

Avendaño-Arrazate, C.; López-Gómez, P.; Iracheta-Donjuan, L.; Vázquez-Ovando, A.; Bouchan, R.; Cortés-Cruz, M.; Borrayo, E. 2018. Diversidad genética y selección de una colección núcleo para la conservación a largo plazo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Interciencia*, (43) 11: 770-777.

Balladares, C.; Chóez-Guaranda, I.; García, J.; Sosa, D.; Pérez, S.; González, J.; Viteri, R.; Barragán, A.; Quijano-Avilés, M.; Manzano, P. 2016. Physicochemical characterization of *Theobroma cacao* L. sweatings in Ecuadorian coast. *Journal of Food and Agriculture*, 28(10): 741-745. Doi: 10.9755/ejfa.2016-02-187

Barbera, A.; Zamora, MY. 2022. Evaluation of agrobiodiversity and its trophic interactions as an indicator of sustainability in productive systems. *Open Journal Environmental Biology*, 7(1): 06-13. Doi: <https://dx.doi.org/10.17352/ojeb.000027>

Barrezueta-Unda, S. 2020. Propiedades de algunos suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *CienciaUAT*, 14(1): 155-166. Doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1210

Barrientos-Felipa, P. 2017. Estrategia de diversificación productiva en Perú y su aplicación en el sector agrícola. *Semestre Económico*, 20(44): 117-136. Disponible en <https://Doi.Org/10.22395/Seec.V20n44a6>

Bedoya, E.; Julca-Otiniano, A. 2021. Sustentabilidad de las fincas de palto (*Persea americana* Mill.) en la región Moquegua, Perú. *RIVAR*, 8(22): 36-50. DOI <https://doi.org/10.35588/rivar.v8i22.4770>

Bidot, I.; De La Cruz, M.; Riera, M.; Bertin, P. 2015. Morphological characterization of traditional cacao (*Theobroma cacao* L.) plants in Cuba. *Genetic Resources and Crop Evolution*. Doi:10.1007/s10722-015-0333-4

Boeckx, P.; Bauters, M.; Dewettinck, K. 2020. Poverty and climate change challenges for

sustainable intensification of cocoa systems. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2020, 47:106–111. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.10.012>

Bournas, I.; Dubois, M.; Laike, T. 2020. Perceived daylight conditions in multi-family apartment blocks – Instrument validation and correlation with room geometry. *Building and Environment* 169. 106574. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106574>

Cáceres-Yparraguirre, H.; Pinedo-Taco, R.; 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(77).

Cáceres, H.; Julca, A. 2018. Caracterización y tipología de fincas productoras de vid para Pisco en la región Ica-Perú. IDESIA. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005001002>

Caicedo-Camposano, O.; Balmaseda-Espinosa, C.; Cadena-Piedrahita, D.; Layana-Bajaña, E. 2021. Sustainability indicators for banana's farm evaluation in agricultural areas of Babahoyo, Ecuador. *La Técnica Revista de Agronegocios*, 25: 33-43. Disponible en <https://doi.org/10.33936/latécnica.v0i25.2114>

Camacho, A. 2019. Diagnóstico de la Cadena de Valor del Cacao en Perú. La cadena de valor del cacao en América Latina y el Caribe. FONTAGRO. Washington. 105 p.

Castro-Alayo, E.; Idrogo-Vásquez, G.; Siche, R.; Cardenas-Toro, F. 2019. Formation of aromatic compounds precursors during fermentation of Nacional and Forastero cocoa. *Heliyon* 5, e01157. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01157>

Cecarelli, V.; Lastra, S.; Gastón, R.; Solórzano, L.; Wenceslao, W.; Nolasco, M.; Sotomayor, L.; Plaza, L.; López, D.; Fernández, F.; Dessauw, D.; Orozco-Aguilar, L.; Thomas, E. 2022. Conservation and use of genetic resources of cacao (*Theobroma cacao* L.) by gene banks and nurseries in six Latin American countries. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 69:1283–1302. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10722-021-01304-3>

Chibanda, C.; Agethen, K.; Deblitz, C.; Zimmer, Y.; Almadani, M.; Garming, H.; Rohlmann, C.; Schütte, J.; Thobe, P.; Verhaagh, M.; Behrendt, L.; Staub, T.; Lasner, T. 2020. The typical farm approach and its application by the Agri Benchmark network. *Agriculture* 2020, 10, 646; doi:10.3390/agriculture10120646

Chopin, P.; Mubaya, Ch., Descheemaeker, K., Öborn, I., Bergkvist, G. 2021. Avenues for improving farming sustainability assessment with upgraded tools, sustainability framing and indicators. A review. *Agronomy Sustainable Development*, 41: 19. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00674-3>

Collantes, R.; Rodríguez, A.; Beyer, A. 2021. Sustentabilidad de agroecosistemas de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) en Cañete, Lima, Perú. *Tecnociencia*, 23 (2).

Cubillos, A.; Bojacá.; García, M.; Calvo, A.; Carvajal, G.; Tarazona-Díaz, M. 2019. Study of the physical and chemical changes during the maturation of three cocoa clones, EET8, CCN51, and ICS60. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99: 5910–5917. Doi: 10.1002/jsfa.9882

Das, S.; Avelar, R.; Dixon, K.; Sun, X. 2018. Investigation on the wrong way driving crash patterns using multiple correspondence analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 111: 43–55. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.11.016>

Díaz-Gaona, C.; Sánchez-Rodríguez, M.; Rucabado-Palomar, T.; Rodríguez-Estévez, V. 2019. A Typological characterization of organic Livestock Farms in the Natural Park Sierra de Grazalema based on technical and economic variables. *Sustainability*, 11, 6002. Doi:10.3390/su11216002

Díaz, L.; Canto, M.; Alegre, J.; Camarena, F.; 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). Doi: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1013>

Doaré F.; Ribeyre, F.; Cilas, C. 2020. Genetic and environmental links between traits of cocoa beans and pods clarify the phenotyping processes to be implemented. *Scientific*

Reports. 10:9888. Disponible en <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66969-9>

Dzandu, E.; Enu-Kwesi, L.; Merley, C.; Owusu, K.; Ayeh, K. 2021. Screening for drought tolerance potential of nine cocoa (*Theobroma cacao* L.) genotypes from Ghana. *Heliyon*. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08389>

Escobar, N.; Romero, N.; Jaramillo, C. 2019. Typology of small producers in transition to agroecological production. *Agronomy Research*, 17(6): 2242-2259. Disponible en <https://doi.org/10.15159/AR.19.221>

Fernández, A.; Torres, E.; Chávez, S.; Julca, A.; Fernández, L. 2022. Caracterización socioeconómica y ambiental de las fincas productoras de cacao nativo en la provincia de Bagua, Perú. *IDESIA (Chile)*, 40 (2): 67-75. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292022000200067>

Fernández-Jeri, A.; Chávez, S.; Julca, A.; Vega, N. 2023. Atributos morfológicos y sensoriales de cacao nativo, Bagua, Perú. *Revista de la Universidad Del Zulia*, 144 (3): 64-80. Disponible en <http://dx.doi.org/10.46925//rdluz.39.04>

Fu, L.; Mao, X.; Mao, X.; Wang, J. 2022. Evaluation of agricultural sustainable development based on resource use efficiency: empirical evidence from Zhejiang province, China. *Frontiers in Environmental Science*, 10. Doi: 10.3389/fenvs.2022.860481

García, L. 2014. Cultivares de cacao del Perú. Lima. MINAGRI, DEVIDA. Segunda Reimpresión, 108 p.

Gaviglio A.; Bertocchi, M.; Demartini, E. 2017. A Tool for the Sustainability Assessment of Farms: Selection, Adaptation and Use of Indicators for an Italian Case Study. *Resources*, (6) 60. Doi: 10.3390/resources6040060

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.

González, S.; Guajardo, L.; Almeraya-Quintero, S.; Pérez-Hernández, L.; Sangerman-Jarquín, D. 2020. Evaluación de la sustentabilidad del cultivo de maíz en Villaflores y La Trinitaria, Chiapas. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*. 11(7). Doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2673>

Goñas, M.; Rubio, K.; Rojas, N.; Pariente-Mondragón, E.; Oliva-Cruz, M. 2022. Tree diversity in agroforestry systems of native fine-aroma cacao, Amazonas, PLoS ONE, 17(10): e0275994. Disponible en <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275994>.

Guimac, Ll. 2017. Caracterización fisicoquímica y organoléptica del cacao Nacional nativo (*Theobroma cacao* L.) de las parcelas cacaoteras de Amazonas APROCAM. Tesis de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. 75 p.

Hasang-Moran, E.; García-Bendezú, S.; Carrillo-Zenteno, M.; Durango-Cabanilla, W.; 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): 26-40.

Heredia-Rengifo, M.; Torres, B.; Vasseur, L.; Puhl, L.; Barreto, D.; Díaz-Ambrona, C. 2022. Sustainability dimensions assessment in four traditional agricultural systems in the Amazon. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 25. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.782633>

Hütz-Adams, F.; Campos, P.; Fountain, A. 2022. Barómetro del cacao - Base de referencia para Latinoamérica. Países Bajos. 38 p.

ICCO. 2023. The International Cocoa Organization. Disponible en <https://www.icco.org/projects/#top>

INIA. 2019. Manual de manejo agronómico del cultivo de cacao nativo (*Theobroma cacao* L.) en la región Loreto. Primera edición. Latina. Iquitos. 26 p.

INEI.2012. Características socioeconómicas del productor agropecuario en el Perú. IV

Censo Nacional Agropecuario 2012. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima. 388 p.

Jaimes, Y.; Aranzazu, F. 2010. Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia, con énfasis en Monilia (*Moniliophthora roreri*). Ed. CORPOICA. Colombia. 91 p.

Jean-Marie, E.; Jiang, W.; Bereau, D.; Robinson, JC. 2022. *Theobroma cacao* y *Theobroma grandiflorum*: botánica, composición y actividades farmacológicas de vainas y semillas. Alimentos 2022, 11 (24), 3966. Disponible en <https://doi.org/10.3390/foods11243966>

Julca-Otiniano, A.; Alvarado, L.; Borjas, R.; Castro-Cepero, V.; Bello, N.; Bello, S. 2021. El cacao (*Theobroma cacao* L.) una revisión sobre su manejo agronómico. UNALM. Lima. 92 p.

Kadow, D. 2020. Runder tisch kakao hamburg, Berlin, Germany the biochemistry of cocoa favor – A holistic analysis of its development along the processing chain. Journal of Applied Botany and Food Quality, 93: 300 - 312, Doi:10.5073/JABFQ.2020.093.03

Kapoor, M. 2020. Spearman's Rank Correlation and Factorial Analysis: Socio-Demographic Characteristics of Diabetic Hypertensive Patients Presenting to a Tertiary Care Hospital. Indian Journal of Pharmacy Practice, (13)2. Doi: 10.5530/ijopp.13.2.19

Leandro-Muñoz, M.; Cerda, R. 2021. Guía para el manejo integrado de enfermedades en el cultivo de cacao. CATIE. Turrialba. 34 p.

Lewis, V.; Farrell, A; Umaharan, P.; Lennon, A. 2021. Genetic variation in high light responses of *Theobroma cacao* L. accessions. Heliyon, 7 e07404. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07404>

López, Y; Cunias M; Carrasco, Y. 2020. El cacao peruano y su impacto en la economía Nacional. Universidad y Sociedad: Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos, 12(3): 344-352.

López-Hernández, M.; Sandoval-Aldana, A.; García-Lozano, J.; Nacional-Nuñez, J. 2021. Estudio morfoagronómico de materiales de cacao (*Theobroma cacao* L.) de diferentes zonas productoras en Colombia. *Revista Ciencia y Agricultura*, 18(3): 99-109. Disponible en <https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n3.2021.12570.1>

Loureiro, G.; Valle, R.; Andrade, G.; Moreira, S. 2017. Influencia de factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahía, Brasil. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12): 579-587. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>

Maraví, J.; Buendía, O.; Alvarado, L.; Ventura, R.; Castro-Cepero, V.; Julca A. 2018. Characterization of banana farms (*Musa* spp.) in Cuyani microbasin, Pichanaki district, Chanchamayo province (Junín, Perú). *Peruvian Journal of Agronomy*, 2(2): 6-13. Disponible en <http://Dx.Doi.Org/10.21704/Pja.V2i2.1200>

Martínez, E.; Pérez, L. 2015. Incidencia de enfermedades fúngicas en plantaciones de cacao de las provincias orientales de Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 30(2): 87-96.

Martínez, J.; Novoa, R.; Martínez, E.; Espinosa, M.; Martínez, A.; Grandett, L.; Contreras, J.; Rodríguez, M. 2022a. Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el departamento de Sucre. AGROSAVIA. Bogotá. 188 p.

Martínez, A., Grandett, L., Novoa, R., Martínez, J., Contreras, J. and Berrio, E., 2022b. 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): 46-55. Disponible en <https://riiarn.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/242/214>

Márquez, F.; Julca, A.; Canto, M.; Soplín, H.; Vargas, S.; Huerta, P. 2016. Sustentabilidad ambiental en fincas cafetaleras después de un proceso de certificación orgánica en la convención (Cusco, Perú). *Ecología Aplicada*, (15)2. Disponible en <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.752>

Mata, D.; Rivero, M.; Segovia, E. 2018. Sistemas agroforestales con cultivo de cacao fino

de aroma: entorno socio-económico y productivo. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6(1): 103-115.

Mendoza, J. 2022. Caracterización molecular de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de cacao en la zona nororiental del Perú. Tesis de Maestría. Escuela de Posgrado. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. 61 p.

Melgarejo, S. 2019. Agroecología: de agroecosistemas a agroecosistemas sostenibles. *Revista de Tecnología*, 18(2): 1-13.

Mejía, A.; Meza, M.; Espichan, F.; Mogrovejo, J.; Rojas, R. 2021. Chemical and sensory profiles of Peruvian native cocoas and chocolates from the Bagua and Quillabamba regions. *Journal of Food Science Technology*, 41(Suppl. 2): 576-582. Disponible en <https://doi.org/10.1590/fst.08020>

Mercado, W.; Lujan, A. 2020. Canales de comercio alternativo en pequeños productores de quinua del departamento de Junín-Perú. *Natura@economía*, 5(2): 52-71. Disponible en <http://dx.doi.org/10.21704/ne.v5i2.1607>.

Mills, J.; Chiswell, H.; Gaskell, P.; Courtney, P.; Brockett, B.; Cusworth, G.; Lobley, M. 2021. Developing farm-level social indicators for agri-environment schemes: A focus on the agents of change. *Sustainability* 2021, 13, 7820. Disponible en <https://doi.org/10.3390/su13147820>

Montaleza, J.; Quevedo, J.; García, M. 2020. Análisis de la diversidad morfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.) del jardín clonal de la Universidad Técnica de Machala. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2): 45-57.

Montoya, J.; Cartes, I.; Zumelzu, A. 2020. Indicators for evaluating sustainability in Bogota's informal settlements: Definition and validation. *Sustainable Cities and Society* 53 (2020) 101896. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101896>

More, J.; Fernández A.; Castro, M.; Balcázar, C.; Fernández, L. 2022. Caracterización física y sensorial de almendras de plantas de cacao elite (*Theobroma cacao* L.) en Bagua, Perú.

Revista de la Universidad Del Zulia 36. Disponible en <http://dx.doi.org/10.46925//rdluz.36.04>

Moreno, C.; Paredes, M.; Escobar, J.; 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): 171-179. Disponible en <https://doi.org/10.15446/acag.v70n2.85876>

Mori, R.; Millones, C.; Guadalupe, G.; Idrogo-Vásquez, G.; Chu-Koo, F.; Fernández-Jeri, A.; Gill, E.; Chávez, S.; García, L. 2023. Integrating assessment of characterization, sustainability and efficiency for the production of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): A case study in the Amazonas region of Peru. *Agriculture* 2023, 13, 390. Disponible en <https://doi.org/10.3390/agriculture13020390>

Motta-Delgado, P.; Ocaña, H.; Rojas-Vargas, E. 2019. Indicadores asociados a la sostenibilidad de pasturas: una revisión. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2): 387-408. Doi: https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art:1464

Musafiri, C.; Macharia, J.; Ng'etich, O.; Kiboi, M.; Okeyo, J.; Shisanya, C.; Okwuosa, E.; Mugendi, D.; Ngetich, F. 2020. Farming systems' typologies analysis to inform agricultural greenhouse gas emissions potential from smallholder rain-fed farms in Kenya. *Scientific African* 8 e00458. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00458>

Mukete, N.; Li Z, Mukete, B.; Bobyeg, P. 2018. Cocoa Production in Cameroon: A Socioeconomic and Technical Efficiency Perspective. *International Journal of Agricultural Economics*, 3(1): 1-8. Doi: 10.11648/j.ijae.20180301.11

Nicholls, C.; Henao, A.; Altieri, M. 2015. Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*, 10(1): 7-31. Disponible en <https://doi.org/10.6018/agroecologia>

Oliva-Cruz, M.; Goñas, M.; Bobadilla, L.; Rubio, R.; Escobedo-Ocampo, P.; García, L.; Maicelo-Quintana, J. 2022. Genetic groups of fine-aroma native cacao based on

morphological and sensory descriptors in northeast Peru. *Frontiers in Plant Science*. 13:896332. Doi: 10.3389/fpls.2022.896332

Perez, M.; Lopez-Yerena, A.; Vallverdú-Queralt, A. 2022. Traceability, authenticity and sustainability of cocoa and chocolate products: a challenge for the chocolate industry. *Critical reviews in food science and nutrition*, 62(2): 475–489. Disponible en <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1819769>

Perrez, S.; Effa, P.; Manga, J.; Louise, M.; François, P. 2021. Impact of pollen genetic origin on compatibility, agronomic traits, and physicochemical quality of cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans. *Scientia Horticulturae*, 287 (2021) 110278. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110278>

Peña, J.; Alegre, J.; Bardales, R. 2018. Efecto de la riqueza de las especies cultivadas en la sustentabilidad de los sistemas agroforestales. *Ecosistemas*, 27(3): 87-95. Doi.: 10.7818/ECOS.1522

Pinedo-Taco, R.; Gómez-Pando, L.; Julca-Otiniano, A. 2018. Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(15): 399-409. Disponible en <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1734>

Pinedo, R.; Gómez, L.; 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), e1309. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1309

Pinedo-Taco, R.; Gómez-Pando, L.; Julca-Otiniano, A. 2021. Tipología de Productores de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Agroecosistemas de Valles Interandinos de Perú. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 24(110).

Quintana, L.; Gómez, S.; García, A.; Martínez, N. 2015. Caracterización de tres índices de cosecha de cacao de los clones CCN51, ICS60 e ICS 95, en la montaña santandereana, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1): 253-265.

Ramírez-Guillermo M.; Lagunes-Espinoza, L.; Ortiz-García, C.; Gutiérrez, O.; Rosa-

Santamaría, R. 2018. Variación morfológica de frutos y semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) de plantaciones en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(2): 117-125.

Ramos, T. 2022. Estudio del proceso de infección de *Moniliophthora roreri* en frutos de cacao (*Theobroma cacao*), en la provincia de Utcubamba - región Amazonas. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. 102 p.

Ramos, A.; Gómez, M.; Machado-Sierra, E.; Aranguren, Y. 2020. Caracterización fenotípica y genotípica de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Dibulla, La Guajira, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3). Disponible en https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1557

Rodríguez, C.; Dimitrova, L.; Zachrison, M.; Carlsson, G. 2021. Sustainability of diversified organic cropping systems-challenges identified by 79 farmer interviews and multi-criteria assessments. *Frontiers in Agronomy* 3:698968. Doi: 10.3389/fagro.2021.698968

Rojas, K.; García, M.; Ceron, I.; Ortiz, R.; Tarazona, M. 2020. Identification of potential maturity indicators for harvesting cacao. *Heliyon*. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03416>

Rojas-Briceño, N.; García, L.; Cotrina-Sánchez, A.; Goñas, M.; Salas, R.; Silva, J.; Oliva-Cruz, M. 2022. Land suitability for cocoa cultivation in Peru: AHP and MaxEnt modeling in a GIS environment. *Agronomy* 2022, 12, 2930. Disponible en <https://doi.org/10.3390/agronomy12122930>

Romero, F.; Julca, A.; Canto, M.; Soplín, H.; Vargas, S.; Huerta, P. 2016. Sustentabilidad ambiental en fincas cafetaleras después de un proceso de certificación orgánica en la Convención (Cusco, Perú). *Ecología Aplicada*, 15(2). Disponible en <http://Dx.Doi.Org/10.21704/Rea.V15i2.752>

Santistevan-Mendez, M.; Borjas-Ventura, R.; Alvarado-Huaman, L.; Anzules-Toala, V.; Castro-Cepero, V.; Julca-Otiniano, A. 2018. Sustainability of lemon (*Citrus aurantifolia* Swingle) farms in the province of Santa Elena, Ecuador. Peruvian Journal of Agronomy, 2(3): 44-53. Disponible en <http://dx.doi.org/10.21704/pja.v2i3.1210>

Scheaffer, R.; Mendenhall, W.; Ott, 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 p.

SENAMHI. 2021. Climas del Perú. Mapa de clasificación climática Nacional. Boletín del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Lima. 70 p.

Sarandón, S.; Zuluaga, M.; Cieza, R.; Gómez, C.; Janjetic L.; Negrete, E. 2006. Evaluación de la Sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. Agroecología, 14(1): 19-28.

Sarandón, S.; Flores, C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. Agroecología, 4: 19-28.

Sarandón, S. 2020. Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable. Editorial de la UNLP. La Plata. 430 p.

Soares, T.; Oliveira, B. 2022. Cocoa by-products: Characterization of bioactive compounds and beneficial health effects. *Molecules* 2022, 27, 1625. Disponible en <https://doi.org/10.3390/molecules27051625>

Sumitha, S.; Balakrishnan, S.; Shoba, N.; Kumar, M.; Jeyakumar, P.; Jegadeeswari, V. 2018. Growth and yield performance of cocoa (*Theobroma cacao* L.) varieties under Tamil Nadu condition. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5): 591-594.

Taraborelli, P.; Carrasco, N.; Malaspina M.; Domínguez M.; Belaus A.; López A.; Scavone AS.; Barbera, A.; Zamora MY. 2022. Evaluation of agrobiodiversity and its trophic interactions as an indicator of sustainability in productive systems. *Open Journal Environmental Biology* 7(1): 06-13. Disponible en <https://dx.doi.org/10.17352/ojeb.000027>

Tirado-Malaver, R.H.; Mendoza-Sáenz, J.; Tirado-Lara, R.; 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)106. Disponible en <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3744/1677>

Tscharntke, T.; Ocampo-Ariza, C.; Vansynghel, J.; Iváñez-Ballesteros, B.; Aycart, P.; Rodríguez, L.; Ramírez, M.; Steffan-Dewenter, I.; Maas, B.; Thomas, E. 2022. Socio-ecological benefits of fine-flavor cacao in its center of origin. *Conservation Letters* n.2023;16: e12936. Disponible en <https://doi.org/10.1111/csolo.12936>

Tuesta, O.; Julca, O.; Borjas, R.; Rodríguez, P.; Santistevan, M. 2014. Tipología de Fincas Cacaoteras en la Subcuenca Media del río Huayabamba, distrito de Huicungo (San Martín, Perú). *Ecología Aplicada*, 13(2), Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162014000200001

Umaharan, P. 2018. *Achieving sustainable cultivation of cocoa*. 1st Edition. Burleigh Dodds Science Publishing. London. 588 p.

Umstätter, C.; Mann, S.; Werner, J. 2022. A simple measure for workload as a social sustainability indicator for family farms. *Environmental and Sustainability Indicators*, 14 (2022) 100180. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100180>

Valarezo, C.; Julca-Otiniano, A.; Rodríguez, A. 2020. Evaluación de la sustentabilidad de fincas productoras de limón en Portoviejo, Ecuador. *RIVAR*, 7(20): 108-120. Doi <https://doi.org/10.35588/rivar.v7i20.4485>

Valverde-Reyes, N.; Pinedo-Taco, R. 2022. Índice de sostenibilidad de la producción de camote (*Ipomoea batatas* Lam.): Análisis multivariado. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 25(128).

Valle-Epquin, M.; Balcázar-Zumaeta, C.; Auquiñivin-Silva, E.; Fernández-Jeri, A.; Idrogo-Vásquez, G.; Castro-Alayo, E. 2020. El proceso de tostado y el lugar de cultivo influyen en

la huella volátil del cacao Nacional de Amazonas, Perú. *Scientia Agropecuaria*, (11)4. Disponible en <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.16>

Van-Heurck, M.; Alegre, J.; Solis, R.; Del Castillo, D.; Pérez, L.; Lavelle, P.; Quintero, M. 2020. Measuring sustainability of smallholder livestock farming in Yurimaguas, Peruvian Amazon. *Food and Energy Security*. 2020;9:e242. Disponible en <https://doi.org/10.1002/fes3.242>

Vásquez-García, J.; Santos-Pelaez, J.; Malqui-Ramos.; Vigo, C.; Alvarado, W.; 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 (2022) e10888. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10888>

Wohlenberg, J.; Schneider, R.; Hoeltz, M. 2022. Sustainability indicators in the context of family farming: A systematic and bibliometric approach. *Environmental Engineering Research* 27(1) 200545. Disponible en <https://doi.org/10.4491/eer.2020.545>

Zavaleta, D.; Yovera, F.; Conza, J.; Rodríguez, C.; Cruz, A.; Atkinson, R.; Thomas, E. 2022. Manual de renovación de copa de cacao. Alianza de Bioversity International y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Lima. 49 p.

Zeballos, O. 2016. Sustentabilidad, desarrollo sustentable e indicadores de sustentabilidad para agroecosistemas. *Revista Postgrado Scientiarvm*, 2(1): 37-41 DOI: 10.26696/sci.epg.0022

Zhao, B.; Zhang, L.; Xia, Z.; Xu, W.; Xia, L.; Liang, Y.; Xia, D. 2019. Effects of Rainfall Intensity and Vegetation Cover on Erosion Characteristics of a Soil Containing Rock Fragments Slope. *Advances in Civil Engineering*. Disponible en <https://doi.org/10.1155/2019/7043428>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta de caracterización socioeconómica y ambiental de fincas productoras de cacao nativo, Bagua

I. DATOS GENERALES DEL PRODUCTOR		
Nombre y apellidos del productor (a):		
II. DISTRITO / CENTRO POBLADO		
Fecha:		
III. ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS DEL PRODUCTOR (A)		
1. Sexo del responsable de la finca		Hombre (1) Mujer (2)
2. Pertenecer a una comunidad nativa		Sí (1) No (2)
3. Edad en años del productor	< 20	1
	20-30	2
	30-40	3
	40-50	4
	50-60	5
	> 60	6
4. Número de personas que conforman la familia	< 4	1
	4-5	2
	5-6	3
	> 6	4
5. Canasta familiar mensual en soles	< 720	1
	720-1440	2
	>1440	3
6. Estado civil	Soltero	1
	Viudo	2
	Casado	3
	Conviviente	4
	Divorciado	5
7. Nivel de educación del responsable de la finca	Ninguna	1
	Primaria	2
	Secundaria	3
	Superior	4
8. Existe centro médico en su localidad		Sí (1) No (0)

9.Material predominante de la vivienda en la finca	Madera	1
	Bambú	2
	Adobe	3
	Noble	4
	Otro	5
10. Accede a servicio de luz eléctrica	No	1
	Si	2
	Otros	3
11.Accede a servicio de agua para consumo	No	0
	Agua entubada	1
	Agua potable	2
	Otros	3
12.Accede a servicio de desagüe doméstico	No	0
	Red Pública	1
	Silo	2
	Otros	3
13.Tipo de acceso predominante a la finca	Trocha carrozable	1
	Carretera afirmada	2
	Carretera de herradura	3
	Otros	4
14.Animales que cría	Aves	1
	Pelibuey	2
	Porcinos	3
	Ganado vacuno	4
	Más de un tipo de animal	5
15. Medios de comunicación de información	Televisor	1
	Radio	2
	Teléfono fijo	3
	Celular	4
	Periódicos	5
	Varios	6
16.Presencia de transporte público		Sí (1) No (2)
17. Pertenece a alguna organización	Productores	1
	Religioso	2
	ONG	3
	Deportiva	4
	Otros	5
18. Actividades a la que se dedica la familia	Agricultura	1
	Ganadería	2
	Acuicultura	3
	Comercio	4
	Más de una actividad	5
19. Ha recibido capacitación agronómica		Sí (1) No (0)
20.De quién recibe capacitación	SENASA	1
	Gobierno Regional	2
	ONG	3
	Universidad	4
	Más de una institución	5
	Ninguna	6

IV. ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE LA FINCA		
21. Tenencia de la finca	Alquiler Propia Posesión Otro	1 2 3 4
22. Número de hectáreas que posee	< 5 5-10 10-15 15-20 > 20	1 2 3 4 5
23. Variedad de cacao que cultiva	Nacional CCN51 Otros	1 2 3
24. Número de genotipos que cultiva	1 1-4 3-6 > 6	1 2 3 4
25. Utiliza sombra para el cultivo de cacao		Sí (1) No (2)
26. Tipo de sombra que utiliza	Árboles Frutales Árboles más frutales Otros	1 2 3 4
27. Sistema de propagación	Francas Injertadas Ramillas	1 2 3
28. Emplea sistema de irrigación tecnificado		Sí (1) No (2)
29. Distancia de siembra (m)	3x3 3x3.5 3.5x3.5 3x4 Otro	1 2 3 4 5
30. Edad del cacaotal (años)	< 5 5-10 >10	1 2 3

31. Número de cultivos asociados con el cacao	Ninguno 1-3 >3	1 2 3
32. Área total de cultivo de cacao (ha)	1-5 6-10 11-20 > 20	1 2 3 4
33. Producción anual cacao nativo (kg/ha)	400-600 601-800 801-1000 > 1000	1 2 3 4
34. Producción anual cacao CC N 51 (kg/ha)	0 400-600 601-800 801-1000 > 1000	1 2 3 4 5
35. Realiza podas		Sí (1) No (2)
36. Realiza control de plagas		Sí (1) No (2)
37. Tipo de control de plagas	Químico Cultural Otros	1 2 3
38. Número de deshierbo al año	Ninguno 1 2 3 > 3	0 1 2 3 4
39. Realiza fertilización		Sí (1) No (2)
40. Tipo de agricultura que realiza en la finca cacaotera	Convencional Orgánica no certificada Orgánica certificada	1 2 3
41. Presencia de cobertura vegetal (por ciento)	< 20 21-40 41-60 61-80 100-81	1 2 3 4 5
42. Manejo de cobertura (por ciento)	< 20 21-40 41-60 61-80 100-81	1 2 3 4 5
43. Forma de venta del cacao nativo en la finca	Baba Seco	1 2

44. Precio en soles de quintal (50) kg de cacao nativo seco para comercializar	350-400 400-450 450-500 > 500	1 2 3 4
V. ASPECTOS AMBIENTALES DE LA FINCA		
45. Nivel de erosión de la finca	Ninguna Ligera Pronunciada	1 2 3
46. Número de especies forestales	< 3 3-4 > 4 > 4	1 2 3 4
47. 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 mucílago de mazorca Total de Biomasa podas más cáscara y mucilago mazorca	1 2 3 4 5
48. Pendiente predominante (por ciento)	> 45 30-45 15-30 5-15 0-5	1 2 3 4 5
49. Presencia de fuente de agua natural en la finca		Sí (1) No (2)
50. Se contamina el agua usada en la finca		Sí (1) No (2)
51. Presencia de animales silvestres		Sí (1) No (2)

Anexo 2. Encuesta económica, sociocultural y ecológica sobre la sustentabilidad de las fincas productoras de cacao nativo, Bagua

INDICADOR DIMENSIÓN ECONÓMICA		Valoración	
A. Autosuficiencia alimentaria	> 9	4	
	7-9	3	
	6-5	2	
	4-3	1	
	< 3	0	
A1. Diversificación de la producción	> 1	4	
	1-0.51	3	
	0.5-0.31	2	
	0.3-0.1	1	
	< 0.1	0	
A2. Superficie de autoconsumo (ha)	>1440	4	
	1000-1440	3	
	999-721	2	
	720-500	1	
	< 500	0	
B. Ingreso neto mensual en soles	>6	4	
	5 a 4	3	
	3	2	
	2	1	
	1	0	
C. Riesgo económico	5 o más	4	
	4	3	
	3	2	
	2	1	
	1	0	
C1. Número de productos que vende (incluido el cacao)	0 a 20	4	
	20 a 40	3	
	40 a 60	2	
	60 a 80	1	
	80 a 100	0	
C2. Canales de comercialización	INDICADOR DIMENSIÓN ECOLÓGICA		
	A. Conservación de la vida en el suelo	100-81	4
		80-61	3
		60-41	2
		40-21	1
< 21		0	
A1. Manejo de la cobertura vegetal (por ciento)	Total de Biomasa podas más cáscara y mucilago mazorca	4	
	Cantidad media de Biomasa, podas más cáscara y mucílago de mazorca	3	
	Biomasa de podas o cáscara de mazorca	2	
	Biomasa de cáscara y mucilago de la mazorca	1	
	Retira biomasa del campo	0	
A2. Reciclaje de biomasa			

A3. Diversificación de cultivos	Cacao + árboles frutales o forestales	4
	Diversificación media cacao + árboles frutales o forestales	3
	Cacao + linderos frutales o forestales	2
	Cacao + cultivos bianuales	1
	Cacao monocultivo	0
B. Riesgo de erosión	0 al 5	4
B1. Pendiente predominante (por ciento)	5 a 15	3
	15 a 30	2
	30 a 45	1
	> 45	0
	B2. Cobertura vegetal (por ciento)	81 a 100
	61 a 80	3
	a 60	2
	21 a 40	1
	< 20	0
	B3. Orientación de las hileras de cacao	Siguiendo curvas de nivel
	Hileras perpendiculares a la pendiente	3
	Perpendiculares y paralelas a la pendiente	2
	Hileras sin direccionamiento	1
	Paralelas 41 a la pendiente	0
	C. Manejo de la biodiversidad	Cacao + plátano, maíz, yuca, frijol Rota todos los años, deja descansar un año, incorpora leguminosas o abonos verdes
C1. Biodiversidad temporal	Cacao + plátano, maíz, yuca, frijol Rota todos los años, no deja descansar el suelo	3
	Cacao + plátano, maíz, yuca, frijol Rota cada 2 o 3 años	2
	Cacao + plátano, maíz, yuca, frijol Realiza rotaciones eventualmente	1
	Cacao + plátano, maíz, yuca, frijol No realiza rotaciones	0
	C2. Biodiversidad espacial	Cacao + árboles frutales o forestales
	Diversificación media cacao + árboles frutales o forestales	3
	Cacao + linderos frutales o forestales	2
	Cacao + cultivos bianuales	1
	Cacao monocultivo	0
	INDICADOR SOCIOCULTURAL	
A. Satisfacción de las necesidades básicas	Muy buenas condiciones	4
A1. Vivienda	Buenas condiciones	3
	Regular condición	2
	Deteriorada	1
	Malas condiciones	0
	A2. Acceso a la educación	Superior
	Técnico intermedio	3
	Secundaria	2
	Primaria	1
	Sin acceso a la educación	0
	A3. Acceso a salud y cobertura sanitaria	Centro salud, bien equipado, muy cerca
	Centro salud equipado, medico permanente, cerca	3
	Centro salud, medico temporal, cerca	2
	Centro de salud mal equipado, distante	1
	Centro salud sin equipo, sin médico	0

A4. Servicios	Agua, luz, teléfono, internet	4
	Agua, luz, teléfono	3
	Agua, luz	2
	Luz	1
	Sin servicios	0
B. Aceptabilidad del sistema de producción.	Muy satisfecha	4
	Satisfecho	3
	Mediana satisfacción	2
	Poca satisfacción	1
	Desilusionado	0
C. Integración social	Muy alta	4
	Alta	3
	Media	2
	Baja	1
	Nula	0
D. Conocimiento y conciencia ecológica	Con alta conciencia ecológica, realiza prácticas conservacionistas, no emplea agroquímicos	4
	Mediana conciencia ecológica	
	Algunas prácticas conservacionistas, no emplea agroquímicos	3
	Visión ecológica reducida con uso de algunos agroquímicos	2
	No percibe consecuencias. Emplea agroquímicos	1
Sin conciencia ecológica	0	

Anexo 3. Valoración de sub-indicadores y variables para determinar el indicador económico

Distrito	Fincas	A. Autosuficiencia Alimentaria		B. Ingreso Mensual (Soles)	C. Riesgo Económico			IK	Sustentabilidad
		A1. Diversificación Producción	A2. Superficie Autoconsumo (Ha)		C1. N° Productos que vende	C2. Canales de comercialización	C3. Dependencia insumos externos		
Aramango	1	1	0	2	2	0	4	1.4	NO
	2	1	2	3	2	1	4	2.2	SI
Copallín	3	1	2	2	2	0	4	1.9	NO
	4	1	1	3	2	1	4	1.9	NO
	5	1	1	3	2	1	4	1.9	NO
	6	0	2	4	2	1	4	2.2	SI
	7	1	1	3	3	1	4	2.0	SI
	8	1	1	3	3	1	4	2.0	SI
	9	2	1	3	3	0	4	2.2	SI
	10	1	1	3	3	1	4	2.0	SI
	11	1	1	3	3	1	4	2.0	SI
	12	0	1	2	3	1	4	1.5	NO
	13	1	1	3	3	0	4	1.9	NO
	14	0	1	3	3	0	4	1.7	NO
	15	0	1	3	3	0	4	1.7	NO
	16	2	1	3	3	1	4	2.3	SI
	17	0	1	3	3	1	4	1.8	NO
	18	1	2	4	2	1	4	2.4	SI
	19	1	1	3	3	1	4	2.0	SI
	20	1	1	3	3	1	4	2.0	SI
	El Parco	21	1	1	2	3	1	4	1.8
22		2	2	2	2	0	4	2.1	SI
Imaza	23	0	0	3	1	0	4	1.3	NO
	24	0	1	1	1	0	4	1.1	NO
	25	0	0	1	1	0	4	0.8	NO
	26	1	1	1	1	0	4	1.3	NO
	27	0	0	1	1	0	4	0.8	NO
	28	0	1	1	1	0	4	1.1	NO
	29	0	1	1	1	1	4	1.1	NO
	30	1	1	1	1	0	4	1.3	NO
	31	0	1	1	1	0	4	1.1	NO
	32	0	0	1	1	0	4	0.8	NO
	33	1	1	1	1	0	4	1.3	NO
	34	0	0	1	1	0	4	0.8	NO
	35	0	0	1	1	0	4	0.8	NO
	36	0	1	1	1	0	4	1.1	NO
	37	0	0	1	1	0	4	0.8	NO
	38	0	0	1	1	0	4	0.8	NO
	39	0	2	1	1	0	4	1.3	NO
	40	1	0	1	1	0	4	1.1	NO
	41	0	1	1	1	0	4	1.1	NO
	42	0	0	1	1	0	4	0.8	NO
	43	0	1	1	1	0	4	1.1	NO
	44	0	1	1	1	0	4	1.1	NO
	45	0	0	1	1	0	4	0.8	NO
	46	0	1	3	1	1	4	1.6	NO

Distrito	Fincas	A. Autosuficiencia Alimentaria		B. Ingreso Mensual (Soles)	C. Riesgo Económico			IK	Sustentabilidad
		A1. Diversificación Producción	A2. Superficie Autoconsumo (Ha)		C1. N°Producto Vende	C2. Canales de comercialización	C3. Dependencia insumos externos		
La Peca	47	1	1	2	3	0	4	1.7	NO
	48	1	1	3	3	1	4	2.0	SI
	49	1	1	3	3	1	4	2.0	SI
	50	1	1	3	3	1	4	2.0	SI
	51	2	1	3	2	1	4	2.2	SI
	52	2	1	3	3	0	4	2.2	SI
	53	1	1	3	3	1	4	2.0	SI
	54	1	2	3	3	0	4	2.2	SI
	55	1	1	3	2	0	4	1.9	NO
	56	1	2	2	2	1	4	1.9	NO
	57	0	1	3	3	1	4	1.8	NO
	58	1	1	3	3	1	4	2.0	SI
	59	1	1	3	3	1	4	2.0	SI
	60	1	1	2	3	1	4	1.8	NO
	61	0	2	3	2	1	4	1.9	NO
	62	1	2	3	3	1	4	2.3	SI
	63	2	1	3	2	1	4	2.2	SI
	64	1	1	3	3	0	4	1.9	NO
	65	0	1	3	2	1	4	1.7	NO
	66	2	1	2	3	1	4	2.0	SI
67	1	1	3	3	1	4	2.0	SI	
68	1	1	3	3	1	4	2.0	SI	
69	1	1	3	3	1	4	2.0	SI	
70	2	1	2	3	1	4	2.0	SI	
PROMEDIO		0.7	1.0	2.3	2.1	0.5	4.0	1.7	NO

Anexo 4. Valoración de sub-indicadores y variables para determinar el indicador sociocultural

Distrito	Fincas	A. Satisfacción de las necesidades básicas				B. Aceptabilidad del sistema de producción	C. Integración Social	D. Conocimiento y conciencia ecológica	ISC	Sustentabilidad
		A1. Vivienda	A2. Acceso a educación	A3. Acceso a salud	A4. Servicios					
Aramango	1	2	1	0	3	3	3	2	2.2	SI
	2	2	2	1	3	3	3	2	2.4	SI
Copallin	3	2	2	1	3	3	3	2	2.4	SI
	4	2	1	1	3	3	3	3	2.5	SI
	5	2	0	1	3	3	3	3	2.4	SI
	6	3	1	0	3	3	3	3	2.4	SI
	7	2	1	1	3	3	3	2	2.3	SI
	8	2	2	1	3	3	3	2	2.4	SI
	9	2	2	1	3	4	3	3	2.8	SI
	10	2	1	1	2	3	3	2	2.2	SI
	11	2	1	0	3	3	2	2	2.0	SI
	12	2	2	1	3	3	3	3	2.6	SI
	13	2	2	1	3	3	4	3	2.8	SI
	14	2	1	1	3	3	3	2	2.3	SI
	15	2	1	1	2	3	3	3	2.4	SI
	16	2	1	1	2	3	3	2	2.2	SI
	17	2	1	1	2	3	3	3	2.4	SI
	18	3	1	1	3	3	3	3	2.5	SI
	19	2	2	1	3	4	3	2	2.6	SI
	20	2	1	0	2	3	3	2	2.1	SI
El Parco	21	2	1	1	3	3	3	2	2.3	SI
	22	2	1	1	2	3	3	2	2.2	SI
Imaza	23	1	1	0	2	3	4	2	2.2	SI
	24	1	1	0	2	3	3	2	2.0	SI
	25	1	2	0	2	3	3	2	2.1	SI
	26	1	1	0	2	3	3	2	2.0	SI
	27	1	0	0	2	3	3	2	1.9	NO
	28	1	1	0	2	3	3	2	2.0	SI
	29	1	1	0	2	3	3	2	2.0	SI
	30	1	2	0	2	3	4	2	2.3	SI
	31	1	1	0	2	3	3	2	2.0	SI
	32	1	1	0	2	3	3	2	2.0	SI
	33	1	2	0	2	3	3	2	2.1	SI
	34	1	1	0	2	3	3	2	2.0	SI
	35	1	1	0	2	3	3	2	2.0	SI
	36	1	1	0	2	3	3	2	2.0	SI
	37	1	2	0	2	3	3	2	2.1	SI
	38	1	1	1	2	3	3	2	2.1	SI
	39	1	1	0	2	3	3	2	2.0	SI
	40	1	1	0	2	3	3	2	2.0	SI
41	1	2	0	2	3	4	2	2.3	SI	
42	1	1	0	2	3	3	2	2.0	SI	
43	1	1	1	2	3	3	2	2.1	SI	
44	1	0	0	2	3	3	2	1.9	NO	
45	1	2	0	2	3	4	2	2.3	SI	
46	1	0	0	2	3	4	2	2.1	SI	
La Peca	47	2	1	1	2	3	3	2	2.2	SI
	48	2	2	1	3	3	3	2	2.4	SI

49	2	2	0	3	3	3	2	2.3	SI
50	2	3	0	2	3	2	2	2.1	SI
51	2	2	0	3	3	3	2	2.3	SI
52	2	3	0	3	3	3	2	2.4	SI
53	2	1	1	2	3	3	2	2.2	SI
54	3	3	1	3	3	3	3	2.8	SI
55	2	2	1	3	3	2	3	2.4	SI
56	3	2	0	3	3	3	2	2.3	SI
57	2	1	1	3	4	3	2	2.5	SI
58	2	1	0	3	3	2	2	2.0	SI
59	2	1	0	3	3	3	2	2.2	SI
60	2	2	1	3	3	2	2	2.2	SI
61	2	2	1	2	3	3	2	2.3	SI
62	2	2	1	3	3	3	3	2.6	SI
63	2	2	1	3	3	2	2	2.2	SI
64	2	1	1	3	3	4	2	2.5	SI
65	2	1	1	3	3	3	2	2.3	SI
66	2	1	1	3	4	3	2	2.5	SI
67	2	1	1	3	3	3	2	2.3	SI
68	2	1	1	3	3	3	2	2.3	SI
69	2	2	1	2	3	3	3	2.5	SI
70	2	1	1	3	3	3	2	2.3	SI

Anexo 5. Valoración de sub-indicadores y variables para determinar el indicador ecológico

Distritos	Fincas	A. Conservación Vida En Suelo			B. Riesgo Erosión			C. Manejo Biodiversidad		IE	Sustentabilidad	
		A1. Manejo Cobertura Vegetal	A2. Reciclaje Biomasa	A3. Diversificación Cultivos	B1. Pendiente Predominante (por ciento)	B2. Cobertura Vegetal (por ciento)	B3. Orientación Hileras	C1. Biodiversidad Temporal	C2. Biodiversidad Espacial			
Aramango	1	1	3	2	3	3	3	2	2	2.3	SI	
	2	0	3	2	2	4	4	2	2	2.3	SI	
Copallin	3	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI	
	4	0	3	2	3	3	4	2	2	2.4	SI	
	5	2	3	3	3	4	4	2	2	2.8	SI	
	6	2	3	2	3	3	4	2	2	2.6	SI	
	7	2	3	2	3	4	4	2	2	2.6	SI	
	8	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI	
	9	1	3	3	3	4	4	2	2	2.6	SI	
	10	2	3	2	3	4	4	2	2	2.6	SI	
	11	0	3	2	3	4	3	2	2	2.3	SI	
	12	2	3	2	3	4	4	2	2	2.6	SI	
	13	0	3	2	3	3	4	2	2	2.4	SI	
	14	2	3	2	3	3	4	2	2	2.6	SI	
	15	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI	
	16	2	3	2	3	4	4	2	2	2.6	SI	
	17	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI	
	18	2	3	2	3	3	4	2	2	2.6	SI	
	19	2	3	2	3	3	4	2	2	2.6	SI	
	20	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI	
El Parco	21	1	3	2	3	4	4	2	2	2.5	SI	
	22	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI	
Imaza	23	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	24	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	25	0	3	2	3	4	4	1	3	2.4	SI	
	26	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	27	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	28	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	29	0	3	2	2	3	3	1	3	2.1	SI	
	30	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	31	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	32	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	33	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	34	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	35	0	3	2	3	4	4	1	3	2.4	SI	
	36	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	37	0	3	2	3	4	4	1	3	2.4	SI	
	38	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	39	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	40	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	41	0	3	2	3	4	4	1	3	2.4	SI	
	42	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	43	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	44	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	45	0	3	2	3	3	4	1	3	2.4	SI	
	46	0	3	2	3	3	3	1	3	2.2	SI	
	La Peca	47	0	3	2	3	3	3	1	2	2.1	SI
		48	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI
49		1	3	2	3	4	4	2	2	2.5	SI	

50	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI
51	1	3	3	3	4	4	2	2	2.6	SI
52	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI
53	1	3	2	3	4	4	2	2	2.5	SI
54	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI
55	2	3	3	3	4	4	2	2	2.8	SI
56	0	4	2	3	3	4	2	2	2.5	SI
57	1	3	2	3	4	4	2	2	2.5	SI
58	1	3	2	3	4	4	2	2	2.5	SI
59	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI
60	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI
61	1	3	3	3	4	4	2	2	2.6	SI
62	2	3	2	3	4	4	2	2	2.6	SI
63	2	3	2	3	4	4	2	2	2.6	SI
64	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI
65	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI
66	1	3	2	3	4	4	2	2	2.5	SI
67	0	3	2	3	3	4	2	2	2.4	SI
68	0	3	2	3	4	4	2	2	2.4	SI
69	1	3	2	3	3	4	2	2	2.5	SI
70	0	3	3	3	3	4	2	2	2.5	SI

Anexo 6. Sustentabilidad de los indicadores e índice general de sustentabilidad de las fincas de cacao nativo, Bagua

Distrito	Fincas	IK	IE	ISC	IS GEN	SUSTENTABLE
Aramango	1	1.4	2.3	2.2	2.0	NO
	2	2.2	2.3	2.4	2.3	SI
	3	1.9	2.4	2.4	2.2	NO
Copallin	4	1.9	2.4	2.5	2.3	NO
	5	1.9	2.8	2.4	2.4	NO
	6	2.2	2.6	2.4	2.4	SI
	7	2.0	2.6	2.3	2.3	SI
	8	2.0	2.4	2.4	2.3	SI
	9	2.2	2.6	2.8	2.5	SI
	10	2.0	2.6	2.2	2.3	SI
	11	2.0	2.3	2.0	2.1	SI
	12	1.5	2.6	2.6	2.2	NO
	13	1.9	2.4	2.8	2.4	NO
	14	1.7	2.6	2.3	2.2	NO
	15	1.7	2.4	2.4	2.2	NO
	16	2.3	2.6	2.2	2.4	SI
	17	1.8	2.4	2.4	2.2	NO
	18	2.4	2.6	2.5	2.5	SI
	19	2.0	2.6	2.6	2.4	SI
	20	2.0	2.4	2.1	2.2	SI
	El Parco	21	1.8	2.5	2.3	2.2
22		2.1	2.4	2.2	2.2	SI
Imaza	23	1.3	2.4	2.2	2.0	NO
	24	1.1	2.4	2.0	1.8	NO
	25	0.8	2.4	2.1	1.8	NO
	26	1.3	2.4	2.0	1.9	NO
	27	0.8	2.4	1.9	1.7	NO
	28	1.1	2.4	2.0	1.8	NO
	29	1.1	2.1	2.0	1.7	NO
	30	1.3	2.4	2.3	2.0	NO
	31	1.1	2.4	2.0	1.8	NO
	32	0.8	2.4	2.0	1.7	NO
	33	1.3	2.4	2.1	1.9	NO
	34	0.8	2.4	2.0	1.7	NO
	35	0.8	2.4	2.0	1.7	NO
	36	1.1	2.4	2.0	1.8	NO
	37	0.8	2.4	2.1	1.8	NO
	38	0.8	2.4	2.1	1.8	NO
	39	1.3	2.4	2.0	1.9	NO
	40	1.1	2.4	2.0	1.8	NO
	41	1.1	2.4	2.3	1.9	NO
	42	0.8	2.4	2.0	1.7	NO
	43	1.1	2.4	2.1	1.8	NO
	44	1.1	2.4	1.9	1.8	NO
	45	0.8	2.4	2.3	1.8	NO
	46	1.6	2.2	2.1	2.0	NO

Distrito	Fincas	IK	IE	ISC	IS GEN	SUSTENTABLE
La Peca	47	1.7	2.1	2.2	2.0	NO
	48	2.0	2.4	2.4	2.3	SI
	49	2.0	2.5	2.3	2.3	SI
	50	2.0	2.4	2.1	2.2	SI
	51	2.2	2.6	2.3	2.4	SI
	52	2.2	2.4	2.4	2.3	SI
	53	2.0	2.5	2.2	2.2	SI
	54	2.2	2.4	2.8	2.5	SI
	55	1.9	2.8	2.4	2.3	NO
	56	1.9	2.5	2.3	2.2	NO
	57	1.8	2.5	2.5	2.3	NO
	58	2.0	2.5	2.0	2.2	SI
	59	2.0	2.4	2.2	2.2	SI
	60	1.8	2.4	2.2	2.1	NO
	61	1.9	2.6	2.3	2.3	NO
	62	2.3	2.6	2.6	2.5	SI
	63	2.2	2.6	2.2	2.3	SI
	64	1.9	2.4	2.5	2.3	NO
	65	1.7	2.4	2.3	2.1	NO
	66	2.0	2.5	2.5	2.3	SI
67	2.0	2.4	2.3	2.2	SI	
68	2.0	2.4	2.3	2.2	SI	
69	2.0	2.5	2.5	2.3	SI	
70	2.0	2.5	2.3	2.3	SI	

Anexo 7. Coordinación y socialización con productores y comunidad



Anexo 8. Servicios básicos y acceso a fincas de cacao



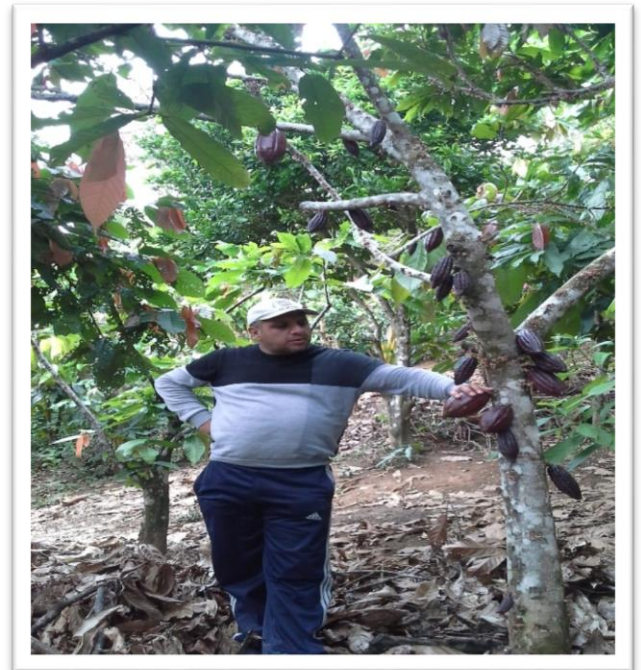
Letrinas



El Triunfo – La Peca: Carretera no afirmada



**Edad de planta de cacao: Más de 30 años
Propiedad de Miguel Ramírez Cubas. Copallín**

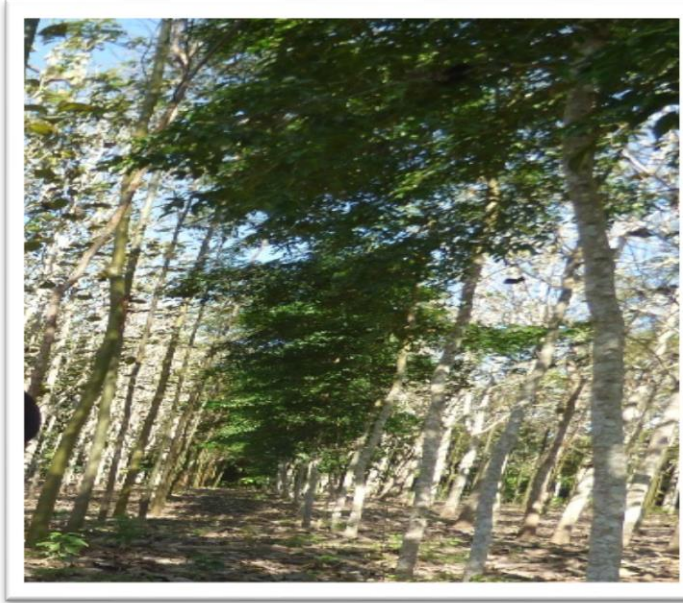


Chonza, Copallín

Anexo 9. Cercos y actividades desarrolladas en fincas de cacao



Cerco de capirona y laurel



Árboles forestales en finca de cacao



Fincas con cultivos café y cacao



Actividades de apicultura en fincas de cacao

Anexo 10. Manejo de compostaje en fincas de cacao



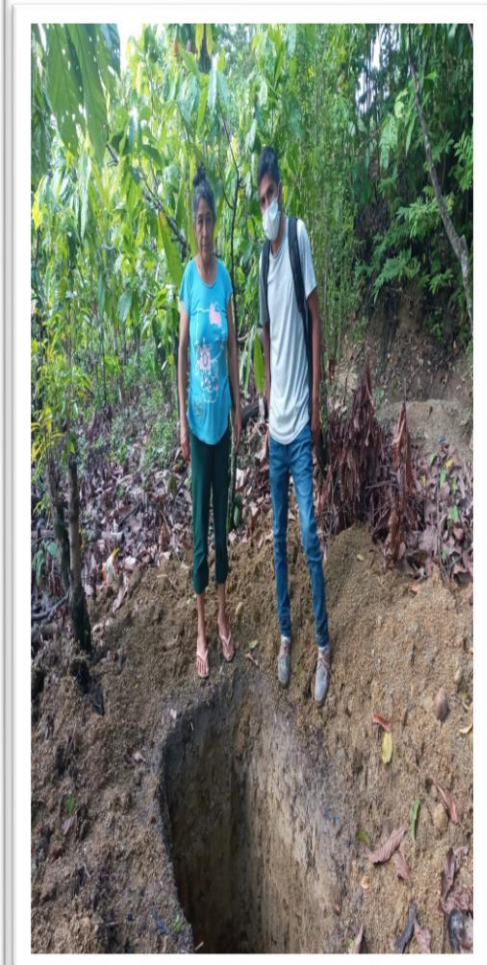
A



B



C



D

A: Compostaje B: Cubierta vegetal muerta C: Cáscaras D: Relleno



Abonamiento a media luna a 70 a 80 cm de planta: sulfato de potasio con micronutrientes, nitrabor y guano de la isla



Preparación de compost

Anexo 11. Cobertura vegetal en fincas de cacao



Anexo 12. Actividades para la caracterización fisicoquímica, sensorial y morfológica de cacao



Llegada da mazorca y granos en baba a planta de procesamiento



Frutos frescos para evaluar



Pruebas fisicoquímicas



Instrumentos para las pruebas



Lectura de °Brix en refractómetro



Medición de granos



Pesaje de granos



Conservación en cadena de frío de frutos hasta su evaluación

Anexo 13. Pruebas morfológicas de cacao

