

DEPÓSITO LEGAL ZU2020000153

ISSN 0041-8811

E-ISSN 2665-0428

Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



Ciencias del
Agro,
Ingeniería
y Tecnología

Año 14 N° 39

Enero - Abril 2023

Tercera Época

Maracaibo-Venezuela

Atributos morfológicos y sensoriales de cacao nativo, Bagua, Perú

Armstrong Barnard Fernández Jeri*

Segundo Chávez Quintana**

Alberto Julca Otiniano***

Nancy Vega Jiménez****

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el objetivo de describir los atributos morfológicos y sensoriales de cacao nativo en la provincia Bagua, Perú. Se llevó a cabo en los distritos: Aramango, Copallín, El Parco, Imaza y La Peca. Se consideró una población de 234 fincas cacaoteras y una muestra estratificada de 70 fincas. En los frutos se analizaron características fisicoquímicas (peso, longitud, diámetro, granos, pH y °Brix); sensorial (sabores básicos) y sus descriptores (color, forma, constricción basal y ápice). Se usó el Análisis de Componentes Principales para el desempeño de las variables. Los valores para el fruto respecto al peso y diámetro fueron mayores en La Peca y Aramango, respectivamente. Las características del grano predominantemente fueron dulces (más en La Peca) y con una longitud (> 1.2 cm) requerida para elaborar chocolates de calidad. Resaltó en el fruto el color amarillo (88.6%), forma elíptica (80%) y constricción basal ausente (71.4%).

PALABRAS CLAVE: Producto agrícola, cacao, alimento, Perú.

* Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9476-1078>. E-mail: armstrongfernandez@untrm.edu.pe

** Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0946-3445>. E-mail: segundo.quintana@untrm.edu

*** Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3433-9032>. E-mail: ajo@lamolina.edu.pe

**** Universidad Nacional Agraria De La Selva, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8123-9803>. E-mail: nancyveji@gmail.com

El artículo presenta los resultados centrales de un Trabajo de Grado en el Programa de Doctorado de Agricultura Sustentable en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

Recibido: 22/09/2022

Aceptado: 16/11/2022

Morphological and sensory attributes of native cocoa, Bagua, Peru

ABSTRACT

This research was carried out with the objective of describing the morphological and sensory attributes of native cocoa in the Bagua province, Peru. It took place in the districts: Aramango, Copallín, El Parco, Imaza and La Peca. A population of 234 cocoa farms and a stratified sample of 70 farms were considered. Physicochemical characteristics were analyzed in the fruits (weight, length, diameter, grains, pH and °Brix); sensory (basic flavors) and their descriptors (color, shape, basal constriction and apex). Main Component Analysis was used for the performance of the variables. The values for the fruit regarding weight and diameter were higher in La Peca and Aramango, respectively. The characteristics of the bean were predominantly sweet (more in La Peca) and with a length (> 1.2 cm) required to produce quality chocolates. The yellow color (88.6%), elliptical shape (80%) and absent basal constriction (71.4%) stood out in the fruit.

KEY WORDS: Agricultural product, cocoa, food, Peru.

Introducción

El cacao *Theobroma cacao* L. es un árbol de la familia Malvaceae, nativo de las regiones tropicales húmedas centrales y septentrionales de América del Sur; el cultivo de cacao es 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). Es un recurso de gran importancia económica a nivel mundial; prospera en ambientes tropicales que son la principal materia prima para la fabricación de chocolate, además que sus granos contienen polifenoles y antioxidantes saludables (Dzandu et al., 2021; Oliva-Cruz et al., 2022). Se puede denominar “cacao nativo” a las poblaciones de plantas y a los frutos de cacao que se encuentran en condiciones in situ, en estado domesticado o silvestre y cuyo proceso de mejora se realiza en el ámbito de los conocimientos tradicionales; está caracterizado por su sabor y fino aroma pronunciado de sus granos (INIA, 2019). Otra denominación de “cacao nativo” se refieren a las plantas disponibles de manera tradicional, en lugar de plantas de origen genético específico (Oliva-Cruz et al., 2022). El cacao de la región Amazonas desde el año 2016 el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y Protección de la Propiedad Intelectual del Perú ha otorgado la denominación de origen, cacao

fino de aroma, en base a sus peculiares características en cuanto a su sensibilidad de calidad de aroma y sabor (Bustamante et al., 2022).

En el Perú, existen más de 120 mil hectáreas cultivadas de cacao; la más importante es en la región San Martín, con más del 40% de la producción nacional; mientras que la región Amazonas representa apenas el 5% de la producción nacional (Julca et al., 2021); 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 de gran importancia económica por su versatilidad de usos en la confitería artesanal, la industria cosmética y producción de chocolates (Valle-Epquin et al., 2020; Alviárez et al., 2022). Las características fisicoquímicas del cacao son requeridas por los compradores, están relacionados con la madurez, los precursores aromáticos y calidad del grano, así como permite adecuar los parámetros de proceso de fermentación e influyen en la calidad final del chocolate (Guimac et al., 2018). La morfología y descriptores fácilmente observables y discriminantes permiten seleccionar el tipo y poblaciones de cacao, así mismo describir la variación del germoplasma; 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 (Bidot et al., 2015; Dzandu, et al., 2021; Oliva-Cruz et al., 2022).

En los últimos años ha continuado el aumento del cultivo de cacao en nuestro país y se muestra como un recurso sostenible en el mercado nacional e internacional. Las variedades de cacao tienen diferentes características fisiológicas y morfológicas y genética, de ahí la importancia de ser caracterizadas, estableciendo los rasgos particulares de un individuo o población y de llevar a cabo programas de mejoramiento vegetal (Ramos et al., 2020). 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).

Por otra parte, para mejorar la calidad del grano de cacao se han trabajado procesos de fermentación, métodos analíticos no invasivos para reconocer el cacao, identificar rutas metabólicas, identificar precursores de sabor y aroma, pero aún no se han reportado indicadores de madurez (morfología, peso, tamaño, diámetro, color, sólidos solubles totales, pH) que permitan estandarizar la cosecha y así tener un producto de mayor calidad y

homogeneidad. Los factores ambientales, genéticos, tecnológicos y de manejo de poscosecha, inciden en las características físicas y químicas del grano, por lo que es necesario controlar parámetros como pH y °Brix del mucílago en cada etapa de la poscosecha (Loureiro et al., 2017; Rojas et al., 2020). Este trabajo se realizó con el objetivo de caracterizar morfológica, fisicoquímica y sensorialmente diferentes genotipos de cacao nativo procedentes de Bagua, Amazonas, Perú. La presente investigación pretende describir los atributos morfológicos y sensorial de cacao nativo cultivado en la provincia de Bagua (Perú) para seleccionar las fincas con mejores plantas de cacao nativo para la elaboración de chocolates de fino aroma y sabor muy agradables, requeridos en la comercialización de exportación.

1. Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en los años 2020 y 2021 en los distritos de la provincia de Bagua, región Amazonas, Perú: Aramango (337 - 984 msnm), Copallín (531 - 1172 msnm), El Parco (543 - 711 msnm), Imaza (251 - 380 msnm) y La Peca (608 - 613 msnm). La provincia Bagua geográficamente está ubicada a 05°38'21" de Latitud Sur y 78°31'54" Longitud Oeste, presenta valores promedios anuales de precipitación acumulada de 1832 mm y temperatura del aire de 30°C (SENAMHI, 2021), siendo caracterizado por un clima muy cálido. Se tuvo una población de 234 fincas de pequeños productores que cultivan cacao nativo y se calculó una muestra irrestricta de 70 fincas con un nivel de confianza del 90% (Scheaffer et al., 1987), distribuidos en orden numérica: Aramango (1 y 2), Copallín (3 a 20), El Parco (21 y 22), Imaza (23 a 46) y La Peca (47 a 70). Se determinaron las características fisicoquímicas, sensorial y descriptores del fruto de cacao nativo (García 2010; Loureiro et al., 2017; Rojas et al., 2020; More et al., 2022).

1.1. Recolección de muestras

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

1.2. Determinación de características morfológicas y sensoriales

Para la caracterización morfológica y sensorial se consideraron lo descrito 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 y (5) otros. También, se evaluó la constricción basal (0) ausente, (3) ligera, (5) intermedia, (7) fuerte. La forma del ápice (1) atenuado, (2) agudo, (3) obtuso, (4) redondeado, (5) apezonado, (6) dentado. Para el color del cotiledón fue (1) violeta, (2) blanco, (3) violeta y blanco. Sensorialmente, se evaluaron los sabores básicos predominantes se clasificó en (1) dulce, (2) ácido, (3) astringente y (4) amargo.

1.3. Análisis fisicoquímico

Se pesó el fruto fresco 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, se midieron con una regla y pesaron en una balanza analítica. En el mucílago se realizó la lectura de sólidos solubles totales (°Brix) empleando un refractómetro digital HANNA HI 96841, USA y el pH se midió en un pH-metro HANNA PH-8424, USA (Rojas et al., 2020; More et al., 2022).

1.4. Análisis de datos

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA), para conocer el desempeño de variables cualitativas y cuantitativas de las características físico-químicas. Para determinar la relación entre las características sensoriales y descriptores se empleó la prueba no paramétrica de muestras independientes de Kruskal-Wallis con un nivel de significancia de 0.05 (Ramos et al., 2020; More et al., 2022).

2. Resultados y discusión

2.1. Características físicas

Según la Tabla 1 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 lo hay entre peso del fruto y el peso de granos por fruto, tendiendo a incrementar el número de granos con el peso del fruto. Sumitha et al. (2018) y Ramos et al. (2020) en cacaos criollos 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.

Por otro lado, 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 es 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) refieren 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 1. Características morfológicas del fruto de cacao nativo, 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
Promedio	1210.7	1003.7	24.7	11.1	11.5	42.0	2.6	1.3
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
Promedio	805.6	645.6	19.5	9.8	11.5	39.4	2.5	1.5
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
Promedio	645.1	475.0	18.3	9.1	11.9	36.5	3.0	1.5
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
Promedio	637.5	500.0	19.0	9.8	10.4	36.1	2.6	1.5
<hr/>								
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
Promedio	741.3	603.2	18.6	9.4	11.8	34.8	2.5	1.4

2.2. Características químicas y descriptores de cacao nativo

En las Figuras 1 y 2 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 los menores valores promedios para mucílago de granos provenientes de Copallín con 16.4°Brix y pH 4.3, valores promedios cercanos reportado por 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. Cubillos et al. (2019) mencionan que el pH, sólidos solubles totales y color son parámetros de madurez son mejor empleados en grupo que de manera individual.

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

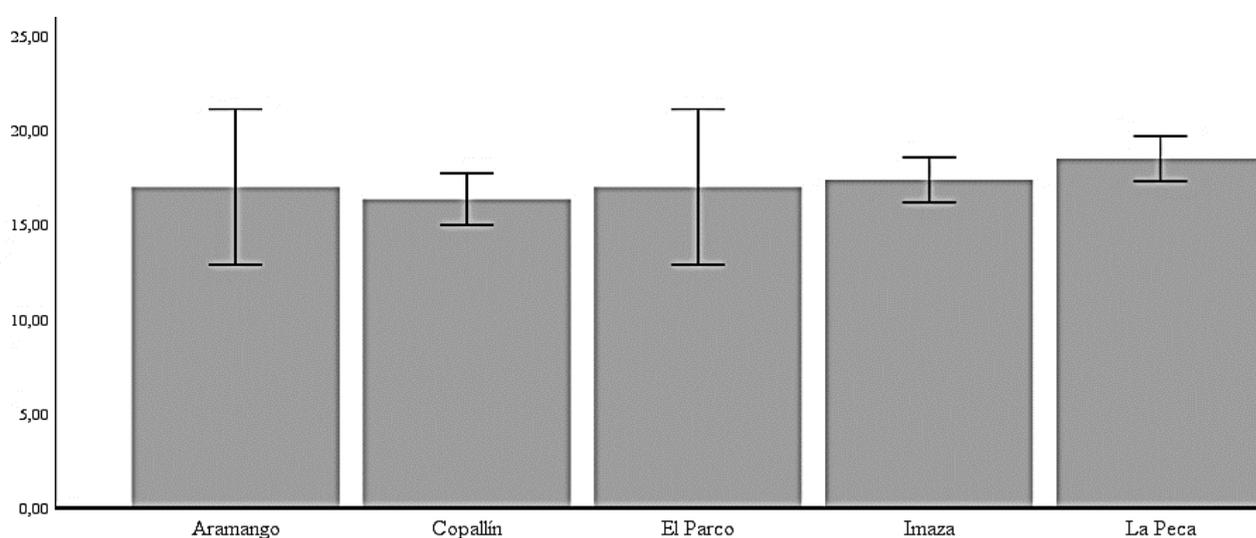


Figura 1. °Brix del mucílago de cacao nativo según lugar de procedencia

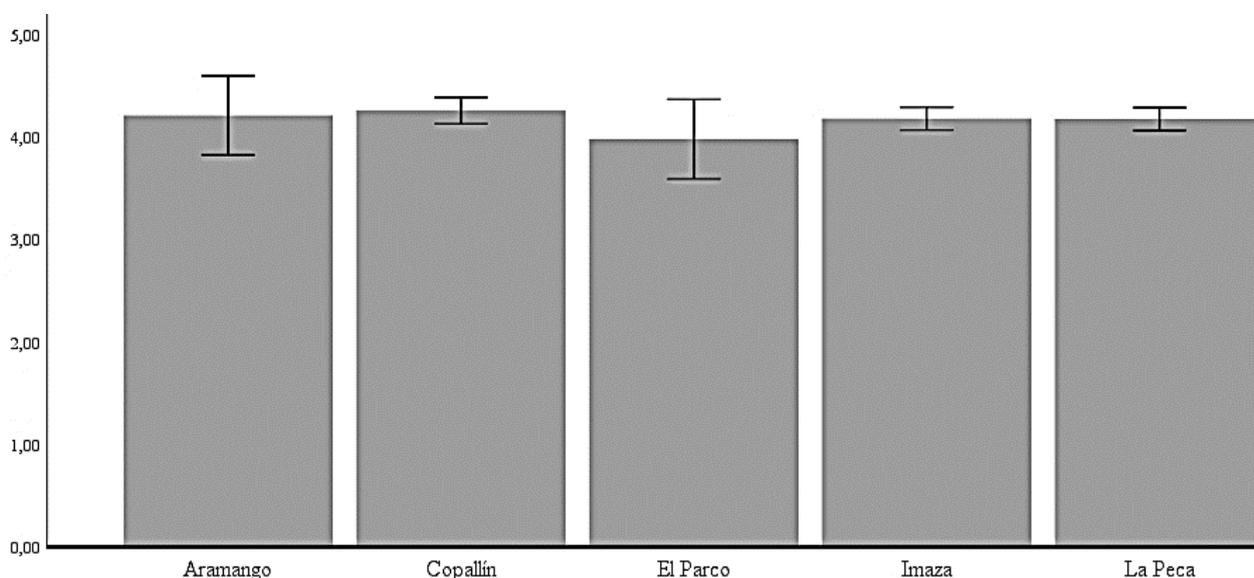


Figura 2. pH del mucílago de cacao nativo según lugar de procedencia

Respecto a los descriptores del fruto (Tabla 2) resaltaron los colores de la cáscara amarillo (88.6%), rojo (7.1%) y marrón (4.3%). La forma del fruto fue más elíptica (80%) y oblonga (17.1%); de constricción basal ausente (71.4%) e intermedio (10%) con ápice del fruto obtuso (88.6%). 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 criollos y trinitarios, pero sí entre forasteros; así mismo el grupo genético criollo presenta frutos pequeños a medianos y con color crema en el 80% de las semillas.

Tabla 2. Características sensoriales, químicas y descriptores del fruto de cacao nativo, Bagua

Fincas	Sabor básico del mucílago	Color de cotiledón	°Brix del mucílago	pH del mucílago	Color del fruto	Descriptores 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	
Promedio	1.5	1.0	17.0	4.2					
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	
Promedio	1.7	1.7	16.4	4.3					
El Parco									
21	1	1	19.0	4.1	1	2	0	3	
22	2	1	15.0	3.9	3	2	0	3	
Promedio	1.5	1.0	17.0	4.0					
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
Promedio	1.8	1.0	17.4	4.2				
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
Promedio	1.6	1.0	18.5	4.2				

En la Tabla 3 los dos primeros componentes principales CP1 (57.02%) y CP2 (17.49%) explican el 74.52% de la varianza acumulada. Respecto al agrupamiento de características

físicas del cacao se aprecia (Figuras 3 y 4) 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.

Por otra parte se observa que 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 el comportamiento de formación de grupos de las características físicas estarían siendo explicado por los factores genéticos, ambientales, edad de planta, suelo, fertilización y ubicación del fruto en la planta.

Tabla 3. Análisis de los componentes principales de las características físicas del fruto de cacao nativo, Bagua

Componentes	Variación del componente	%varianza total	%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 3. Agrupamiento de los genotipos de cacao nativo según las características físicas del fruto en Bagua

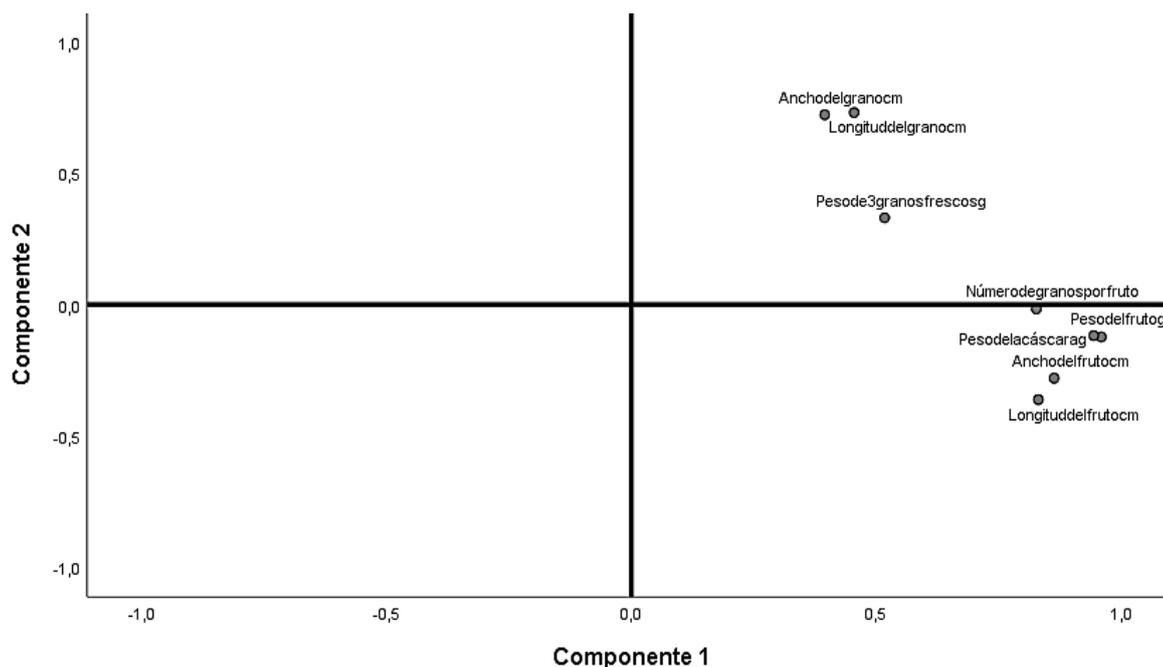
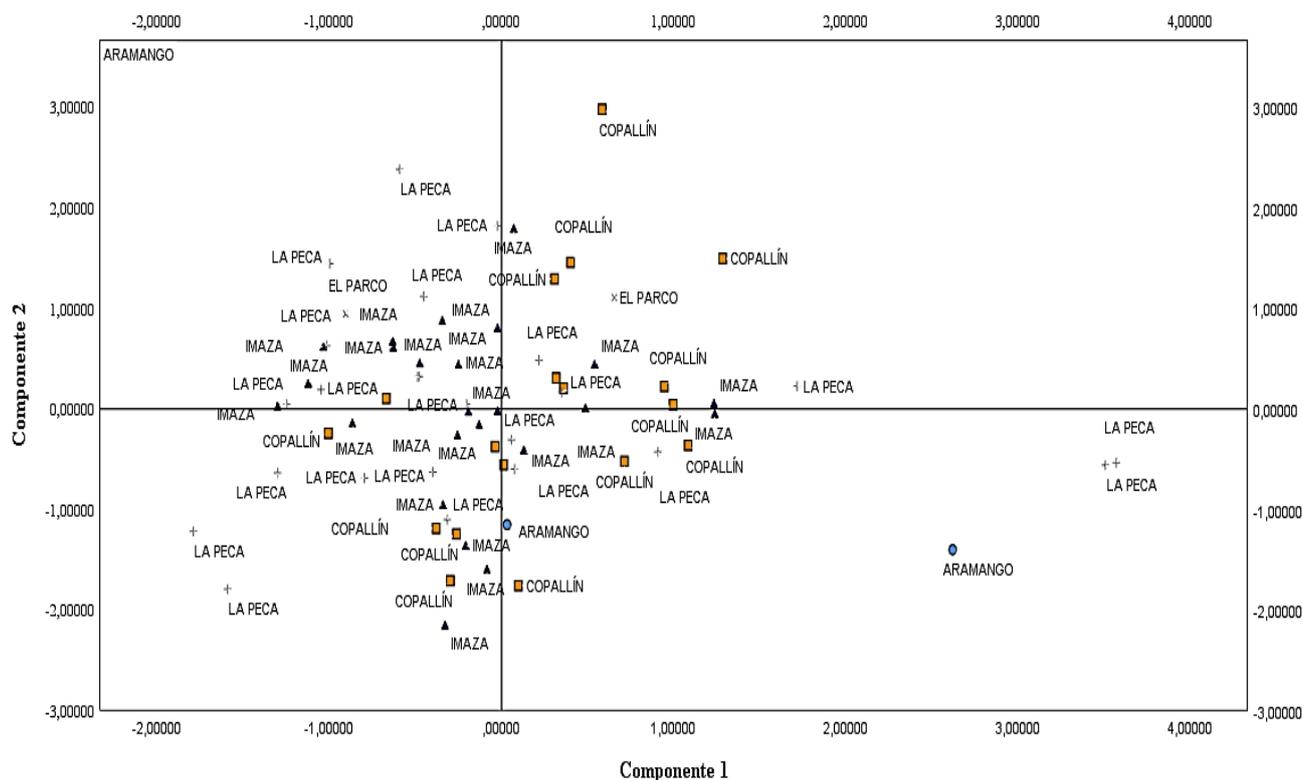


Figura 4. Agrupamiento de las fincas de cacao nativo según las características físicas del fruto en Bagua



Se puede notar que hay relación entre las fincas de Imaza y La Pecca, y otro grupo conformado principalmente por Imaza, Copallín y La Pecca. Habría una relación entre las

características físicas del grano (cuadrante derecho superior), y también por otro entre las características de longitud, diámetro y peso del fruto (cuadrante derecho inferior). 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 los descriptores del cacao según el lugar de cultivo o procedencia, la prueba de Kruskal Wallis (Tabla 4) fue estadísticamente significativo para el color del grano y del fruto respecto al lugar de procedencia. Ramos et al. (2020) señalan al evaluar cultivares de cacao criollos, 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 4. 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

Conclusiones

Las características físicas del cacao nativo dependen del lugar de procedencia, siendo los pesos de fruto (1901.1 g) y cáscara (1705.5 g) más altos a cacaos de La Peca; mientras para longitud (26.9 cm) y diámetro (13.4 cm) fue para frutos de Aramango; así mismo el número de granos por fruto fue mayor cuando provinieron de Aramango (40 a 44).

Las características químicas y sensoriales determinan un grano predominantemente con sabores básicos dulce, ligera acidez y con una longitud (> 1.2 cm) requerida para elaborar chocolates de calidad. Los valores del mucílago en el total de fincas estudiadas variaron entre 12 y 23°Brix; siendo más dulce en los granos de frutos de La Peca (18.5°Brix promedio).

El color predominante del fruto en el total de fincas fue amarillo (88.6%), forma elíptica (80%) y constricción basal ausente (71.4%); además en el agrupamiento de las características físicas hay relación entre los frutos de Imaza y La Peca.

Agradecimientos

Al Instituto de Investigación, Innovación y Desarrollo para el Sector Agrario y Agroindustrial de la Región Amazonas (IIDAA) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, y a la Cooperativa de Servicios Múltiples APROCAM, Bagua, Perú.

Referencias

- 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. <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
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105047>
- 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

Bidot, I., De La Cruz, M., Riera, M. & Bertin, P. (2015). Morphological characterization of traditional cacao (*Theobroma cacao* L.) plants in Cuba. *Genet Resour Crop Evol.* doi:10.1007/s10722-015-0333-4

Bustamante, D., Motilal, L., Calderon, M., Mahabir, A., Oliva, M. (2022). Genetic diversity and population structure of fine aroma cacao (*Theobroma cacao* L.) from north Peru revealed by single nucleotide polymorphism (SNP) markers. *Frontiers in Ecology and Evolution.* Doi: 10.3389/fevo.2022.895056

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

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. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66969-9>

Dzandu, E., Enu-Kwesi, L., Merley Markwei, C., Owusu & Ayeh, K. (2021). Screening for drought tolerance potential of nine cocoa (*Theobroma cacao* L.) genotypes from Ghana. *Heliyon.* <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. <https://doi.org/10.15159/AR.19.221>

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

Guimac, Ll., Fernández, A., Castro, E., Milla, M. (2018). Caracterización fisicoquímica y organoléptica del cacao criollo nativo (*Theobroma cacao* L.) de las parcelas cacaoteras de Amazonas. *Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería* 2(2): 50-54. <http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v3i2.319>

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

INEI (2012). Características socioeconómicas del productor agropecuario en el Perú. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima, 388 p.

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

López-Hernández, M., Sandoval-Aldana, A., García-Lozano, J. & Criollo-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. <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>

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.

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. <http://dx.doi.org/10.46925/rdluz.36.04>

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

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. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110278>

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 fitotecnica mexicana*, 41 (2), 117 – 125.

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). https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1557

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

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.

Soares, T. & Oliveira, B. (2022). Cocoa by-products: Characterization of bioactive compounds and beneficial health effects. *Molecules* 2022, 27, 1625. <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.

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 criollo de Amazonas, Perú. *Scientia Agropecuaria*, (11) 4. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.16>