

Calidad física de la almendra en trece clones élités de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Physical quality of the almond in 13 elite clones of cocoa (*Theobroma cacao* L.)

Jaime Fabián Vera Chang¹, Luis Humberto Vásquez Cortéz², Kerly Alvarado Vásquez³
Diana Véliz Zamora⁴, Cristóbal Peñaherrera Chang⁵, Frank Intriago Flor⁶, Maddela Naga Raju⁷, Matteo Radice⁸

Ph.D en la Universidad Americana de Europa México- Cancún. Investigador en cultivo de cacao, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos Ecuador.

<https://orcid.org/0000-0001-6127-2307>.¹

MSc en Agroindustria, Universidad Técnica de Manabí-Ecuador, Investigador en cultivo de cacao. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos Ecuador.

<https://orcid.org/0000-0003-1850-0217>.²

Msc en Agroindustria, Universidad Técnica de Manabí-Ecuador, Investigador en cultivo de cacao. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos Ecuador.

<https://orcid.org/0000-0003-0494-7085>.³

Msc en Ciencias Vegetales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos - Ecuador. <https://orcid.org/0000-0003-2039-8741>.⁴

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-5266-1578>.⁵

Departamento de Procesos Agroindustriales. Universidad Técnica de Manabí. <https://orcid.org/0000-0002-0377-1930>.⁶

Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-7893-0844>.⁷

Departamento de Ciencias de la Vida. Universidad Estatal Amazónica, Puyo - Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-4771-8912>.⁸

jverac@uteq.edu.ec, luis.vasquez2015@uteq.edu.ec o lvasquez7265@utm.edu.ec, kerly.alvarado2015@uteq.edu.ec o kalvarado6940@utm.edu.ec, dvveliz@uteq.edu.ec, cristobalpcha.penaherrera@uteq.edu.ec, frank.intriago@utm.edu.ec, mradice@uea.edu.ec

Resumen

La investigación se centró en el cacao de Ecuador, específicamente en las almendras conocidas por su alta calidad sensorial que las distingue como cacao fino de aroma. El objetivo principal fue realizar mediciones de características en las vainas, aplicar técnicas de postcosecha para cumplir con estándares de calidad y evaluar la calidad física de las almendras. Se utilizaron diversos métodos, como la descripción de la forma de los frutos, que incluyó medidas de peso, longitud, ancho y grosor de las vainas, así como el peso y cantidad de almendras frescas por fruto, los clones T2 UICYT-034, T3 UICYT-035, T5 UICYT-049, T6 UICYT-060, T10 UICYT-186, T11 UICYT-217, T12 IMC-067 (testigo) y T13 UICYT-068 (testigo) sobresalieron en términos de características físicas de los frutos. En lo que respecta a la calidad física de las almendras, los clones T2 UICYT-034, T5 UICYT-049 y T13 UICYT-068 (testigo) exhibieron las mejores propiedades deseables. Se realizó una prueba de corte según la norma INEN-176 para evaluar la calidad comercial del cacao, donde los clones T1 UICYT-007 (86,67) y T12 IMC-067 (testigo) (86,33) alcanzaron la categoría A.S.S.P.S. (Arriba Superior Summer Plantación selecta). Sin embargo, el T9 UICYT-119 no cumplió con los estándares requeridos debido a una fermentación total del 52%, lo que lo excluyó de cualquier categoría comercial, en resumen, el estudio identificó clones de cacao con características destacadas en las vainas y almendras, subrayando la importancia del proceso de fermentación para lograr la calidad comercial deseada en el cacao ecuatoriano.

Palabras claves: Morfología, fermentación, beneficiado, categoría, calidad.

Abstract

The research focused on cacao from Ecuador, specifically almonds known for their high sensory quality that distinguishes them as fine aromatic cacao. The main objective was to make measurements of characteristics in the pods, apply postharvest techniques to meet quality standards and evaluate the physical quality of the almonds. Various methods were used, such as the description of the shape of the fruits, which included measurements of weight, length, width and thickness of the pods, as well as the weight and quantity of fresh almonds per fruit, clones T2 UICYT-034, T3 UICYT-035, T5 UICYT-049, T6 UICYT-060, T10 UICYT-186, T11 UICYT-217, T12 IMC-067 (control) and T13 UICYT-068 (control) stood out in terms of physical characteristics of the fruits. Regarding the physical quality of almonds, clones T2 UICYT-034, T5 UICYT-049 and T13 UICYT-068 (control) exhibited the best desirable properties. A cutting test was carried out according to the INEN-176 standard to evaluate the commercial quality of cocoa, where clones T1 UICYT-007 (86.67) and T12 IMC-067 (control) (86.33) reached the category A.S.S.P.S. (Top Superior Summer Select Plantation). However, the T9 UICYT-119 did not meet the required standards due to a total fermentation of 52%, which excluded it from any commercial category, in summary, the study identified cocoa clones with outstanding characteristics in the pods and almonds, underlining the importance of the fermentation process to achieve the desired commercial quality in Ecuadorian cocoa.

Keywords: Morphology, fermentation, beneficiation, category, quality.

Materiales y métodos

Localización del estudio

La presente investigación se efectuó en la Finca Experimental La Represa, que pertenece a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, situada en la provincia de Los Ríos, Ecuador, en el kilómetro 7½ del recinto Fayta, a lo largo de la carretera que conecta Quevedo y San Carlos. Las coordenadas geográficas de la finca son de 1° 03' 18" de latitud sur y 79° 25' 24" de longitud oeste, con una altitud de aproximadamente 90 metros sobre el nivel del mar. (Vásquez et al., 2022).

Tabla 1.

Características Agroclimáticas del lugar experimental.

Parámetro	Promedio
Temperatura promedio	26 °C
Humedad relativa	82%
Heliofania	1041,1 horas/luz/año
Precipitación	3229,3 mm/año
Evaporación	1020,6 mm/año

Diseño de la investigación

En este estudio se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) conformado por 13 tratamientos siendo los clones élitos de cacao, con tres repeticiones (cosechas), cada unidad experimental estuvo constituida por 10 mazorcas fisiológicamente maduras; se aplicó para determinar diferencias entre medidas se empleó el test de Tukey al 5% de probabilidad $P \leq 0,05$ (Vera, 2018).

Morfología del fruto

Peso de la mazorca

El peso promediado de las mazorcas recolectadas, se calculó mediante la suma de los pesos de las mazorcas dividido para el número de mazorcas (Vera et al., 2021).

Ancho y largo de la mazorca

Para evaluar las dimensiones longitudinales y anchas de las mazorcas, se registró la distancia desde la base, en el punto de unión con el pedúnculo, hasta el extremo de la mazorca. Asimismo, se determinó la medida de la parte más amplia de la mazorca empleando un calibrador digital con graduación en milímetros, tal como se detalló en una investigación previa (Martínez et al., 2021).

Grosor de la mazorca

Para determinar el grosor de la mazorca, se efectuó un corte transversal en su punto medio y se utilizaron mediciones realizadas con un calibrador digital graduado en milímetros. El grosor máximo, conocido como el “espesor de lomo”, se midió en la parte prominente del corte transversal, mientras que el grosor mínimo, denominado “espesor de surco”, se midió en la depresión entre dos pares de la parte prominente del corte transversal (Díaz et al., 2022).

Calidad física

Índice de semillas

El índice de semillas (IS), se consiguió aplicando el uso de 100 g de almendras fermentadas y secas elegidas al azar y se calculó mediante la ecuación 1 (Vera et al., 2023).

Ecuación 1.

$$IS = \frac{\text{Peso seco de almendras (g)}}{\text{Numero de almendras (g)}}$$

Índice de semilla

Número de almendras

El número de habas de cacao, se obtuvo por conteo directo del número de almendras por cada mazorca muestreada y se calculó el promedio (Vera et al., 2014).

Peso de 100 granos de cacao

Se obtuvieron al azar 100 habas de cacao fermentadas y secadas al azar y se registró su peso en gramos, mediante el uso de una balanza de precisión. Las mismas que fueron utilizadas en la prueba de corte para obtener el % de fermentación (Freire & Díaz, 2022).

% de cascarilla y cotiledón

Para determinar el porcentaje de testa y cotiledón, se llevó a cabo el pesaje de almendras después de haber sido sometidas a un proceso de fermentación y secado. Luego, se procedió a retirar la capa externa de las almendras (testa) de manera que se separara del cotiledón. Posteriormente, se realizó un nuevo pesaje de ambas partes por separado. Utilizando la fórmula 2, se calculó el resultado experimental deseado. El porcentaje correspondiente al cotiledón se obtuvo indirectamente mediante la diferencia entre el peso total y el peso de la testa. (Vásquez et al., 2022).

Ecuación 2..

Porcentaje de testa y cotiledón

$$\% \text{Testa} = \frac{\text{Peso de la testa (g)}}{\text{Peso de Numero de Almendras}} * 100$$

Índice de mazorca

El índice de la mazorca (IM), se obtuvo al obtener el número de frutos de cacao fisiológicamente maduras sin síntomas de enfermedades necesarias para completar un kilogramo de cacao fermentado y seco, según la ecuación 3 (López et al., 2021).

Ecuación 3..

Índice de mazorca

$$IM = \frac{\text{Numero de mazorcas (g)}}{\text{Peso de almendras secas de Numero de mazorcas (g)}} * 100$$

Largo y ancho de la almendra

Para la evaluación de las dimensiones longitudinales y transversales del grano, se seleccionó la parte más amplia de la semilla como punto de medición para el ancho, y de manera similar, para determinar la longitud, se tomó como referencia la distancia desde la base del embrión hasta el extremo superior (Vera et al., 2019).

Largo y ancho de la almendra

Para la evaluación de las dimensiones longitudinales y transversales del grano, se seleccionó la parte más amplia de la semilla como punto de medición para el ancho, y de manera similar, para determinar la longitud, se tomó como referencia la distancia desde la base del embrión hasta el extremo superior (Vera et al., 2019).

Prueba de corte

Porcentaje de fermentación

La determinación del grado de fermentación se llevó a cabo en almendras secas mediante la aplicación de la “técnica de corte”. En esta metodología, se realizaron cortes longitudinales en 100 almendras seleccionadas al azar de cada muestra. Estas almendras se dispusieron sobre una superficie de tono blanco, y posteriormente se les asignó una calificación basada en las características internas mencionadas según (INEN, 2018), fueron las que se detallan a continuación (Andrade et al., 2019).

Tabla 2.

Caracterización para la clasificación del porcentaje de fermentación de las almendras de cacao.

Caracterización	Descripción
Almendras bien fermentadas.	Cuyos cotiledones presentaron una coloración marrón o marrón rojiza.
Almendras medianamente fermentadas.	Se identificaron aquellas, cuyos cotiledones presentaron una coloración medianamente marrón.
Almendras violetas.	Estuvo definido por el porcentaje de granos cuyos cotiledones presentaron una coloración violeta intenso.
Almendras pizarras.	Se consideraron aquellas, cuyos cotiledones presentaron un color gris negruzco y de aspecto compacto.
Total, fermentación.	El porcentaje de fermentación total se obtuvo sumando los porcentajes de almendras bien fermentadas y medianamente fermentadas.

Examen de la información recolectada

Para llevar a cabo el proceso de análisis de datos, se procedió a registrar y tabular tanto los datos cualitativos como cuantitativos generados durante el estudio de trece clones élitos de alta calidad. Estos clones fueron seleccionados de fincas de referencia reconocidas por albergar materiales de alto rendimiento. Estos clones, después de ser clonados y cultivados, formaron parte del Programa de Cacao gestionado por la Unidad de Investigación Científica y Tecnológica.

Tabla 3.

Objetos de estudio

Tratamiento	Código	Material genético	Procedencia
T1	UICYT-007	Nacional	La Represa
T2	UICYT-034	Nacional	La Represa
T3	UICYT-035	Nacional	La Represa
T4	UICYT-047	Nacional	La Represa
T5	UICYT-049	Nacional	La Represa
T6	UICYT-060	Nacional	La Represa
T7	UICYT-107	Nacional	La Represa

T8	UICYT-214	Nacional	La Represa
T9	UICYT-119	Nacional	La Represa
T10	UICYT-186	Nacional	La Represa
T11	UICYT-217	Nacional	La Represa
T12	IMC-067	Nacional (Testigo)	La Represa
T13	UICYT-068	CCN – 51 (Testigo)	La Represa

Resultados

Peso del fruto

El ANOVA reflejó diferencias altamente significativas en la variable de peso de fruto. El T2 UICYT,034 mostró el mejor desempeño, con un peso de 619.93 g, en contraste con el T9 UICYT-119, que tuvo un peso más bajo de 290.17 g. Sin embargo, el T13 UICYT-068 (testigo) no mostró diferencias significativas en comparación con otros tratamientos, con un peso de 433.73 g, según el análisis de Tukey ($p \leq 0.05$). El promedio general de peso de fruto fue de 446.03 g, con un coeficiente de variación del 15.82%.

Largo del fruto

El análisis ANOVA reveló diferencias significativas entre los tratamientos. El T6 UICYT-060 obtuvo los mejores resultados, con 19,95 cm, mientras que el T8 UICYT-214 tuvo el rendimiento más bajo, con 14,88 cm. Sin embargo, al compararlos con los testigos, T12 IMC-067 y T13 UICYT-068, no se encontraron diferencias estadísticas significativas, con valores de 19,56 cm y 19,47 cm, respectivamente, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El promedio general fue de 17,63 cm, con un coeficiente de variación del 9,55%.

Ancho del fruto

En relación a esta variable, se identificaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.05$). Entre los tratamientos, T12 IMC-067 (testigo) y T6 UICYT-060 registraron los promedios más elevados, mientras que el T8 UICYT-214 mostró los valores más bajos, con mediciones de 9,15, 9,01 y 7,02 cm, respectivamente. El promedio general fue de 8,10 cm, con un coeficiente de variación del 6,48%.

Espesor del lomo del fruto

El análisis de varianza reveló la presencia de diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en esta variable. Los resultados más destacados correspondieron a los tratamientos T2 UICYT-034, T5 UICYT-049 y T10 UICYT-186, mientras que el T9 UICYT-119 mostró un valor inferior de 1,57, 1,48, 1,50 y 1,00 cm, respectivamente. El promedio general fue de 1,31 cm, con un coeficiente de variación del 11,83%.

Espesor del surco del fruto

El análisis reveló una diferencia altamente significativa ($p \leq 0.05$) en esta variable. Se observó que el T10 UICYT-186 obtuvo los promedios más altos en comparación con el T9 UICYT-119 y el T13 UICYT-068 (testigo), con valores de 1,22, 0,67 y 0,79 cm, respectivamente. Esto dio como resultado un promedio general de 0,6 cm, con un coeficiente de variación del 12,17%.

Peso fresco de almendras

El análisis de varianza realizado para el peso fresco de las almendras de cacao ($p \leq 0.05$) reveló diferencias significativas. Los tratamientos T3 UICYT-035 y T13 UICYT-068 (testigo) obtuvieron los mejores promedios, con valores de 134,03 y 138,47 gramos, respectivamente. En contraste, los tratamientos T4 UICYT-047, T8 UICYT-214 y T9 UICYT-119 registraron promedios más bajos, con mediciones de 72,20, 71,43 y 71,63 g, respectivamente. El promedio general fue de 100,88 g, con un coeficiente de variación del 20,65%.

Número de almendras

El análisis de varianza no reveló diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$) en cuanto al número de almendras. Sin embargo, se observó que los grupos de control, T12 IMC-067 y T13 UICYT-068, exhibieron promedios más altos en número de almendras, con 49,43 y 46,43, respectivamente, mientras que el tratamiento T4 UICYT-047 tuvo el promedio más bajo, con 28,90. Esto resultó en un promedio general de 39,29 almendras y un coeficiente de variación del 18,72%.

Peso de la placenta del fruto

El análisis de varianza para la variable en cuestión ($p \leq 0.05$) mostró diferencias significativas entre los tratamientos. Los valores más altos fueron alcanzados por los tratamientos T6 UICYT-060, T12 IMC-067 (testigo) y T13 UICYT-068 (testigo), con mediciones de 14,53, 14,97 y 12,23 gramos, respectivamente. En contraste, los tratamientos T1 UICYT-007, T4 UICYT-047, T7 UICYT-107, T8 UICYT-214 y T9 UICYT-119 registraron promedios más bajos, con mediciones de 2,40, 2,27, 2,97, 2,63 y 2,07 gramos, respectivamente. En conjunto, se obtuvo un promedio general de 6,12 gramos y un coeficiente de variación del 22,90%.

Tabla 4.

Promedios estadísticos de la caracterización morfológica del fruto (PF: peso del fruto; LF: largo del fruto; AF: ancho del fruto; ELF: espesor del lomo del fruto; ESF: espesor del surco del fruto; PAF: peso de almendras frescas; NA: número de almendras; PLA: placenta) presentes en 13 clones élités de cacao (Theobroma cacao L.) pertenecientes de la finca experimental "La Represa".

TRATAMIENTOS		P.F. (g)	L.F. (cm)	A.F. (cm)	E.L.F. (cm)	E.S.F. (cm)	P.A.F. (g)	N.A. (#)	PLA. (g)								
T1	UICYT-007	340,97	cd	16,87	ab	7,85	abcd	1,26	ab	0,9	abcd	78,2	ab	34,3	a	2,4	c
T2	UICYT-034	619,93	a	18,82	ab	8,76	Ab	1,57	a	1,08	abc	129,68	ab	39,29	a	6,07	bc
T3	UICYT-035	416,1	abcd	16,08	ab	7,86	abcd	1,26	ab	0,89	abcd	134,03	a	40	a	3,93	bc
T4	UICYT-047	340,43	cd	16,22	ab	7,39	bcd	1,17	ab	0,88	abcd	72,2	b	28,9	a	2,27	c
T5	UICYT-049	562,72	ab	16,96	ab	8,5	abcd	1,48	a	1,18	ab	119,39	ab	39	a	7,45	b
T6	UICYT-060	492,9	abcd	19,95	a	9,01	A	1,26	ab	0,83	bcd	86,33	ab	43,57	a	14,53	a
T7	UICYT-107	410,67	abcd	18,89	ab	7,28	bcd	1,22	ab	0,91	abcd	88,53	ab	32,77	a	2,97	c
T8	UICYT-214	358,1	bcd	14,88	b	7,02	d	1,38	ab	1	abcd	71,43	b	32,53	a	2,63	c
T9	UICYT-119	290,17	d	15,23	ab	7,2	cd	1	b	0,67	d	71,63	b	49,4	a	2,07	c
T10	UICYT-186	509,67	abc	18,96	ab	8,66	abc	1,5	a	1,22	a	101,23	ab	40,2	a	5,43	bc
T11	UICYT-217	468,3	abcd	17,27	ab	8,44	abcd	1,43	ab	1,14	ab	91,3	ab	34,9	a	2,6	c
T12	IMC-067 (Testigo)	554,73	ab	19,56	ab	9,15	A	1,26	ab	1,02	abcd	129	ab	49,43	a	14,97	a
T13	UICYT-068 (Testigo)	433,73	abcd	19,47	ab	8,18	abcd	1,22	ab	0,79	cd	138,47	a	46,43	a	12,23	a
PROMEDIO		446,03		17,63		8,1		1,31		0,96		100,88		39,29		6,12	
CV (%)		15,82		9,55		6,48		11,83		12,17		20,65		18,72		22,9	
MAX		619,93		19,95		9,15		1,57		1,22		138,47		49,43		14,97	
MIN		290,17		14,88		7,02		1		0,67		71,43		28,9		2,07	

Índice de semillas

El análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas ($p \leq 0.05$) en el índice de semillas entre los clones. T2 UICYT-034 y T13 UICYT-068 (testigo) obtuvieron los valores más altos, mientras que T6 UICYT-060 registró el valor más bajo. El promedio general fue de 1,33, con un coeficiente de variación del 8,84%.

Peso de 100 almendras

Al analizar el peso de 100 almendras mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), se observaron diferencias altamente significativas. Los valores más altos correspondieron a los tratamientos T2 UICYT-034 y T13 UICYT-068 (testigo), mientras que el T6 UICYT-060 mostró valores más bajos, con pesos de 159,33, 148,00 y 89,00 gramos, respectivamente. El promedio general fue de 132,72 gramos, con un coeficiente de variación del 8,84%.

Porcentaje de testa

El análisis de varianza no reveló diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$) para esta variable. El T3 UICYT-035 obtuvo el contenido de testa más alto (16,00%), seguido por el T13 UICYT-068 (testigo) con 15,33%, mientras que el T9 UICYT-119 tuvo el valor más bajo, deseable, con 12,67%. El promedio general fue del 14,10%, con coeficiente de variación del 12,64%.

Porcentaje de cotiledón

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de cotiledón no reveló diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$). Sin embargo, se observó que el T9 UICYT-119 obtuvo el valor más alto, con un 87,33%, en comparación con el T3 UICYT-035 y el T13 UICYT-068 (testigo), que registraron promedios más bajos de 84,00% y 84,67%, respectivamente. Esto resultó en un promedio general de 85,90%, con un coeficiente de variación del 2,08%.

Índice de mazorcas

El análisis de varianza ($p \leq 0.05$) reveló diferencias altamente significativas entre los tratamientos. El valor más alto se obtuvo en el T8 UICYT-214, con 35,84, mientras que los valores más bajos, considerados deseables, correspondieron al T12 IMC-067 (testigo) y T13 UICYT-068 (testigo), con 17,89 y 15,99, respectivamente. El promedio general fue de 24,88, con un coeficiente de variación del 14,48%.

Largo de almendras

El análisis de varianza mostró significancia estadística ($p \leq 0.05$). El tratamiento T11 UICYT-217 registró el valor más alto, con 2,73 cm, mientras que los tratamientos T4 UICYT-047, T6 UICYT-060 y T8 UICYT-214 mostraron los valores más bajos, con 2,28, 2,30 y 2,28 cm,

Tabla 5

Promedios estadísticos en la calidad física de almendras (IND.S: índice de semillas; P.100.A: peso de 100 almendras; %TEST: porcentaje de testa; %COT: porcentaje de cotiledón; IND.M: índice de mazorca; LA: largo de almendra; AA: ancho de almendra) presentes en 13 clones élites de cacao (Theobroma cacao L.) pertenecientes de la finca experimental "La Represa". FCP.

TRATAMIENTOS	IND.S.	P.100.A.	%TEST	%COT	IND.M.	L.A. (cm)	A.A. (cm)
T1 UICYT-007	1,4	139,67	14,67	85,33	23,48	2,53	1,39
T2 UICYT-034	1,59	159,33	13,33	86,67	22,64	2,45	1,44
T3 UICYT-035	1,26	126	16	84	24,08	2,54	1,45
T4 UICYT-047	1,48	147,67	13,33	86,67	28,32	2,28	1,45
T5 UICYT-049	1,52	152,33	14,67	85,33	23,12	2,46	1,41
T6 UICYT-060	0,89	89	13,33	86,67	28,28	2,3	1,04
T7 UICYT-107	1,49	149,33	14	86	24,47	2,41	1,47
T8 UICYT-214	1,13	112,67	14	86	35,84	2,28	1,26
T9 UICYT-119	1,13	113,33	12,67	87,33	29,79	2,33	1,29
T10 UICYT-186	1,17	116,67	14	86	23,92	2,6	1,44
T11 UICYT-217	1,49	149,33	14	86	25,61	2,73	1,4
T12 IMC-067 (Testigo)	1,22	122	14	86	17,89	2,45	1,24
T13 UICYT-068 (Testigo)	1,48	148	15,33	84,67	15,99	2,54	1,42
PROMEDIO	1,33	132,72	14,1	85,9	24,88	2,45	1,36
CV (%)	8,84	8,84	12,64	2,08	14,48	5,84	11,55
MAX	1,59	159,33	16	87,33	35,84	2,73	1,47
MIN	0,89	89	12,67	84	15,99	2,28	1,04

Prueba de corte

Grado de fermentación (%)

Según el análisis de varianza para esta variable, se encontró una alta significancia estadística ($p \leq 0.05$), otorgando resultados superiores por parte de los testigos T12 IMC-067 y T13 UICYT-068 con 79,67 y 73,67% respectivamente, y el menor de los promedios resultantes estuvo dado por los T7 UICYT-107 y T9 UICYT-119, con 36,00 y 34,67% respectivamente, otorgando una media general de 57,33% y un coeficiente de variación de 16,33%.

Mediana fermentación (%)

Mediante el análisis de varianza realizado ($p \leq 0.05$), se demostró que, si hubo significancia altamente significativa entre los tratamientos, del cual el T11 UICYT-217 con 28,00% obtuvo el mayor resultado, superando al T13 UICYT-068 (testigo) que obtuvo un 18,33%, y los valores más bajos obtenidos lo tuvieron el T1 UICYT-007 y T12 IMC-067 (testigo), con 9,67% y 6,67% respectivamente, llegando a un promedio general de 16,67% y un coeficiente de variación de 15,38%.

Fermentación total

Para esta variable de la fermentación total, existió significancia estadística mediante el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), los que permitió definir que el T13 UICYT-068 (testigo) fue el que obtuvo un mayor porcentaje promedio resultando mejor y a su vez el que obtuvo el promedio inferior dado por el T9 UICYT-119, con promedios de 92,00 y 52,00% respectivamente, alcanzando un promedio general de 74% y un coeficiente de variación de 9,14%.

Violetas

Para esta variable, se aplicó el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), del cual resultó que no existió diferencias significativas entre los tratamientos, a partir de esto el T1 UICYT-007 con 4,67% obtuvo un promedio bajo, que resultó mejor que el T13 UICYT-068 (testigo) con 5,67%, y el T8 UICYT-214 fue el que más alta cantidad de almendras violetas obtuvo con 21,00%, otorgándole un promedio general de 13,13% y un CV de 24,15%.

Pizarras

En el análisis de varianza empleado para esta variable a ($p \leq 0.05$), se determinó que no existió diferencia significativa entre los tratamientos, pero el T8 UICYT-214 es el que tuvo un promedio alto en almendras pizarras con 4,33%, en relación al T13 UICYT-068 (testigo) 1,33%, y el T7 UICYT-107 fue el que obtuvo un promedio de 0,00%, brindando una media general de 3,67% y un CV de 50,04% en cuanto a los mohos.

Mohos

Para esta última variable, mediante la utilización del análisis de varianza a ($p \leq 0.05$), se pudo determinar que hubo diferencia altamente

Tabla 6.

*Porcentaje de fermentación y defectos físicos en almendras (BF: bien fermentadas; MF: mediana fermentación; TF: total fermentadas) presentes en 13 clones élitos de cacao (*Theobroma cacao L.*) pertenecientes de la finca experimental "La Represa".*

	TRATAMIENTOS	B.F.	M.F.	T.F.	VIOLETAS	PIZZARRAS	MOHO.	CATEGORIA
T1	UICYT-007	77 ab	9,67 b	86,67 ab	4,67 a	1 a	7,33 ab	ASSPS
T2	UICYT-034	62,67 abcd	15,33 ab	78 abcd	11,33 a	5,33 a	5,33 ab	ASSS
T3	UICYT-035	60,67 abcd	15,33 ab	76 abcd	15,33 a	4 a	4,67 ab	ASSS
T4	UICYT-047	62,67 abcd	15,33 ab	78 abcd	11,67 a	5,33 a	5 ab	ASSS
T5	UICYT-049	49 bcd	15,33 ab	64,33 cde	18 a	1,33 a	16,33 ab	ASN
T6	UICYT-060	52,33 abcd	18,33 ab	70,67 bede	19,33 a	9 a	1 b	ASS
T7	UICYT-107	36 d	22 ab	58 de	16,67 a	0 a	22 ab	ASN
T8	UICYT-214	45,33 cd	18,67 ab	64 cde	21 a	4,33 a	10,67 ab	ASN
T9	UICYT-119	34,67 d	17,33 ab	52 e	20,67 a	2,67 a	24,67 a	-----
T10	UICYT-186	60 abcd	16,33 ab	76,33 abcd	13,67 a	6,33 a	3,67 ab	ASSS
T11	UICYT-217	51,67 abcd	28 a	79,67 abcd	6,33 a	4,33 a	9,67 ab	ASSS
T12	IMC-067 (Testigo)	79,67 a	6,67 b	86,33 ab	5,33 a	2,67 a	5,67 ab	ASSPS
T13	UICYT-068 (Testigo)	73,67 abc	18,33 ab	92 a	5,67 a	1,33 a	1 b	CCN-51
PROMEDIO		57,33	16,67	74	13,05	3,67	9	
CV (%)		16,67	15,38(-)	9,14	24,15(-)	50,04(-)	44,63(-)	
MAX		79,67	28	92	21	9	24,67	
MIN		34,67	6,67	52	4,67	0	1	

Medias seguidas con las mismas letras no presentan diferencias significativas (Tukey, $p > 0.05$)

(-) Valores ajustados a Raíz de $N + 0.5$.

ASSPS: Arriba Superior Summer Plantación Selecta

ASSS: Arriba Superior Summer Selecto

ASS: Arriba Superior Selecto

ASN: Arriba Selección Navidad

ASE: Arriba Superior Época

Matriz de correlación

A partir de la matriz de correlación aplicada, para la variable peso del fruto existió una diferencia significativa con las variables del largo y ancho del fruto; del grosor de la mazorca, el peso de almendras frescas y el índice de mazorcas. En el caso de la variable del largo del fruto demostró tener diferencias significativas con las variables de ancho del fruto, el peso de fresco de almendras, peso de placenta e índice de mazorca, para la variable del ancho del fruto se determinó que hubo diferencias significativas con las variables del grosor del fruto, peso fresco de almendras, peso de placenta y el índice de mazorcas, con respecto a las variables pertenecientes al grosor del fruto, el espesor del lomo del fruto se encontró que la correlación que existió con el espesor del surco del fruto tuvo una diferencia altamente significativa. Así mismo el espesor del surco del fruto resulto tener significancia estadística con relación al largo de las almendras.

Para la variable del peso de almendras frescas se puede deducir que hubo diferencias significativas con respecto a las variables del número de almendras, peso de placenta, porcentaje de testa e índice de mazorcas. En lo concerniente al número de almendras se puede decir que existió una diferencia altamente significativa al encontrarse correlacionada al peso de placenta; con respecto al peso de placenta se determinó que se encontraron diferencias significativas con las variables que estuvieron correlacionadas como el índice de mazorcas y el ancho de las almendras; para la variable del índice de semillas se localizó diferencias altamente significativas con las variables correlacionadas del peso de 100 almendras y para el ancho de almendras. Y para la variable del peso de 100 almendras también se halló diferencia altamente significativa con la variable correlacionada del ancho de almendras.

En el porcentaje de testa se estableció la presencia de significativa estadística con las variables de índice de mazorca y el largo de almendras. Para la variable del índice de mazorca se dedujo la presencia de diferencia significativa con el largo de almendras; y para la última variable del largo de almendra permitió deducir la presencia de significancia estadística relacionada con el ancho de almendras.

Tabla 7.

Matriz de correlación (PF: peso del fruto; LF: largo del fruto; AF: ancho del fruto; ELF: espesor del lomo del fruto; ESF: espesor del surco del fruto; PAF: peso de almendras frescas; NA: número de almendras; MAG: maguey; IND.S: índice de semillas; P.100.A: peso de 100 almendras; %TEST: porcentaje de testa; IND.M: índice de mazorca; LA: largo de almendra; AA: ancho de almendra).

	P.F.	L.F	A.F.	E.L.F.	E.S.F.	P.A.F.	N.A.	PLA.	IND.S.	P.100.A.	%TEST	IND.M.	L.A.	A.A.
P.F.	1													
L.F	0,650**	1												
A.F.	0,852**	0,737**	1											
E.L.F.	0,753**	0,245	0,509*	1										
E.S.F.	0,670**	0,161	0,463*	0,900**	1									
P.A.F.	0,678**	0,479*	0,579*	0,352	0,247	1								
N.A.	0,254	0,36	0,458*	-0,247	-0,286	0,466*	1							
PLA.	0,565*	0,747**	0,739**	0,045	-0,034	0,538*	0,650**	1						
IND.S.	0,194	0,006	-0,071	0,286	0,292	0,309	-0,397	-0,306	1					
P.100.A.	0,198	0,008	-0,069	0,285	0,29	0,311	-0,391	-0,304	1,000**	1				
%TEST	0,058	0,009	0,047	0,128	0,106	0,584*	-0,028	0,088	0,234	0,231	1			
IND.M.	-0,502*	-0,663**	-0,578*	-0,112	-0,121	-0,790**	-0,438	-0,534*	-0,432	-0,433	-0,462*	1		
L.A.	0,312	0,227	0,389	0,419	0,489*	0,434	0,042	-0,06	0,383	0,383	0,508*	-0,545*	1	
A.A.	-0,019	-0,167	-0,274	0,213	0,288	0,256	-0,414	-0,557*	0,809**	0,806**	0,383	-0,321	0,481*	1

>0.458 significativo *

Discusión

Se presentan datos comparativos con resultados previos (Ayestas et al., 2013), evaluaron variables cualitativas en Nicaragua y obtuvieron un peso promedio de frutos de 683.1 g. (García et al., 2012), describieron el cacao Criollo mexicano y obtuvieron un promedio de 610.94 g al analizar mil frutos de una plantación en Tabasco, México.

Según (Andrade, Rivera, Chire, 2019), donde al evaluar las características físico-químicas en clones de origen ecuatoriano CCN-51 y EET96; y clones de origen trinitario ICSI y ICS60, a partir de ahí se determinó que el clon CCN-51 obtuvo un peso superior en relación a los clones de origen trinitario con un peso de 995 g.

Según Chacón et al., (2007), en investigaciones en la región suroccidental de Venezuela evaluaron la caracterización morfológica de frutos y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*) en los estados Táchira, Zulia y Mérida de un Proyecto de Agenda Cacao, donde se obtuvo un promedio general de 16,8 cm.

Datos superiores fueron otorgados por (Ramírez et al., 2014), al implementar una metodología de selección participativa de cacao en plantaciones de productores pertenecientes al municipio de Tecpatán, donde fueron evaluados árboles sobresalientes del cual el NS-216 fue el que presentó un valor superior a los demás con 24 cm.

Datos que son superados por Ayestas y colaboradores (Ramírez et al., 2014), quien obtuvo un promedio de 9,2 cm, resultante de la documentación del manejo agronómico de los árboles promisorios del municipio de Waslala.

Así mismo, difiere con los datos obtenidos por Chacón y colaboradores (Chacón et al., 2007), obtuvo un promedio de 8,22 cm lo cual se podría decir que dicho valor puede ser afectado por el tipo de suelo que posee la región suroccidental de Venezuela donde se realizó el estudio el cual presenta un suelo profundo y suelos lechos rocosos. (Vera et al., 2014), también superó los resultados con un promedio de 10,3 cm pertenecientes al NS-133 mediante la implementación de una metodología de selección participativa en cacao en Chiapas, México.

Conclusiones

Con respecto a las características morfológicas de los frutos, los clones UICYT- 034, UICYT-035, UICYT-049, UICYT-060, UICYT-186, UICYT-217, IMC-067 (testigo1) y UICYT-068 (testigo2) presentaron diferencia estadística significativa en atributos físicos, como el peso, largo y ancho del fruto; el peso fresco y número de almendras.

En la calidad física de las almendras, los clones UICYT-034, UICYT-049 y UICYT-068 (testigo) registraron cualidades físicas deseadas.

Para la prueba de corte, el UICYT-007 (86,67) y el testigo IMC-067 (86,33) son los que ingresaron a la categoría A.S.S.P.S. (Arriba Superior Summer Plantación selecta) según la norma INEN-176. En contraste, el UICYT-119 no se pudo integrar en ninguna categoría comercial ya que registro un 52% de fermentación total el cual está por debajo de los estándares requeridos.

Referencias Bibliográficas

Alvarado, K., Vera, J., Tuarez, D., & Intriago, F. (2022). Fermentación de cacao (*Theobroma cacao L.*) con adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzima (PPO's) en la disminución de metales pesados. Centrosur, 2014. <https://centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/191>

Andrade, Rivera, Chire, U. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao L.*) de Ecuador y Perú. Enfoque UTE, 10(4), 1–12.

Andrade, 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 Peru. In Enfoque UTE (Vol. 10, Issue 4). UTE.

Ayestas, E., Orozco, L., Astorga, C., Munguía, R., & Vega, C. (2013). Caracterización de árboles promisorios de cacao en fincas orgánicas de Waslala , Nicaragua. Agroforesteria En Las Américas, 49, 18–25.

Chacón, I., Gómez, C., & Márquez, V. (2007). Caracterización morfológica de frutos y almendras de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región suroccidental de Venezuela. *Revista de La Facultad de Agronomía de La Universidad Del Zulia*, 24(1), 202–207.

Cristian, E. (2013). Caracterización física-química y sensorial de 13 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo nacional establecidos en la finca “la represa” para obtención de pasta.

Díaz, A., Ramón, B., & Moreno, G. (2022). Physical-chemical characterization of the cocoa pod husk as a possible use in the production of agglomerated boards. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 12(1), 97–106. <https://doi.org/https://doi.org/10.19053/20278306.v12.n1.2022.14211>

Erazo, C., Armando, D., García, T., & Chang, J. V. (2022). Efecto de la fermentación de cacao (*theobroma cacao* L.), variedad nacional y trinitario, en cajas de maderas no convencionales sobre la calidad física y sensorial del licor de cacao. *Revista de Investigación Talentos*, 8(2), 15.

Freire, D., & Díaz, D. (2022). Método de fermentación y secado para el beneficio de la obtención del chocolate blanco a partir del cacao criollo (*Theobroma cacao* L.), ecuatoriano. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2), 323–329.

García, P., González, V., Lázaro, E., Lagunes, E., & García, R. (2012). Descripción and physical properties of Mexican Criollo cacao during post-harvest processing. *Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13(1), 58–65.

INEN. (2018). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 176. Febrero, 5, 2–9. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_176-5.pdf

López, M., Sandoval, A., García, J., & Criollo, J. (2021). Estudio morfoagronómico de materiales de cacao (*Theobroma cacao* L.) de diferentes zonas productoras en Colombia. *Revista Ciencia y Agricultura*, 18(3), 98–109. <https://doi.org/https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n3.2021.12570>

Martínez, I., Fernández, Y., Bertin, P., Heide, M., Riera, M., Valdés, M., Declerck, S., & Decock, C. (2021). Morphological and genetic diversity, and phytopathology of traditional Cuban cacao (*Theobroma cacao* L.). *Anales de La Academia de Ciencias de Cuba*, 11(3), 1–21. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/444/4442475002/html/>

Mendoza, E., Boza, J., & Manjarrez, N. (2021). Impacto socioeconómico de la producción y comercialización del cacao de los pequeños productores del cantón Quevedo. *Revista Científica Ecociencia*, 8(1), 255–272. <https://doi.org/https://doi.org/10.21855/ecociencia.80.603>

Quevedo, J., Ramírez, M., Alfonso, E., García, R., & Tuz, I. (2022). Diversidad fisicoquímica y sensorial de 60 árboles elite de *Theobroma cacao* L., del sur del Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(1), 543–553. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2586>

Ramírez, S., López, O., Hernández, I., & García, S. (2014). Implementación de la metodología de selección participativa de Cacao en el municipio de Tecpatán, Chiapas- México. *Revista Digital de La Universidad Autonoma de Chiapas*, 3(6), 21–30. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31644/IMASD.6.2014.a01>

Vásquez, L., Vera, J., Erazo, C., & Intriago, F. (2022). Induction of *rhizobium japonicum* in the fermentative mass of two varieties of cacao (*Theobroma Cacao* L.) as a strategy for the decrease of cadmium. *International Journal Od Health Sciences*, 6(3), 11354–11371. <https://doi.org/https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS3.8672> Induction

Vera, J. (2018). Resumen de principios de diseños experimentales.

Vera, J., Álvarez, M., & Ibáñez, A. (2021). Sistema de producción de la almendra y del cacao: Una caracterización necesaria. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(ESPECIAL 3), 372–390. <https://doi.org/10.31876/rcs.v27i.36525>

Vera, J., Benavides, J., Vásquez, L., Alvarado, K., Reyes, J., Intriago, F., Naga, M., & Castro, V. (2023). Effects of two fermentative methods on cacao (*Theobroma cacao* L.) Trinitario, induced with *Rhizobium japonicum* to reduce cadmium. *Revista Colombiana de Investigación Agroindustriales*, 10(1), 95–106. <https://doi.org/https://doi.org/10.23850/24220582.5460>

Vera, Vallejo, C., Párraga, D., Morales, W., Macías, J., & Ramos, R. (2014). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) en el Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 7(2), 21–34.

Vera, Véliz, B., & Herrera, N. (2019). Calidad física de almendras en veintiún cruces interclonales de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 11(2), 402–408.