

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Caracterización fenotípica en flores de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en 40 híbridos experimentales en la finca experimental La Represa

Phenotypical characterization of Cocoa flowers (*Theobroma cacao* L.) in 40 experimental hybrids at La Represa experimental farm

Cyntia Erazo-Solorzano¹, Jaime Vera-Chang¹, Diego Tuarez-García^{2*}, Luis Vásquez-Cortez^{2,3,6}, Kerly Alvarado-Vásquez^{2,3,6}, Carlos Zambrano¹, Karen Mindiola Véliz¹, Raúl Mora Yela¹, karol Revilla Escobar¹

DOI: 10.21931/RB/2023.08.03.11

¹Facultad de Ciencias de la Industria y Producción Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.

²Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.

³Instituto de Posgrados, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

⁴Universidad Americana de Europa México-Cancún; Universidad Técnica del Estado de Quevedo (UTEQ), Los Ríos, Ecuador.

⁵Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Departamento de Recursos Fitogenéticos, Ecuador.

⁶Universidad del Cuyo, Argentina.

Corresponding author: parada.ro91@gmail.com

Resumen: La polinización es una de las prácticas más determinantes en el cultivo de cacao; por ello con el objetivo de determinar la autocompatibilidad, y evaluar la morfología de la flor, la presente investigación se realizó en la finca experimental "La Represa", Quevedo, Ecuador. Para el efecto, se empleó un diseño completamente al azar DCA, con cuarenta tratamientos, considerando como tratamientos a los híbridos de cacao utilizados, con tres repeticiones. Para determinar las diferencias entre las medias, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey (Pocompat Se realizaron pruebas de polinización manual para determinar el porcentaje de fecundación con quince flores por tratamiento, cuyo porcentaje de polinización sobresalieron los tratamientos T26 y T38 con el 100% de autocompatibilidad, seguido del T15 y T35 con 80% de autoimcompatibilidad. También se registraron variables como el largo y ancho de sépalo y pétalo, largo de pedúnculo, largo del estaminoide y pistilo, y el peso de la flor en donde sobresalieron diferentes híbridos, tales como el T1 y T11 para largo y ancho del sépalo con 2.70 y 8.20 mm respectivamente. En el largo y ancho del pétalo resaltaron los tratamientos T10 y T26 con 2.50 mm. En el largo del pedúnculo resalto el T20 con 1.81 mm y T6 con 6.20 mm para el largo del estaminoide. El largo del pistilo, el T10 obtuvo el mayor índice con 2.50 mm. No obstante el peso de la flor resaltaron los tratamientos T13 y T20, registrando el promedio más alto con 0.065 g, con relación a los demás híbridos estudiados.

Palabras clave: Autocompatibilidad, cacao, híbridos, polinización, flores.

Abstract: Pollination is one of the most decisive practices in cocoa cultivation; therefore, to determine the self-compatibility and evaluate the morphology of the flower, it was carried out in the experimental farm "La Represa", Quevedo, Ecuador. For this purpose, a completely randomized DCA design was used, with forty treatments, considering treatments the cocoa hybrids used, with three repetitions. Tukey's multiple range test ($P \leq 0.05$) was applied to determine the differences between the means. Manual pollination tests were performed to determine the percentage of fertilization with fifteen flowers per treatment, whose pollination rate stood out in the T26 and T38 treatments with 100% self-compatibility, followed by T15 and T35 with 80% anti-incompatibility. Variables such as the length and width of sepal and petal, peduncle length, length of staminoid and pistil, and the weight of the flower were also recorded where different hybrids stood out, such as T1 and T11 for sepal length and width with 2.70 and 8.20 mm respectively. In the height and width of the petal, the T10 and T26 treatments stood out with 2.50 mm. In the size of the peduncle, I highlight the T20 with 1.81 mm and T6 with 6.20 mm for the length of the staminoid. The length of the pistil, the T10, obtained the highest index at 2.50 mm. However, the weight of the flower highlighted the T13 and T20 treatments, registering the highest average with 0.065 g, concerning the other hybrids studied.

Key words: Autocompatibility, cocoa, hybrids, pollination, flowers.

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es uno de los cultivos más importantes en la agricultura y es originario de las zonas tropicales de América. Actualmente se cultiva en más de 60 países, la producción mundial se concentra en África occidental, Centro y Sudamérica y las regiones tropicales de

Asia¹. En el Ecuador el cacao se encuentra históricamente enlazado con la actividad, política, económica y social del país. Debido a su producción y calidad de aroma único en el mundo ha generado una gran demanda de mano de obra en la región, tanto como en el sector agrícola o industrial².

Citation: Erazo-Solorzano C, Vera-Chang J, Tuarez-García D, Vásquez-Cortez L, Alvarado-Vásquez K, Zambrano C, Mindiola Véliz K, Mora Yela R, Revilla Escobar k. Caracterización fenotípica en flores de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en 40 híbridos experimentales en la finca experimental La Represa, Revis Bionatura 2023;8 (3) 11. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.11>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



En Ecuador se cultivan varios tipos de cacao, pero la variedad conocida como “Nacional” es la más requerida por los fabricantes de chocolate por su calidad y aroma. Anecacacoo afirma que más del 70% de la producción mundial de cacao fino y de aroma corresponde al Nacional. El orden socio-económico ecuatoriano se desarrollaba en gran medida alrededor del mercado internacional del cacao, la “pepa de oro” dominó por varios siglos la generación de divisas para el país antes del boom petrolero, dando lugar a los primeros capitales y desarrollando sectores importantes como la banca, industria y el comercio³, en la actualidad el Ecuador es el tercer exportador de cacao a nivel mundial por su calidad y apreciación en el mercado mundial, durante el primer trimestre del 2023 el país exportó USD 284 millones lo cual es un indicador económico muy bueno para los agricultores⁴.

Los bajos rendimientos del cacao Nacional han contribuido a que los agricultores lo sustituyan por materiales de origen trinitario más productivos y tolerantes a enfermedades, ocasionando una erosión genética, especialmente de genes relacionados con la calidad⁵.

La caracterización fenotípica en flores de cacao consiste en evaluar el tamaño, forma y demás descriptores físicos que caracterizan a la variedad. De esta manera se consigue determinar si las variedades del tipo fino de aroma “Nacional” son diferentes estructural o morfológicamente a las otras variedades en calidad y si son susceptibles a enfermedades⁶.

Uno de los principales problemas de los productores cacaoteros ecuatorianos es la falta de conocimiento en características floral, componentes importante en el que radica la base de una buena producción, además una de las debilidades fundamentales en el programa genético para establecer nuevas plantaciones de cacao, siendo una de ellas las causantes de que las plagas y enfermedades sean resistentes, lo cual no generan una producción deseada, a esto se suma el problema de la incompatibilidad, y demás factores ambientales. El objetivo principal de la investigación fue evaluar las características fenotípicas de flores provenientes de 40 híbridos experimentales de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de la Finca Experimental La Represa.

Materiales y métodos

Localización

La presente investigación se llevó a cabo en la finca experimental “La Represa” propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizada en el recinto Faita, Kilómetro 7.5 de la vía San Carlos, en Quevedo, provincia de Los Ríos, República del Ecuador. Su ubicación geográfica corresponde a 01°03'18" de latitud Sur y 79°25'24" de longitud Oeste localizada en una zona clasificada como bosque húmedo-tropical a una altura de 73 msnm. El ensayo se estableció entre los meses de enero a mayo del 2017 (ver tabla 1).

Diseño de la investigación

En la presente investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), donde se determinó la caracterización fenotípica de las flores de cacao pertenecientes a 40 híbridos (consideradas los tratamientos en estudio), el experimento estuvo conformado por 40 tratamientos y tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por un grupo de diez flores de cacao, totalizando treinta flores por tratamiento. Luego de este análisis se procedió a realizar las correspondientes tablas y gráficos para una mejor interpretación de los resultados podemos observar en la tabla 2 el análisis de varianza. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiples de Tukey a la probabilidad ($P \leq 0.05$).

Técnicas de autopolinización

Para polinizar las flores de un mismo híbrido, se utilizó la técnica manual o controlada, la cual consistió en colocar en los botones florales un tubo eppendorf transparente de 1 cm de diámetro por 1.5 cm de largo para que de este modo la flor no sea polinizada por ningún insecto polinizador.

Cuando los botones estaban completamente abiertos se retiró el tubo sin dañar a la flor para realizar la polinización, se utilizaron pinzas de metal para retirar los estaminoides, estambres y pétalos para dejar libre el estigma y poder polinizar a la flor donante; de este modo se procedió a frotar las anteras sobre el estigma o estilo de la flor de abajo hacia arriba hasta haber depositado el polen en el

Parámetro	Promedio
Temperatura °C	25,47
Humedad relativa %	85,84
Precipitación anual /mm	2223
Heliofanía, hora luz/año	898,77
Evaporación, promedio mensual mm	78,30
Zona ecológica	bh-T
Topografía	Ligeramente ondulada

Tabla 1. Características agroclimáticas de la zona implantada del proyecto de investigación⁷.

	Fuente de Variación	Grados de libertad
Tratamiento	(t-1)	39
Error Experimental	t(r-1)	80
Total	(t*r)-1	119

Tabla 2. Análisis de varianza en la caracterización de la flor.

órgano femenino. Cabe mencionar que los resultados de esta variable de autopolinización se obtuvieron con un total de quince flores por tratamiento.

Número e identificación de flores

Para la identificación de flores polinizadas se utilizaron alfileres, los cuales sujetaron pequeñas láminas plásticas que indicaron los datos de cada clon, nombre de la autora y fecha de polinización. Luego se procedió a registrar el número de flores polinizadas, fecundadas y el porcentaje de fecundación.

Variables evaluadas y gestión de ensayos

Laro del pedúnculo (mm)

Para registrar esta variable se procedió a medir el pedúnculo desde la base de la flor hasta la unión de los sépalos con la ayuda de una hoja milimetrada.

Largo y ancho de sépalo (mm)

Se registró la longitud desde el punto de unión con el receptáculo hasta su ápice, mientras que el ancho se midió registrando la parte más ancha del sépalo entre los bordes laterales utilizando papel milimetrado mediante observación directa.

Largo y ancho del pétalo (mm)

La longitud y ancho del pétalo se midió en la misma hoja milimetrada de la misma manera como se realizó con el sépalo de la flor.

Largo del estaminoide (mm)

Para registrar esta variable se procedió a medir con una hoja milimetrada la longitud desde el encuentro con la columna estaminal hasta el ápice.

Largo del pistilo (mm)

Para registrar esta variable se procedió a medir con una hoja milimetrada la longitud desde el estigma hasta el ovario de cada flor.

Peso de la flor (g)

Se pesaron 10 flores enteras, con una balanza de precisión para luego extraer el promedio de este parámetro.

Material genético

Se utilizaron 40 híbridos, con características similares de producción, tolerantes a las principales enfermedades, pertenecientes al Departamento de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. En la tabla 3 se muestran las características de los híbridos en estudio experimental.

Resultados y discusión

Porcentajes de fecundación (autopolinización)

De acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) se encontraron diferencias estadísticas en la variable porcentaje de autopolinización. Sin embargo se observa que los tratamientos T26 (DYRCYT-H -297), y T38 (DYRCYT-H -309) resultaron ser autocompatibles con un porcentaje del 100% de autocompatibilidad, seguido del T15 (DYRCYT-H -286) y T35 (DYRCYT-H -306) que registraron un promedio de 80% de autocompatibilidad.

Por otro lado, los tratamientos T21 (DYRCYT-H -292) y T24 (DYRCYT-H -295) fueron autoincompatibles con una fecundación del 0%, seguido del T4 (DYRCYT-H -275), T5 (DYRCYT-H -276), que obtuvieron un promedio de 6.67%.

Estos promedios registrados concuerdan con la investigación realizada por Mendoza⁸, quien obtuvo un índice de autocompatibilidad de 1.00. Por su parte, Meza⁹ al evaluar el sistema de reproducción sexual y morfología floral de cinco clones de cacao encontró que el clon DIRCYT 186 presentó el mayor índice de auto compatibilidad 0.93.

Arciniegas¹⁰ estudió la compatibilidad de clones de cacao y encontró que un 67.7% de los 62 árboles evaluados fueron autocompatibles, mientras que 32.2% fueron autoincompatibles. Valores de compatibilidad superiores fueron registrados en la presente investigación.

En general es necesario mencionar que se clasificaron los materiales en grupos de acuerdo al porcentaje de prendimiento $>40\%$ para determinar la autocompatibilidad, razón por la cual, no se puede asegurar que niveles inferiores a este indiquen que los árboles sean incompatibles, si no que posiblemente, esto se deba a que en ocasiones el polen no queda bien adherido al estigma de la flor o que las temperaturas en las cuales se realizaron dichos eventos no sean la sugeridas.

El gráfico expuesto demuestra los valores de autocompatibilidad y autoincompatibilidad de 40 líneas híbridas de cacao. Estos valores corresponden a los porcentajes obtenidos luego de la polinización manual, en donde se observa que el 75% de las flores son autocompatibles, mientras que el 25% restante son autoincompatibles. Entendiéndose como autocompatibilidad a aquellos valores que superen el 40%, y como autoincompatibilidad a los valores comprendidos entre 0 y 40% (Ver tabla 4).

Parámetros de producción

a. Largo del sépalo

Los resultados de la variable largo del sépalo presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. De acuerdo al análisis de varianza aplicado, esta variable alcanzó el mayor promedio en el T11 (DYRCYT-H -282) con 8.2 mm. No obstante, el menor promedio lo presentó el

Nº	Código	Hibrido	Material Genético
1	DIRCYT-H -272	LR17 × L46H88	Trinitario × Nacional
2	DIRCYT-H -273	LR17 × L12H27	Trinitario × Nacional
3	DIRCYT-H -274	CCN-51 × L46H75	Trinitario × Nacional
4	DIRCYT-H -275	LR18 × T19	Trinitario × Nacional
5	DIRCYT-H -276	CCN-51 × L46H57	Trinitario × Nacional
6	DIRCYT-H -277	CCN-51 × L49H98	Trinitario × Nacional
7	DIRCYT-H -278	LR17 × JHVH-10	Trinitario × Nacional
8	DIRCYT-H -279	CCN-51 × L4H98	Trinitario × Nacional
9	DIRCYT-H -280	CCN-51 × L26H64rl	Trinitario × Nacional
10	DIRCYT-H -281	CCN-51 × L26H64	Trinitario × Nacional
11	DIRCYT-H -282	LR14 × L12H27	Trinitario × Nacional
12	DIRCYT-H -283	LR14 × L46H67	Trinitario × Nacional
13	DIRCYT-H 284	LR20 × L12H27	Trinitario × Nacional
14	DIRCYT-H -285	LR20 × L40H49	Trinitario × Nacional
15	DIRCYT-H -286	LR20 × L8H12	Trinitario × Nacional
16	DIRCYT-H -287	LR18 × L12H37	Trinitario × Nacional
17	DIRCYT-H -288	LR18 × LN3H27	Trinitario × Nacional
18	DIRCYT-H -289	LR18 × L21H38	Trinitario × Nacional
19	DIRCYT-H -290	LR14 × L13H37	Trinitario × Nacional
20	DIRCYT-H -291	LR14 × L46H75	Trinitario × Nacional
21	DIRCYT-H -292	LR46H75 × DR14	Trinitario × Nacional
22	DIRCYT-H -293	LR20 × D40H66	Trinitario × Nacional
23	DIRCYT-H -294	LR15 × L20H43	Trinitario × Nacional
24	DIRCYT-H -295	LR16L11H18 × L19H43	Trinitario × Nacional × Nacional
25	DIRCYT-H -296	LR14 × LR16L18H58	Trinitario × Nacional
26	DIRCYT-H -297	LR20H21 × LR14 × L18H58	Trinitario × Nacional × Nacional
27	DIRCYT-H -298	LR19 × D42H80	Trinitario × Nacional
28	DIRCYT-H -299	LR14L26H64 × L46H66	Trinitario × Nacional
29	DIRCYT-H -300	LR20H26 × LR18 × L49H98	Trinitario × Nacional
30	DIRCYT-H -301	LR19 × LR18L26H69	Trinitario × Nacional × Nacional
31	DIRCYT-H -302	LR16D11H19 × L15H34	Trinitario × Nacional
32	DIRCYT-H -303	LR18 × L23H64	Trinitario × Nacional
33	DIRCYT-H -304	LR20 × LR16L18H58	Trinitario × Nacional
34	DIRCYT-H -305	LR20 (LR16) (EET-103)	Trinitario × Nacional
35	DIRCYT-H -306	LR14 × LR14L18H53	Trinitario × Nacional
36	DIRCYT-H -307	LR20 × LR17L11H19	Trinitario × Nacional
37	DIRCYT-H -308	LR17L11H19 × L8H12	Trinitario × Nacional
38	DIRCYT-H -309	LR17L11H19 × L32H72	Trinitario × Nacional
39	DIRCYT-H -310	LR19 × L12H27	Trinitario × Nacional
40	DIRCYT-H -311	L46H75 × LR20	Trinitario × Nacional

*DIRCYT= Departamento de Investigación Científica y Tecnológica.

Tabla 3. Características de los híbridos interclonales de la finca experimental “La Represa” utilizadas en este estudio.

Nº	Código	PF(%)
1	DIRCYT-H -272	53.33 ^{+a}
2	DIRCYT-H -273	20.00 ^a
3	DIRCYT-H -274	33.33 ^b
4	DIRCYT-H -275	6.67 ^b
5	DIRCYT-H -276	6.67 ^b
6	DIRCYT-H -277	46.66 ^{+a}
7	DIRCYT-H -278	26.66 ^b
8	DIRCYT-H -279	33.33 ^b
9	DIRCYT-H -280	40.00 ^{+ab}
10	DIRCYT-H -281	60.00 ^{+a}
11	DIRCYT-H -282	26.66 ^a
12	DIRCYT-H -283	20.00 ^a
13	DIRCYT-H 284	46.66 ^{+a}
14	DIRCYT-H -285	13.33 ^a
15	DIRCYT-H -286	80.00 ^{+a}
16	DIRCYT-H -287	40.00 ^{+ab}
17	DIRCYT-H -288	33.33 ^b
18	DIRCYT-H -289	73.33 ^{+a}
19	DIRCYT-H -290	33.33 ^b
20	DIRCYT-H -291	26.66 ^a
21	DIRCYT-H -292	0.00 ^b
22	DIRCYT-H -293	33.33 ^b
23	DIRCYT-H -294	53.33 ^{+a}
24	DIRCYT-H -295	0.00 ^b
25	DIRCYT-H -296	26.66 ^b
26	DIRCYT-H -297	100.00 ^{+a}
27	DIRCYT-H -298	13.33 ^b
28	DIRCYT-H -299	20.00 ^b
29	DIRCYT-H- 300	60.00 ^{+a}
30	DIRCYT-H -301	46.66 ^{+a}
31	DIRCYT-H -302	40.00 ^{+a}
32	DIRCYT-H -303	53.33 ^{+a}
33	DIRCYT-H -304	46.66 ^{+a}
34	DIRCYT-H -305	66.66 ^{+a}
35	DIRCYT-H -306	80.00 ^{+a}
36	DIRCYT-H -307	46.66 ^{+a}
37	DIRCYT-H -308	66.66 ^{+a}
38	DIRCYT-H -309	100.00 ^{+a}
39	DIRCYT-H -310	60.00 ^{+a}
40	DIRCYT-H -311	73.33 ^{+a}
	Promedio	42.67
	Coefficiente de variación	20.65
	Erros Estándar	0.002

*PF: Porcentaje de fecundación.

+Autocompatibilidad

Valores con letras diferentes son significativos según la prueba de Tukey (P<0.05).

Tabla 4. Porcentajes de fecundación (autopolinización) en 40 híbridos experimentales en la Finca Experimental “La Represa”.

T22 (DYRCYT-H -293) con un promedio de 7.0 mm.

Estos valores coinciden con Hardy¹¹, quien señala que el sépalo posee 7.0 a 11.0 mm de longitud. A pesar de esto, el estudio realizado por Pacheco, (12) muestra un promedio inferior de 6.0 a 8.0 mm. El coeficiente de variación para esta variable fue de 13%. Además Meza, (9) en su investigación y registró un promedio de 8.49 mm longitud del sépalo. Por su parte, Villegas y Astorga, (13) en su estudio de “caracterización morfológica del cacao Nacional Boliviano”, registraron promedios aproximados de 8.4 mm para el largo del sépalo.

b. Ancho de sépalo

En el análisis de varianza aplicado no se encontraron diferencia estadísticas para la variable ancho del sépalo entre los híbridos de cacao evaluados. Sin embargo, el promedio más alto lo presentaron los tratamientos T1 (DYRCYT-H -272) y T3 (DYRCYT-H -274) con 2.7 mm. el tratamiento que presentó el menor valor fue el T 22 (DYRCYT-H -293) con 2.0 mm.

Laje, (14) evaluó la Autocompatibilidad en algunos cultivares de cacao Tipo Nacional y Trinitario, en donde mencionó que el ancho de sépalo pueden alcanzar un promedio de 2.0 mm. Estos valores se encontraron dentro del rango encontrado por Dostert *et al.*¹⁵, quienes reportaron un promedio entre 1.5–2.0 mm de ancho de sépalo. El coeficiente de variación fue de 19.46%.

c. Largo de pétalo

El largo del pétalo presentó diferencias significativas entre los híbridos evaluados, de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), siendo T10 (DYRCYT-H -281) el tratamiento que registró el mayor promedio con 25.0 mm, a diferencia de T3 (DYRCYT-H -274) y T19 (DYRCYT-H -290) que registraron el menor valor (19.0 mm). El coeficiente de variación para esta variable fue de 25.07%.

En relación a lo anterior, estos valores fueron inferiores a los reportados por Veliz¹⁶ en el 2015, que obtuvo un promedio de 7.0 mm de longitud.

d. Ancho de pétalo

Para el ancho de pétalo se encontraron diferencias estadísticas entre los híbridos de cacao evaluados, siendo T26 (DYRCYT-H -297) el tratamiento que obtuvo el mayor promedio (2.0 mm) mientras que T22 (DYRCYT-H -293) obtuvo el menor promedio (1.6 mm).

Estos valores estuvieron dentro del rango encontrado por Veliz¹⁶ cuyos promedios de ancho de pétalo no superaron los 2.0 mm. De la misma forma Mendoza,⁽⁸⁾ registró un promedio aproximado de 2.19 mm para el ancho de sépalo.

e. Largo de Pédunculo

El largo del pedúnculo, presentó diferencias estadísticas entre todos los tratamientos evaluados, tal como se muestra en la (Tabla 5), donde el tratamiento que presentó la mejor característica fue el T20 (DYRCYT-H -291) con un promedio de (18.1 mm), con lo que respecta al tamaño del pedúnculo, el cual fue el de mayor promedio, mientras que el tratamiento T23 (DYRCYT-H -294) presentó el menor promedio (12.1 mm).

Por su parte, Baena y García¹⁷ mencionan que la longitud del pedúnculo es de entre 10.0 a 30.0 mm, lo que concuerda con lo registrado en la presente investigación.

Meza, (9) en su investigación en flores de cacao Nacional y Trinitario encontró un promedio de 21.9 mm para la longitud del pedúnculo.

f. Largo de Estaminoide

Se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos analizados, por cuanto T6 (DYRCYT-H -277), obtuvo el mayor promedio (6.2 mm); sin embargo T 21 (DYRCYT-H -292) presentó el menor valor (4.8 mm).

Peña¹⁸, estudió el largo del estaminoide en flores de cacao y encontró promedios de 6.5 a 7.5 mm de longitud, por lo tanto estos valores fueron superiores a los registrados en la presente investigación, en donde se obtuvieron promedios comprendidos entre 4.8 y 6.2 mm. Por su parte, Meza⁹, encontró un promedio de 7.1 mm para longitud del estaminoide. Villegas y Astorga, (13) demostraron un promedio de 7.6 mm para el largo del estaminodio.

g. Largo de Pistilo

De acuerdo con el análisis de la variancia se evidenciaron diferencias estadísticas entre los híbridos de cacao. Fácilmente se observa que el T10 (DYRCYT-H -281) obtuvo el mayor promedio en el largo del pistilo (2.5 mm) y el menor promedio lo presentaron los tratamientos T3 (DYRCYT-H -274) y T19 (DYRCYT-H -290) con 1.90 mm. Cabe recalcar que esta variable presentó un coeficiente de variación de 25.07%.

Estos promedios guardan relación a los mencionados por Villegas y Astorga (13) con 2.20 mm de longitud. Por su parte, Mendoza⁸, registró un promedio superior con 2.90 mm en longitud de pistilo. Meza⁹, registró un promedio de 4.88 mm para longitud del pistilo en su caracterización floral en clones de cacao de tipo Nacional y Trinitario.

Peso de Flor

El análisis de variancia realizado al peso de la flor reportó diferencias estadísticas entre los tratamientos de cacao ($P \leq 0.05$), con un promedio general de todos los tratamientos o híbridos experimentales estudiados de 0.05 g.

El T13 (DYRCYT-H 284) y T20 (DYRCYT-H 291), registraron el promedio más alto del peso de la flor con 0.06 g, con relación a los demás híbridos estudiados. Por otro lado el análisis indicó que el promedio más bajo (0.04 g) fue obtenido en la mayoría de los híbridos estudiados, como se observa en la Tabla 6. Estos valores promedios fueron similares a los citados por Mendoza⁸, quien obtuvo un valor de 0.063 g en el peso de la flor. Por su parte, Véliz, (19) encontró un promedio inferior de 0.040 g en el peso de la flor, con un coeficiente variación de 13.72%.

Meza, (9) menciona que en la caracterización de la estructura floral se identificó que el tamaño de los órganos florales influye en la compatibilidad genética. Concuerda con lo encontrado en la presente investigación, siendo el clon DIRCYT 217 quien registró el mayor peso de la flor con 0.0749 g, en el mismo sentido Mendoza, (8) en su estudio reportó un promedio del peso de la flor de 0.063 g, el cual guarda relación con los datos encontrados en esta investigación.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados expuestos, se plantean las siguientes conclusiones:

Los híbridos de cacao evaluados que resultaron ser autocompatibles fueron los T15 DYRCYT-H 286, T26 DYRCYT-H 297, T35 DYRCYT-H 306 y T38 DYRCYT-H 309 con porcentajes comprendidos entre 80 y 100 %.

La mayoría de los tratamientos evaluados obtuvieron porcentajes muy bajos de fecundación entre 0 y 50%.

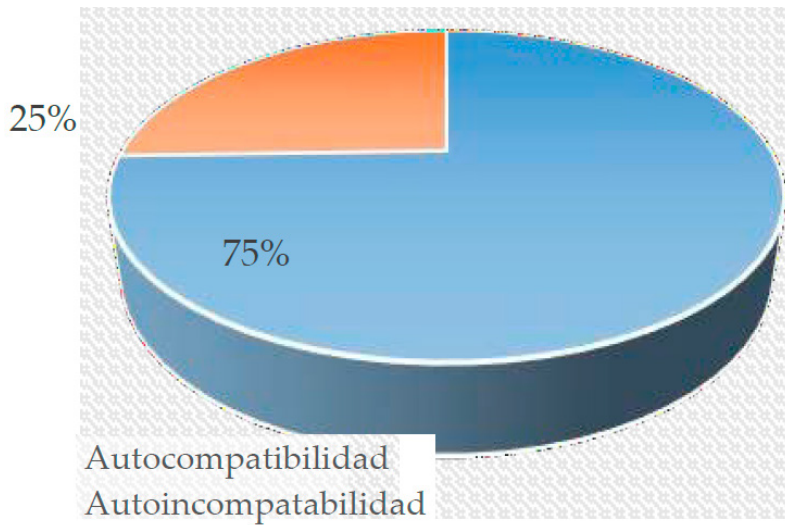


Figura 1. Promedio de autocompatibilidad y autoincompatibilidad floral de los 40 híbridos estudiados.

Tratamiento	L.Sépalo (mm)	A. Sépalo (mm)	L.Pétalo (mm)	A.Pétalo (mm)	L.Pedúnculo (mm)	L.Estaminioide (mm)	L. Pistilo (mm)
T1 (DYRCYT-H -272)	7.20 fghi	2.70 a	20.0 efg	2.30 abcde	14.2 ab	5.50 ef	2.00 efg
T2 (DYRCYT-H -273)	7.30 efghi	2.30 a	20.0 cdefg	1.90 g	12.4 b	5.50 ef	2.00 cdefg
T3 (DYRCYT-H -274)	7.70 abcdefgh	2.70 a	19.0 g	2.40 ab	15.1 ab	5.60 abcde	1.90 g
T4 (DYRCYT-H -275)	7.20 ghi	2.50 a	22.0 abcdef	2.10 bcdefg	15.9 ab	5.70 abcde	2.20 abcdef
T5 (DYRCYT-H -276)	7.10 hi	2.60 a	22.0 abcdef	2.00 efg	15.2 ab	5.50 abcde	2.20 abcdef
T6 (DYRCYT-H -277)	7.70 abcdefgh	2.50 a	21.0 bcdefg	2.20 abcdefg	14.4 ab	6.20 a	2.10 bcdefg
T7 (DYRCYT-H -278)	7.60 abcdefgh	2.60 a	21.0 bcdefg	2.20 abcdefg	14.3 ab	6.00 abc	2.10 bcdefg
T8 (DYRCYT-H -279)	7.90 abcdef	2.50 a	22.0 abcdef	2.40 abc	14.7 ab	6.00 ab	2.20 abcdef
T9 (DYRCYT-H -280)	7.70 abcdefgh	2.60 a	22.0 abcdefg	2.30 abcde	15.4 ab	5.70 abcde	2.20 abcdefg
T10 (DYRCYT-H -281)	7.90 abcdef	2.60 a	25.0 a	2.30 abcde	16.5 ab	5.90 abc	2.50 a
T11 (DYRCYT-H -282)	8.20 a	2.60 a	20.0 cdefg	2.40 ab	16.2 ab	5.60 abcde	2.20 cdefg
T12 (DYRCYT-H -283)	7.20 fghi	2.30 a	22.2 abcdefg	2.30 abcde	14.1 ab	5.70 abcde	2.20 abcdefg
T13 (DYRCYT-H -284)	8.00 abc	2.60 a	23.0 abcde	2.40 ab	15.5 ab	6.10 ab	2.30 abcde
T14 (DYRCYT-H -285)	7.80 abcdefg	2.50 a	22.0 abcdef	2.30 abcde	16.0 ab	5.80 abc	2.20 abcdef
T15 (DYRCYT-H -286)	7.80 abcdefg	2.60 a	21.0 bcdefg	2.30 abcdef	15.2 ab	5.90 abc	2.10 bcdefg
T16 (DYRCYT-H -287)	7.70 abcdefg	2.40 a	21.0 bcdefg	2.30 abcd	15.3 ab	5.60 abcde	2.10 bcdefg
T17 (DYRCYT-H -288)	7.80 abcdefg	2.50 a	21.0 bcdefg	2.30 abcde	15.2 ab	5.90 abc	2.10 bcdefg
T18 (DYRCYT-H -289)	7.50 bcdefghi	2.40 a	24.0 abc	2.00 fge	15.8 ab	5.60 bcde	2.40 abc
T19 (DYRCYT-H -290)	7.30 defghi	2.30 a	19.0 fg	2.10 defg	14.4 ab	5.60 bcde	1.90 fg
T20 (DYRCYT-H -291)	8.10 ab	2.60 a	22.0 abcdef	2.00 fg	18.1 a	5.30 cdef	2.20 abcdef
T21 (DYRCYT-H -292)	7.30 efghi	2.40 a	23.0 abcdef	2.00 fg	12.2 b	4.80 f	2.30 abcdef
T22 (DYRCYT-H -293)	7.00 i	2.00 a	22.0 abcdef	1.60 h	13.3 b	5.10 def	2.20 abcde
T23 (DYRCYT-H -294)	7.40 defghi	4.90 a	22.0 abcdefg	2.00 fg	12.1 b	5.10 def	2.20 abcdefg
T24 (DYRCYT-H -295)	7.60 abcdefgh	2.40 a	21.0 bcdefg	2.30 abcdef	15.4 ab	5.50 bcdef	2.10 bcdefg
T25 (DYRCYT-H -296)	7.40 cdefghi	2.40 a	20.0 fg	2.10 bcdefg	15.4 ab	5.60 abcde	2.00 fg
T26 (DYRCYT-H -297)	7.40 cdefghi	2.40 a	21.0 bcdefg	2.50 a	15.3 ab	5.90 abc	2.10 bcdefg
T27 (DYRCYT-H -298)	7.50 bcdefghi	2.50 a	23.0 abcd	2.20 abcdefg	14.2 ab	5.90 abc	2.30 abcd
T28 (DYRCYT-H -299)	7.90 abcde	2.50 a	22.0 abcdf	2.10 cdefg	16.1 ab	5.60 abcde	2.20 abcdef
T29 (DYRCYT-H -300)	7.50 abcdefghi	2.40 a	21.0 abcdefg	2.20 abcdefg	14.1 ab	5.70 abcd	2.10 abcdefg
T30 (DYRCYT-H -301)	7.60 abcdefghi	2.60 a	23.0 abcdef	2.10 bcdefg	14.1 ab	5.60 abcde	2.30 abcdef
T31 (DYRCYT-H -302)	7.10 cdefghi	2.60 a	24.0 ab	2.20 abcdefg	14.7 ab	5.70 abcde	2.40 ab
T32 (DYRCYT-H -303)	7.70 abcdefgh	2.50 a	22.0 abcdef	2.20 abcdefg	14.2 ab	5.60 abcde	2.20 abcdef
T33 (DYRCYT-H -304)	7.40 defghi	2.50 a	22.0 abcdefg	2.20 abcdefg	15.6 ab	5.50 bcdef	2.20 abcdefg
T34 (DYRCYT-H -305)	7.70 abcdefghi	2.40 a	21.0 bcdefg	2.20 abcdefg	15.3 ab	5.30 cdef	2.10 bcdefg
T35 (DYRCYT-H -306)	7.80 abcdef	2.50 a	20.0 fg	2.10 cdefg	15.6 ab	5.80 abc	2.00 fg
T36 (DYRCYT-H -307)	7.70 abcdefghi	2.40 a	23.0 abcdef	2.30 abcde	15.7 ab	5.90 abc	2.30 abcdef
T37 (DYRCYT-H -308)	7.70 abcdefghi	2.30 a	20.0 defg	2.30 abcde	16.1 ab	5.40 bcdef	2.00 defg
T38 (DYRCYT-H -309)	7.50 bcdefghi	2.30 a	22.0 abcdef	2.20 abcdefg	16.0 ab	5.90 abc	2.20 abcdef
T39 (DYRCYT-H -310)	7.40 defghi	2.50 a	21.0 bcdefg	2.40 abc	16.4 ab	5.50 bcde	2.10 bcdefg
T40 (DYRCYT-H -311)	7.70 abcdefghi	2.40 a	20.0 bcdefg	2.30 abcdefg	15.6 ab	5.80 abcd	2.00 bcdefg
Promedio	7.60	2.60	22.0	2.20	15.0	5.60	2.20
CV%	13.02	19.46	25.07	21.53	20.48	19.27	25.07
EEM	0.002	0.011	0.001	0.001	0.007	0.002	0.001

* Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey (P<0.05).

*CV= Coeficiente de variación EEM= Error estándar de la media.

Tabla 5. Variables de índice de caracterización floral (Largo del sépalo, ancho del sépalo, largo del pétalo, ancho del pétalo, largo del pedúnculo, largo del estaminioide, y largo del pistilo) en 40 híbridos experimentales en la Finca Experimental "La Represa".

N°	Código	Peso de flor (g)
1	DIRCYT-H -272	0.057 ^{abcdef}
2	DIRCYT-H -273	0.046 ^{cdefghij}
3	DIRCYT-H -274	0.051 ^{abcdefghi}
4	DIRCYT-H -275	0.064 ^{ab}
5	DIRCYT-H -276	0.055 ^{abcdef}
6	DIRCYT-H -277	0.043 ^{defghij}
7	DIRCYT-H -278	0.058 ^{abcdef}
8	DIRCYT-H -279	0.050 ^{abcdef}
9	DIRCYT-H -280	0.062 ^{ab}
10	DIRCYT-H -281	0.058 ^{abcdef}
11	DIRCYT-H -282	0.057 ^{abcdef}
12	DIRCYT-H -283	0.051 ^{abcdef}
13	DIRCYT-H 284	0.065 ^a
14	DIRCYT-H -285	0.055 ^{abcdef}
15	DIRCYT-H -286	0.057 ^{abcdef}
16	DIRCYT-H -287	0.060 ^{ab}
17	DIRCYT-H -288	0.061 ^{ab}
18	DIRCYT-H -289	0.054 ^{abcdef}
19	DIRCYT-H -290	0.055 ^{abcdef}
20	DIRCYT-H -291	0.065 ^a
21	DIRCYT-H -292	0.044 ^{abcdefg}
22	DIRCYT-H -293	0.034 ⁱ
23	DIRCYT-H -294	0.036 ^{ij}
24	DIRCYT-H -295	0.036 ^{ij}
25	DIRCYT-H -296	0.041 ^{ghij}
26	DIRCYT-H -297	0.042 ^{fghij}
27	DIRCYT-H -298	0.040 ^{ghij}
28	DIRCYT-H -299	0.038 ^{hij}
29	DIRCYT-H- 300	0.042 ^{fghij}
30	DIRCYT-H -301	0.044 ^{defghij}
31	DIRCYT-H -302	0.043 ^{defghij}
32	DIRCYT-H -303	0.048 ^{cdefghij}
33	DIRCYT-H -304	0.054 ^{abcdef}
34	DIRCYT-H -305	0.043 ^{defghij}
35	DIRCYT-H -306	0.053 ^{abcdef}
36	DIRCYT-H -307	0.042 ^{efg hij}
37	DIRCYT-H -308	0.044 ^{efg hij}
38	DIRCYT-H -309	0.050 ^{abcdef}
39	DIRCYT-H -310	0.044 ^{defghij}
40	DIRCYT-H -311	0.049 ^{abcdefghi}
Promedio		0.05
CV %		9.53
EEM		0.0001

* Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey (P<0.05).

* CV= Coeficiente de variación.

*EEM= Error estándar de la media.

Tabla 6. Variables de índice de caracterización floral (Largo del sépalo, ancho del sépalo, largo del pétalo, ancho del pétalo, largo del pedúnculo, largo del estaminoide, y largo del pistilo) en 40 híbridos experimentales en la Finca Experimental “La Represa”.

En cuanto al peso de la flor los híbridos T13 DYRCYT-H 284 y T20 DYRCYT-H 291 alcanzaron el mayor peso de la flor con 0.065 g.

Referencias bibliográficas

1. Vásquez L, Vera J, Erazo C, Intriago F. Induction of rhizobium japonicum in the fermentative mass of two varieties of cacao (*Theobroma Cacao* L.) as a strategy for the decrease of cadmium. *Int J Health Sci (Qassim)*. 2022;3(April):11354–71.
2. Alvarado K, Vera J, Tuarez D, Intriago F. Fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.) con adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzima (PPO's) en la disminución de metales pesados. *Centrosur* [Internet]. 2022;2014. Available from: <https://centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/191>
3. Bárcena A, Prado A, Samaniego J, Pérez R. La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe [Internet]. 1st ed. Ferrer J, editor. Santiago de Chile: CEPAL; 2015. 1–70 p. Available from: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37310/S1420656_es.pdf
4. Vera J, Benavides J, Vásquez L, Alvarado K, Reyes J, Intriago F, et al. Efecto de dos métodos fermentativos en cacao (*Theobroma cacao* L.) trinitario, inducido con *Rhizobium japonicum* para disminuir cadmio. *Rev Colomb Investig Agroindustriales* [Internet]. 2012;10(1):95–106. Available from: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/efectos-de-dos-metodos-fermentativos-en-cacao-theobroma-cacao-l>
5. Vera J, Vásquez L, Alvarado K, Mora K, Intriago F, Raju M, et al. Mucílago de cacao (CCN-51) en la elaboración de almibar de manzana con propiedades antioxidantes. *Rev Multidisciplinaria Desarro Agropecu Tecnológico, Empres y Humanista* [Internet]. 2023;5(1):1–10. Available from: <https://www.dateh.es/index.php/main/article/view/130>
6. González R, Silva N, Suarez A, Castañeda D. Evaluación y caracterización de clones regionales de cacao en la subregión del Urabá antioqueño: fase I. *Rev Nov* [Internet]. 2019;4(1):21–30. Available from: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/mova/article/view/2022>
7. Agropecuaria C, Alberto S, Andrade L. Efecto de la fertilización orgánica sobre las variables agronomicas y su calidad de forraje en la *Morus alba* [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2022. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/2bf41eba-c516-4d0f-b607-8b626dcf0114>
8. Mendoza C, Ramos R. Compatibilidad genética de 64 clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipos nacional y trinitario [Internet]. Repositorio UTEQ. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/985/1/T-UTEQ-0022.pdf>
9. Meza G, Ramos R. Sistema de reproducción sexual y morfología floral de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional y dos trinitarios en la finca experimental La Represa [Internet]. Repositorio UTEQ. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2016. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/3e5979a1-bafe-47cb-8534-71a047941838>
10. Arciniegas A. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE [Internet]. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza; 2005. Available from: <http://hdl.handle.net/11554/4571>
11. Arvelo M, González D, Maroto A, Delgado T, Montoya P. Manual técnico de cultivo de cacao buenas prácticas para América Latina [Internet]. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Costa Rica; 2017. 1–143 p. Available from: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6181>
12. Sánchez F, Medina M, Díaz G, Ramos R, Vera J, Vásquez V, et al. Potencial sanitario y productivo de 12 clones de cacao en Ecuador. *Rev Fitotec Mex* [Internet]. 2015;38(3):265–74. Available from: https://www.researchgate.net/publication/281628469_Potencial_sanitario_y_productivo_de_12_clones_de_cacao_en_Ecuador
13. Villegas R, Astorga C. Caracterización morfológica del cacao Nacional Boliviano, Alto Beni, Bolivia. *Agroforesteria en las Am* [Internet]. 2005;43–44:81–85. Available from: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5874>
14. Laje O, Ampuño S. Evaluación de la autocompatibilidad en algunos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional y Trinitario en el litoral ecuatoriano [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2013. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/8a58b083-2f8a-4692-a6e2-4489df41e42e>
15. Dostert N, José R, Cano A, Torre M, Weigend M. Hoja botánica : Cacao. In: Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2012-06345, editor. D38/08-19. Lima: Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C.; 2011. p. 20.
16. Vera, Véliz B, Herrera N. Calidad física de almendras en veintidós cruces interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Ecuador. *Univ y Soc*. 2019;11(2):402–8.
17. Baena LM, García Cardona NA. Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de casacarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao* L. de una industria chocolatera Colombiana. Tesis de licenciatura. 2012;60.
18. Peña G. Caracterización morfológica de 57 accesiones de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional del banco de germoplasma de la Estación Experimental Tropical Pichilingue [Internet]. Universidad Técnica de Manabí; 2003. Available from: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4302>
19. Véliz B, Vera J. Auto-compatibilidad genética y calidad física de almendra en veinte híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/6396c115-34d2-41a3-8d75-092603487088>