

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
SECCIÓN DE INGENIERÍA AGRARIA

Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

**CARACTERIZACIÓN
MORFOLÓGICA DE LAS
DISTINTAS POBLACIONES DE
CACAO EN CANARIAS**

Alberto Rodríguez Febles

La Laguna, julio 2024

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



**AUTORIZACIÓN DE PRESENTACIÓN DE TFG
INGENIERÍA AGRÍCOLA Y DEL MEDIO RURAL**

CURSO: 2023/2024

TUTOR – COORDINADOR: Domingo José Ríos Mesa

TUTOR: Jorge Alfredo Reyes-Betancort

Como tutores del alumno/a **Alberto Rodríguez Febles** en el TFG titulado: **Caracterización morfológica de las distintas poblaciones de cacao en Canarias**, doy/damos nuestra autorización para la presentación y defensa de dicho TFG, a la vez que confirmamos que el alumno/a ha cumplido con los objetivos generales y particulares que lleva consigo la elaboración del mismo y las normas del Reglamento de Trabajo Fin de Grado de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería.

En San Cristóbal de La Laguna, a 26 de junio de 2024.

Fdo: Domingo José Ríos Mesa
(Tutor/a coordinador/a)

REYES
BETANCORT
JORGE
ALFREDO -
42917710D

Firmado digitalmente
por REYES
BETANCORT JORGE
ALFREDO -
42917710D
Fecha: 2024.06.26
06:05:20 +01'00'

Fdo:
(Tutor/a)

PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TRABAJO DE FIN DE GRADO

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



Agradecimientos

No me gustaría empezar este trabajo sin antes agradecer a toda la gente que lo ha hecho posible:

A mi familia: Mi madre, Dulce, que me ha profesado siempre el afecto más sincero y me ha enseñado a transmitírselo a los demás; mi padre, Vicente, que me ha formado en valores y del que he aprendido a mantener un juicio recto y unos principios firmes; mi hermana Laura, que ha sido una vía de escape siempre que lo he necesitado; mi prima Ana, cuya determinación y valía aún en condiciones de adversidad son para mí un ejemplo a seguir; y por último, mi tía Rosa, ella ha sido la piedra angular sobre la que se sostiene este trabajo y sin su apoyo incondicional este trabajo no habría visto la luz, le estoy eternamente agradecido.

Quiero dar las gracias también a mi pareja Arely, agradezco tener la suerte de que la vida haya puesto a alguien así a mi lado, el cariño y la bondad que me transmite con cada una de sus palabras me ha permitido reconstruirme aún en las peores circunstancias.

A todos los amigos, Jose Luis, Moisés, Leo, Diego, Rodrigo, Miguel Ángel... son un ejemplo a seguir y unas grandísimas personas que no han dudado ni un segundo en ayudarme siempre que se los he pedido, y sobre todo cuando no se los he pedido.

A Alfredo Reyes, el que ha sido mi mentor en esta nueva etapa laboral y al que siempre guardaré gran aprecio por haberme enseñado desde la humildad y la sencillez, así como me ha instaurado los valores que quiero conservar en mi carrera profesional.

También a Alfonso Molera, quien me introdujo en este proyecto al que espero seguir vinculado mucho tiempo y por lo que le debo mi más expresa gratitud.

Por último, me gustaría agradecer a todos los compañeros que me han ayudado y a aquellos que conforman el proyecto CAIA: Domingo, Mery, Moneyba, Toño... tengo el convencimiento de que sin ellos el panorama agrícola de Canarias sería muy distinto.

Les doy gracias a todos por haber dejado para siempre una pequeña parte de ustedes en mí.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



Abreviaturas

UTM: Universal Transverse Mercator.

m s.n.m: Metros sobre el nivel del mar.

VG: Evaluación visual mediante una única observación de un grupo de varias plantas o partes de plantas.

MS: Medición de varias plantas o partes de plantas individuales.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



Índice

1. Introducción	1
2. Objetivos	3
2.1. Objetivo principal	3
2.2. Objetivos secundarios.....	3
3. Revisión bibliográfica.....	4
3.1. Origen.....	4
3.2. Mercado	6
3.3. Taxonomía	7
3.4. Morfología	8
3.4.1. Raíces.....	8
3.4.2. Tronco.....	8
3.4.3. Hojas.....	8
3.4.4. Flores	9
3.4.5. Frutos.....	10
3.5. Grupos del cacao	11
3.5.1. Criollo	11
3.5.2. Forastero	12
3.5.3. Trinitario	12
3.6. Requerimientos edafoclimáticos	13
3.6.1. Temperatura	13
3.6.2. Humedad	13
3.6.3. Viento	13
3.6.4. Agua.....	13
3.6.5. Sombra	13
3.6.6. Suelo	14
3.7. Postcosecha	14
3.7.1. Apertura del fruto	14
3.7.2. Fermentación.....	15
3.7.3. Secado	18
4. Material y métodos	19
4.1. Localización geográfica.....	19
4.2. Material Vegetal.....	20
4.3. Condicionantes extrínsecos e intrínsecos.....	21
4.3.1. Factores extrínsecos	22

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



4.4. Caracterización	23
4.4.1. Caracteres foliares.....	24
4.4.2. Caracteres florales.....	26
4.4.3. Caracteres del fruto.....	26
4.5. Tratamiento de los datos	30
5. Resultados y discusión	31
5.1. Factores extrínsecos	31
5.1.1. Meteorología	31
5.1.2. Fitopatologías	33
5.2. Factores intrínsecos.....	35
5.2.1. Estado general	35
5.3. Caracterización morfológica	35
5.4. Resultados por caracteres	36
5.4.1. Caracteres foliares.....	36
5.4.2. Caracteres florales.....	40
5.4.3. Caracteres del fruto.....	43
5.5. Clave dicotómica.....	46
6. Conclusiones.....	47
7. Conclusions	48
8. Proyectos interesantes para el futuro	49
9. Referencias bibliográficas	50
10. Anexos	53
10.1. Fichas por accesión.....	53
10.1.1. Accesión TC005	53
10.1.2. Accesión TC008	55
10.1.3. Accesión TC002	57
10.1.4. Accesión TC004	58
10.1.5. Accesión TC003	61
10.1.6. Accesión TC006	64
10.1.7. Accesión C.P	65
10.2. Matrices básicas de datos	66
10.2.1. Matriz básica de datos cualitativos	66
10.2.2. Matriz básica de datos cuantitativos.....	69

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



Título: Caracterización morfológica de las distintas poblaciones de cacao en Canarias.

Autor/a: Alberto Rodríguez Febles.

Tutor/a o Tutores/as: Jorge Alfredo Reyes-Betancort y Domingo José Ríos Mesa.

Palabras clave: Población, descriptores, matriz de datos, clave dicotómica, parámetros foliares.

Resumen

En este trabajo se pretende plasmar las diferencias morfológicas existentes entre las accesiones de cacao (*Theobroma cacao L.*) cultivadas en las Islas Canarias. Estas tienen una historia sumamente reciente y en la actualidad el número de ejemplares introducidos es aún muy pequeño. Para efectuar una caracterización satisfactoria se han tenido en cuenta las muchas variables que puedan alterar las mediciones, así como se ha pretendido la utilización de métodos rigurosos basados en descriptores establecidos por instituciones de referencia. La matriz de datos ha sido posteriormente procesada procurando eliminar los datos con coeficientes de variación más altos y las accesiones con bajo número de ejemplares, todo ello con el fin de garantizar unos resultados fiables. La resolución de estos resultados se puede sintetizar en la existencia de diferencias morfológicas patentes en muchos casos entre la mayoría de las accesiones, empero, otras accesiones pueden tener diferencias mucho más sutiles para caracteres florales o frutales.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



Title: Morphological characterization of the different cocoa populations in the Canaries.

Author: Alberto Rodríguez Febles.

Director/Directors: Jorge Alfredo Reyes-Betancort y Domingo José Ríos Mesa.

Key words: Population, descriptors, data matrix, dichotomous key, leaf parameters.

Abstract

The aim of this work is to show the morphological differences between the accessions of cocoa (*Theobroma cacao L.*) grown in the Canary Islands. These accessions have a very recent history and the number of specimens introduced is still very small. In order to carry out a satisfactory characterization, the many variables that can alter the measurements have been taken into account, as well as the use of rigorous methods based on descriptors established by reference institutions. The data matrix has been further processed by eliminating data with higher coefficients of variation and accessions with low numbers of specimens, in order to ensure reliable results. The resolution of these results can be summarized in the existence of obvious morphological differences in many cases between most of the accessions, but other accessions may have much more subtle differences either for floral or fruit characters.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



1. Introducción

A pesar de ser uno de los alimentos más consumidos en el Viejo Mundo, los propios europeos desconocemos los secretos que entraña el cultivo del cacao. En la actualidad países como Costa de Marfil, Ghana, Indonesia y Brasil acaparan la mayor parte de la producción mundial, desarrollándose siempre los cultivos a latitudes máximas de más o menos 20°. Sin embargo, la aparición de plagas, sequías y las regulaciones de calidad en estas zonas han despertado el interés de los más curiosos, que no temen preguntar: ¿Por qué no cultivar cacao en Canarias? Y, ciertamente, no se pueden tachar de insensatas sus preguntas ni de concluyentes las respuestas que uno cree tener. La verdad es que, hasta el momento, todo lo que se sabe de la adaptación de esta especie a las variables condiciones edafoclimáticas del archipiélago es realmente insignificante.

Es por ello que urge la necesidad de investigar si realmente el cultivo del cacao en Canarias es viable en las condiciones locales, instaurándose como una pieza más para una diversificación agrícola que permita crear un modelo multifuncional donde el propósito que se le da a la tierra no sea simplemente el de producir.

Es con esta motivación que nace el proyecto CAIA Café-Cacao bajo la iniciativa del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA), en diciembre del año 2023, de la mano de grandes profesionales, que, tras años de formación, deciden que es el momento de pasar a la acción, tanto en lo concerniente al café como al cacao.

Es para ese entonces que se establece como objetivo general el realizar un diagnóstico del panorama actual del cultivo del cacao, además de estudiar posibles interrelaciones de este con el café.

Asimismo, se busca la diversificación de los cultivos en las islas, sobre todo confiriéndole a los pequeños agricultores una alternativa que les pueda ser rentable.

Con el firme propósito de cumplir con estos objetivos se han establecido ya ciertas acciones a nivel interinsular para analizar la adaptación del cacao a la diversidad de climas y suelos de Canarias. Es por ello que se ha contactado con los respectivos cabildos de cada isla para poder desarrollar pruebas de adaptación, siendo de esta manera que, actualmente, el cacao se encuentra plantado en mayor o menor medida en la totalidad de las islas centro-occidentales.

Junto con todo esto, también se busca el cumplimiento de ciertas metas, como todo lo relacionado al procesamiento del producto desde el grano al chocolate, trabajo sumamente complicado que se está estudiando en estos momentos, tanto para poder realizar un tratamiento adecuado y de calidad para el producto, como para tener la capacidad de hacer este proceso más reproducible y eficiente.

De la misma manera otros objetivos que se han planteado son la ejecución de jornadas técnicas en las que se pueda tener contacto con expertos y demás trabajadores del sector primario, así como la diligencia de convenios con otras empresas con campos de investigación destinados al cacao. Actualmente parece que la resolución de estos propósitos se dirige a buen puerto, prueba de ello son las jornadas Café-Cacao del 18 de abril de 2024, que se pueden definir como un punto de partida necesario para la consecución de los objetivos de este proyecto. Se contó en estas jornadas además con Genaro Agudelo, especialista reconocido e investigador de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.

Es por todo ello que surge nuestro interés por este Trabajo de Fin de Grado. Una de las preguntas recurrentes que habitualmente se hace en estos contextos es: ¿Qué variedad es la más apropiada para la adaptación? Pues bien, ha de formularse otra cuestión antes que esa: ¿Cómo saber con qué variedad se está tratando? Y es que resulta imprescindible para el



agricultor saber el árbol que siembra en sus fincas y para el científico el origen del material con el que investiga.

Es precisamente eso lo que se persigue en este trabajo, saber las características que definen a las principales poblaciones conocidas de Canarias.

Antes de continuar nos gustaría dirigirnos a todos los futuros investigadores, estudiantes, agricultores..., gente que crea genuinamente en este proyecto, en un futuro sostenible para estas islas. Esperamos con ansias a los muchos que vengan detrás para poder descubrir, juntos, todo lo que se esconde en este mar de incertidumbre.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



2. Objetivos

2.1. Objetivo principal

- Llevar a cabo una caracterización morfológica de las accesiones de cacao cultivadas en el ICIA.

2.2. Objetivos secundarios

- Evaluar si existe influencia de factores extrínsecos e intrínsecos en la caracterización morfológica del cacao.
- Establecer una metodología que permita diferenciar las variedades de cacao plantadas en Canarias.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



3. Revisión bibliográfica

3.1. Origen

El árbol del cacao se origina en las densas selvas del Amazonas, posiblemente lindante a las cuencas del río homónimo (Fouet et al., 2022; Lanaud et al., 2024). De aquí se dispersa a los diferentes rincones, a pesar de que no existen pruebas tajantes, se cree que el cacao emigró por la acción de pequeños roedores, monos y murciélagos que lo dispersaron por Centroamérica y el resto de Sudamérica, así como por medio de los seres humanos. El proceso de selección antrópica trajo como consecuencia que se crearan dos grupos de cualidades organolépticas distintas, tales como son el cacao Forastero y el Criollo. El primero presenta ciertas notas más astringentes, esto puede deberse a que las sociedades amazónicas no tomaban más que su pulpa, la cual fermentaban para crear una bebida alcohólica. El cacao Criollo, por otra parte, posee unas características excepcionales, y es que los antiguos aztecas y mayas tenían el beber chocolate como un ritual sagrado (Figura 1 y Figura 2), triturrándolo en un metate con brasas debajo, además se le añadían achiotes y se diluía en agua, todo ello para dar la sensación de que estaban bebiendo sangre. De esta manera y con el cuidado que se le daba al grano, escogiendo aquellos que tuvieran menor punto de amargor, hoy el Criollo es considerado una delicia para los expertos del mundo del cacao (Arqueología Mexicana, 2022; Bueno, 2024).

Se cree que la etimología de la palabra “cacao” sienta sus raíces en las lenguas mixe-zoqueanas habladas en el istmo de Tehuantepec, el occidente de Chiapas y la Sierra de Juárez, de ahí se dispersó por el resto de Centroamérica siendo adquirida por la cultura maya, que la legó posteriormente a los españoles (Kaufman & Justeson, 2008).



Figura 1. Nativos Americanos preparando Cacao (Ochoa, 2023).



Más al sur, en la actual Honduras, los indios poya daban una gran trascendencia al cacao, es así que ellos tenían como costumbre que la madre del novio le llevara cierta cantidad de cacao a sus conuegros, ellos debían decidir si aceptar o declinar la oferta, en caso afirmativo los granos se tomaban en la fiesta previa a la boda. Aún en la actualidad se conserva esta tradición y, para los lacandones, en México, la novia ha de aportar cinco granos de cacao en el casamiento y el novio la misma cantidad, y una falda (Molera Teruel, 2024).



Figura 2. Los dioses crean el cacao (Molera Teruel, 2024).

La posterior llegada del cultivo a Europa se produjo de la mano de los españoles (en 1519 Hernán Cortés arribaba a México). Los españoles habían adoptado para aquel entonces la costumbre de beber chocolate como los aztecas, pero le añadían azúcar. En la segunda carta que Hernán Cortés envió a Carlos V en octubre de 1520 comentaba como los locales utilizaban los granos como moneda.

En 1528, Cortés volvió a España con un cargamento de cacao, junto con las recetas y utensilios necesarios para su preparación. Las vainas de cacao eran fermentadas, secadas al sol, tostadas y prensadas entre dos piedras calientes hasta obtener una pasta aromática que se moldeaba en barras o panes; luego se les añadía agua, azúcar o miel, y especias. El cacao se consideraba en aquel entonces un medicamento, un reconstituyente e incluso un afrodisíaco. Con el tiempo, las recetas mejoraron, y el chocolate podía consumirse como alimento o bebida (Fischer, 2023).

Durante mucho tiempo, el chocolate fue exclusivo de España y estaba reservado para las clases sociales altas. Sin embargo, el contrabando, los visitantes de la corte española y las capturas de barcos que regresaban de México fueron algunos de los factores que permitieron que el cacao se difundiera a otros países (El Rincón del Chocolate, 2024) Y es que los propios españoles implantaron estos árboles en Oceanía y zonas de África occidental, donde muchos años más tarde sus cultivos se fueron extendiendo hasta ser el continente africano el mayor responsable de la producción mundial (FAO, 2022; European Cocoa Association [ECA], 2024).



3.2. Mercado

El mercado es un mundo que está en constante metamorfosis, ejemplo de ello es el aumento de precios repentino que ha experimentado el cacao en los últimos meses del año 2024, subiendo el kg desde 4,04 € en enero a 9,08 € en abril (Figura 3) (Indexmundi, 2024). Aun así, estas cifras son en sí mismas inconstantes, y es que, la entrada de nuevas enfermedades, como el virus de los brotes hinchados, parece estar azotando a los principales productores globales, por lo que seguramente se vaya a producir una escalada sin parangón en los precios durante el año que viene (20minutos, 2024).



Figura 3. Índice de la evolución de los precios del cacao (Indexmundi, 2024).

En lo referente a la producción, según datos de la FAO (2022), también ha aumentado durante los últimos años fruto de una creciente demanda; el 2022 se cerró con una cosecha de poco más de 5.700.000 toneladas. Los responsables de estas cifras son principalmente el continente africano, que acapara más de 2/3 de la producción mundial, una cifra insólita, Asia con un 16% de la producción y, cerrando el podio, América con un 15% (Figura 4). Si se habla específicamente de los países productores aparecerá Costa de Marfil como el número 1, seguido por Ghana e Indonesia. El principal productor americano surge en el número 5 y es Brasil (Figura 5).

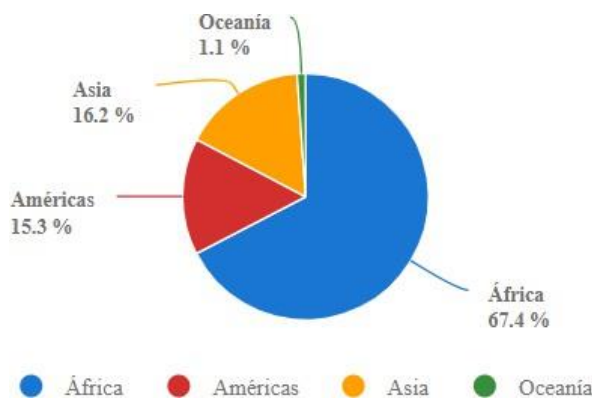


Figura 4. Producción de granos de cacao por región (FAO, 2022).

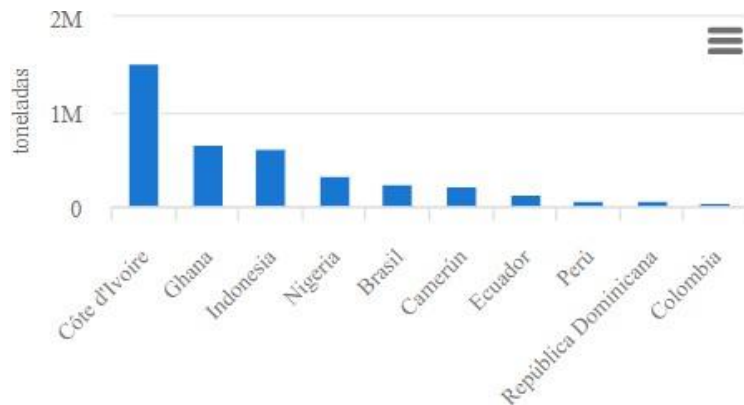


Figura 5. Producción de granos de cacao por país (FAO, 2022).

3.3. Taxonomía

La primera descripción de esta especie es por parte de Carl von Linné (Linneo) en el año 1753 en su obra magna “Species Plantarum”; es en la página 782 del 2º Volumen donde describe *Theobroma cacao*, destacando sus hojas enteras, así como definiendo su distribución geográfica en la zona de América meridional (Sudamérica) y las Antillas (Linné, 1753). Se cree que Linneo utiliza el nombre *Theobroma* para referirse al “alimento de los dioses” siendo en griego “Theo” la palabra para dios (León, 2000).

Desde entonces su clasificación taxonómica no parece haber cambiado conformándose de la siguiente manera según Ruggiero et al. (2015) (Tabla 1).

Tabla 1. Taxonomía del cacao.

TAXONOMÍA	
REINO	<i>Plantae</i>
SUBREINO	<i>Tracheobionta</i>
DIVISIÓN	<i>Tracheophyta</i>
CLASE	<i>Magnoliopsida</i>
ORDEN	<i>Malvales</i>
FAMILIA	<i>Malvaceae</i>
SUBFAMILIA	<i>Byttnerioideae</i>
GÉNERO	<i>Theobroma</i>
ESPECIE	<i>Theobroma cacao</i> L.



3.4. Morfología

A pesar de que más adelante se ahondarán las diferencias patentes entre poblaciones canarias, se considera pertinente hacer previamente una descripción morfológica general la especie:



Figura 6. Árbol de cacao (Aroche, 2021).

3.4.1. Raíces

El tamaño de la raíz es un factor muy cambiante en función del tipo de suelo, riegos y su periodicidad, pH, conductividad... No obstante, si es cierto que siempre se encuentra una raíz principal pivotante que los primeros años de crecimiento se adentra entre 70 – 80 cm, pero que pasados los 10 años alcanza los 0,8 – 1,5m y cumple la mera función de sostén, por otro lado, la verdadera acción ocurre en las raíces secundarias y adventicias, estas normalmente no sobrepasan los 30 cm, pero es aquí donde se absorben la mayor parte de los nutrientes, así como el agua (Bradeau, 1970; León, 2000). Es interesante estudiar la influencia que han de tener las micorrizas en el desarrollo de las plantas, estudios similares ya se han llevado a cabo en Ecuador con micorrizas arbusculares y *Trichoderma spp.* (Lucas León, 2016).

3.4.2. Tronco

El cacao es una especie cauliflora, es decir, que las flores y por tanto los frutos se desarrollan en el tronco (Figura 6), sobre todo en el principal. Es por ello que, si se busca una buena producción, se ha de entender primeramente el hábito de crecimiento referente a este árbol. Y es que se considera el tronco principal como ortótropo pues su crecimiento es vertical, asimismo según va creciendo van disponiéndose las hojas de forma alterna en una filotaxis de 3/8. Este crecimiento vertical ocurre hasta que el árbol alcanza una altura aproximada de 80 a 100 cm (Bradeau marca esta altura en 150 cm), es en este momento que se forma una corona de 5 yemas axilares verticiladas y la yema terminal desaparece. Estas yemas axilares, normalmente plagiótropas, se convierten en ramas secundarias con filotaxis 1/2, no obstante, esto no establece el límite en la altura del cacao, ya que, en algunos casos, alguna de estas yemas de la corona o incluso alguna de las que se desarrolla en las axilas foliares puede sufrir un crecimiento ortótropo lo que aumenta aún más el porte vertical en distintos “niveles” (Bradeau, 1970; León, 2000).

3.4.3. Hojas



Las hojas son muy variables por lo que muchas de sus características se han seleccionado como descriptores. Aun así, las hojas se disponen de forma alterna y son de color verde oscuro tanto en haz como en el envés (a menos que muestren clorosis), presentan nervadura pinnatinervia, tendencia decumbente y una forma ovado-lanceolada, aunque difiere entre variedades. La textura varía desde cartácea hasta coriácea. El limbo tiene una longitud variable siendo su tamaño inversamente proporcional a la cantidad de luz que incide sobre él. El peciolo tiene una longitud en torno a 2 - 3 cm y de color verde, aunque, de nuevo, esto puede no ser así en todas las variedades (Bradeau, 1970).

El asunto cambia cuando se habla de brotes jóvenes, estos en ocasiones presentan compuestos antocianicos que le otorgan una pigmentación rojiza, el tono de esta coloración también se puede ser distintivo de la variedad que se está tratando (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales [UPOV], 2011).

3.4.4. Flores

Las flores son hermafroditas, por lo que poseen órganos masculinos (estambres) y femeninos (pistilo) en la misma flor.

La flor es pentámera (cinco pétalos y cinco sépalos) y posee simetría actinomorfa. Los sépalos, de color blanco o rosa claro (a veces verdosos), miden de 5 a 8 mm de largo y 1,5 a 2 mm de ancho, son angostamente lanceolados, persistentes y están fusionados en la base. Los pétalos, libres y de color amarillento con dos (o tres) nervios violetas en su interior, son más largos que los sépalos, midiendo de 6 a 9 mm de largo; son glabros, con la base muy estrecha pero que se ensancha y se recurva, se hace cóncavo para formar un pequeño capuchón (cogulla), a continuación, se estrecha hacia el ápice para terminar en una lígula (punta expandida) (Bradeau, 1970). El androceo está formado por 10 filamentos fusionados en la base formando un tubo; cinco de ellos son fértiles (estambres), miden 2,5—3 mm de largo y se disponen frente a los pétalos, alternándose con cinco filamentos no fértiles (estaminodios), violetas de 6,5-7,5 mm de largo (Figura 7).

El gineceo es súpero mide de 2 a 3 mm de largo, tiene una forma angulosa-ovada, ligeramente pentagonal y con 5 carpelos. Los óvulos se organizan en dos filas, con 6 a 12 (hasta 16) óvulos por cada fila. El pedúnculo o pedicelo floral tiene una longitud de 1 a 3 cm y un diámetro de (5—)10—20 mm (Dostert et al., 2011).

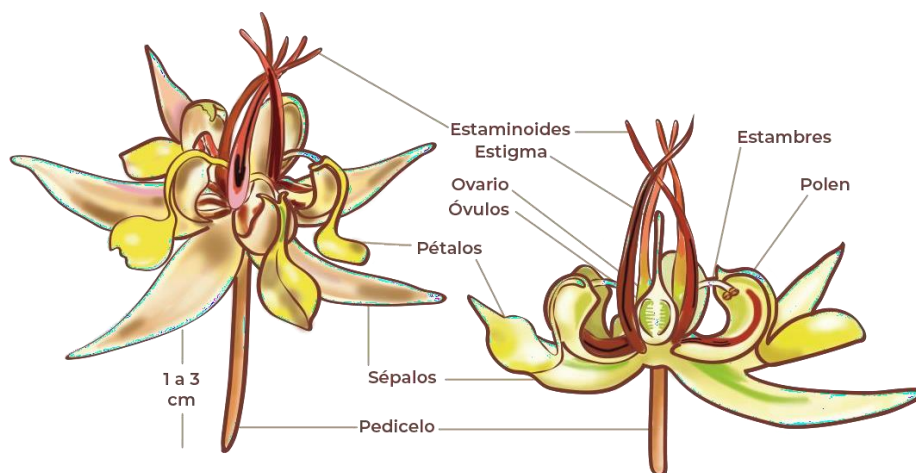


Figura 7. Morfología de la flor del cacao (Casa Universitaria Cacao y Chocolate & Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2023).



La floración del cacao se entiende sobre todo como abundante, de 250 a 500 flores que pueden ocupar los troncos del árbol agrupándose en cojines florales de aproximadamente 20 flores, de todas ellas tan solo un 20% consiguen fecundarse para producir frutos (Ríos-Moyano et al., 2019). El proceso que se esconde detrás de estas irregularidades es cuanto menos intrigante. Es vital por tanto distinguir las dos principales razones por las que la tasa de fructificación es tan baja:

Una de las peculiaridades que ocurre en este cultivo es la existencia de incompatibilidades, esto sucede entre ejemplares de la misma variedad que son incapaces de polinizarse los unos a los otros, ello se conoce como variedades autoincompatibles y pueden presentar tanto una incompatibilidad absoluta, como se manifiesta en ciertas variedades plantadas en Canarias, o interincompatibilidad, que solamente imposibilita la fecundación entre flores del mismo ejemplar. La base de esta incompatibilidad reside en un fallo que se produce entre los gametos femenino y masculino, que llevan el mismo alelo de incompatibilidad dominante para fusionarse (Glendinning, 1972). Explicado de forma más pragmática, en caso de colocarse en una explotación una única variedad autoincompatible, esta no será capaz de fructificar precisando de árboles de otras variedades (autoincompatibles o compatibles) para lograr dicho propósito.

Por otro lado, la escasa tasa de fructificación también se justifica por los altos niveles de aborto. El motivo de esta interrupción puede ser tremendamente variable, dependiendo una floración exitosa de las condiciones de temperatura y agua adecuadas, además las horas de sol o incluso la cantidad de frutos que contiene el árbol, ya que, cuando este es muy alto, el árbol parece tener cierto mecanismo de regulación para priorizar unos antes que otros (Bradeau, 1970).

3.4.5. Frutos

Como ya se ha mencionado anteriormente cada planta puede dar, en condiciones óptimas, de 40 a 50 frutos por cosecha, definiéndose dos periodos de recogida de frutos: una cosecha principal y una secundaria. El tiempo no productivo se dedica a las labores de mantenimiento y poda del árbol (normalmente en temporadas invernales) (Figura 8) (Daymond et al., 2023).

Cuadro 10. Principales temporadas de producción de cacao (**Marrón** = cosecha principal, **gris** = cosecha secundaria, **amarillo** = inicio de la floración, **verde**= desbroce y poda)

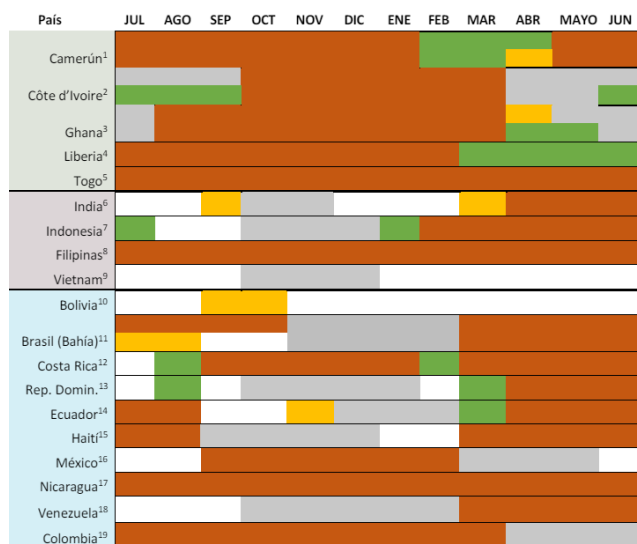


Figura 8. Diferentes tiempos de cosecha alrededor del mundo (Daymond et al., 2023).



A nivel morfológico los frutos son variables incluso entre árboles de la misma variedad puesto que la hibridación se observa con bastante frecuencia. Generalmente se puede entender el fruto como de forma ovalada (redondo o amelonado para algunos grupos que reciben ese nombre) con un pericarpo y epicarpo de textura pétrea y asurcados externamente. La paleta cromática puede moverse desde el verde hasta el rojo pasando por colores amarillos o purpúreos. En el interior se encuentran las semillas rodeadas por un mucílago a primera vista baboso que ha de fermentarse y consumirse para poder producir los granos de cacao que se procesan habitualmente (Bradeau, 1970).

Se precisa de mucho conocimiento para saber cuándo se ha de recoger el fruto, pues el tiempo de formación del fruto puede oscilar entre los 180 y 200 días y los márgenes de cosecha son sumamente estrechos, con lapsos de ± 10 días donde se puede marcar la diferencia entre un buen fruto y uno que todavía no ha desarrollado el mucílago o que, en caso contrario, sus semillas pueden haber germinado dentro del mismo (Figura 9) (Daymond et al., 2023).



Figura 9. Fruto recogido en el ICIA con las semillas germinadas en el interior.

3.5. Grupos del cacao

El cacao es un cultivo que toca un amplio espectro de sabores y olores. La raíz de esta palatabilidad tan variable reside en la multitud de variedades que se cultivan, algunas de ellas adaptadas a climas más tropicales y otras con mayor resistencia ante las enfermedades. Un estudio genético relativamente reciente usando marcadores SSR permitió una precisa clasificación de 10 grupos genéticos (Motamayor et al., 2008). No obstante, como la diversidad entre cacaos puede resultar abrumadora, normalmente se tiende a encasillar a todos en tres grupos:

3.5.1. Criollo

En la antigüedad se trataba de la variedad utilizada por los aztecas para consumo, sin embargo, en la actualidad se encuentra casi en desaparición, recluida en ciertas zonas de Centroamérica.

Se caracteriza por tener unas mazorcas con pericarpos marcadamente rugosos y a la vez de textura suave a la hora de cortarlos, su color es rojo o verde antes de la madurez, y su punta es muy aguda (Figura 10).



Los granos son casi redondos y sus cotiledones de color blanco, estos granos tienen menores tiempos de fermentación que otras variedades.

Ya si se habla del árbol este presenta unas flores diferenciadas por sus estaminodios con menor pigmentación antocianica que la observada en otras variedades (Bradeau, 1970).

En lo referente a su calidad organoléptica los expertos la definen como excelente (Arqueología Mexicana, 2022).

3.5.2. Forastero

Es el grupo por excelencia en los principales países productores. Su origen en este caso se remonta a las zonas altas de la selva amazónica, de ahí que en muchas ocasiones se refieran a ellos como cacaos amazónicos.

Morfológicamente se distinguen por unos frutos de apariencia más amelonada en general, con menor presencia de surcos y normalmente una superficie casi lisa y de textura consistente. Es de color verde en su etapa de desarrollo, alcanzando pigmentaciones naranjas o amarillas en la madurez (Figura 10).

Sus granos tienen una forma aplastada y los cotiledones tintes violáceos.

A nivel arbóreo se han de observar sus flores, en donde los estaminodios han de presentar unos mayores niveles de antocianina que le atribuyen colores más oscuros (Bradeau, 1970).

Su sabor tiene habitualmente unas mayores notas de amargor y su calidad en suma es peor a la del grupo Criollo, aunque su producción es más sencilla debido a la menor susceptibilidad a enfermedades con respecto a esta última.

3.5.3. Trinitario

Antes de hablar de ella como una variedad en si misma se ha de entender que su origen es en realidad híbrido. Y es que, en el siglo XVIII la destrucción de los cacaos Criollos cultivados en la isla de Trinidad (actual Trinidad y Tobago) propició la inserción de nuevas variedades provenientes de los altos amazónicos, es decir, Forasteras. De esta manera, los cacaos que habían sobrevivido al ciclón se fueron mezclando con los recientemente introducidos, lo que en definitiva causó la hibridación en los ejemplares allí presentes, estas plantas más adelante se exportaron a Venezuela, y con el paso de los años se manifiestan en más partes del mundo (Bradeau, 1970).

Los Trinitario no poseen unas características realmente definitorias y se han establecido infinidad de cultivares de morfologías distintas como ICS, IMC o FSV entre muchos otros (Figura 10) (Evert, Lastra & Zavaleta, 2022).



Figura 10. Los tres grupos del cacao (Carvalho, 2020).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



3.6. Requerimientos edafoclimáticos

3.6.1. Temperatura

Como en todo cultivo se trata de un factor de enorme relevancia. Las condiciones de temperatura requeridas son un condicionante complejo ya que cambia en función de la época del año, la variedad cultivada o por alteraciones de las otras variables climáticas.

En general se precisa de unas temperaturas anuales óptimas de 25°C, siendo algo mayores (27-29°C) en épocas de brotación foliar. Asimismo, se recomienda no bajar de los 18-21°C de media anual, y en caso de las medias diarias no estar por debajo de 15°C. Los daños por calor se empiezan a producir por encima de 32°C, sugiriéndose no sobrepasar temperaturas de 30-32°C (Bradeau, 1970; Daymond et al., 2023).

3.6.2. Humedad

De la misma manera que ocurre con la temperatura la humedad óptima se ve influenciada por otros factores climáticos, así como por la posible presencia de enfermedades criptogámicas en la zona. En general cuando la planta dispone de poca agua en el suelo se recomienda aumentar la HR a fin de reducir la evapotranspiración. Por establecer una cifra se podrían recomendar humedades de hasta el 100% durante el día y de 70 a 80% de noche (Bradeau, 1970; Daymond et al., 2023).

3.6.3. Viento

El cacao es un cultivo en extremo sensible al viento produciéndose muy frecuentemente defoliaciones si se cultiva en zonas sin protección frente a él. Se establece que este puede empezar a ser perjudicial a partir de los 14-15 km/h (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola [FHIA], 2015). Esto en sí mismo resulta un gran condicionante para el cultivo en muchas zonas de Canarias como por ejemplo en Frontera, en El Hierro, donde el constante azote de los vientos hace imperativa su implantación en invernaderos.

3.6.4. Agua

Se trata de un aspecto muy relativo que realmente no se puede tratar sin entender la relación que guarda con el suelo. De ahí que, a pesar de que la media se establezca en unos 1500 – 2000 mm por planta/año como mínimo, esto puede cambiar en función del tipo de suelo y su capacidad de retención de agua o de las temperaturas y consecuentemente la evapotranspiración del cultivo.

Lo mismo ocurre con la frecuencia de riegos, en general, se establece que el cacao puede soportar estaciones secas de hasta 3 meses, sin embargo, en el valle del Sambirano en Madagascar hay épocas de sequía de hasta 7 meses y su pluviometría no supera los 400 mm anuales, y es que, en estas zonas el cultivo del cacao es posible gracias a la presencia de tierras arenosas muy permeables que permiten la subida del agua desde una capa freática que nunca desciende de los 4 m (Bradeau, 1970; Daymond et al., 2023).

3.6.5. Sombra

Es uno de los factores más limitantes y que muchas veces se puede llegar a preterir en las explotaciones de cacao. No se debe olvidar que este cultivo esconde un origen en las selvas del Amazonas, donde crecía bajo el amparo de grandes árboles que le aportaban cierta sombra. Esta necesidad de filtrar la luz del cacao llega hasta la actualidad.

Los porcentajes de luz requerida son muy distintos dependiendo de la zona geográfica, la edad del espécimen y la aportación de minerales. Realmente la sombra juega un papel más protector que productivo, y es que en zonas donde el aporte de nutrientes es el ideal y los árboles están en un pleno desarrollo los rendimientos siempre serán mayores con una exposición total de luz que con sombra. Esto se ha demostrado en plantaciones de Costa de



Marfil, el problema es que este equilibrio es relativamente frágil y algún déficit nutritivo o un desarrollo inadecuado sumado a unas altas temperaturas pueden ser catastróficos.

Ahondando más profundamente en el tema de la sombra este es un concepto que entraña cierta variabilidad, ejemplo de ello es que la sombra en la copa de un árbol siempre será menor que la recibe la parte baja del mismo, esto se conoce como autosombreado y permite saber en muchos casos si la clorosis que se manifiesta en las plantaciones es consecuencia de algún nutriente o de un exceso de luz. Aun así, estos conceptos están estrechamente interconectados, puesto que, uno de los desencadenantes que conlleva a la “intoxicación por luz” del cacao es una mala nutrición (Bradeau, 1970).

Es por ello, que no se pueden establecer unas normas generales para la necesidad de sombreado de esta especie sin saber previamente la fertilización que esta requiere o su madurez. A pesar de ello, si se intentan establecer unas medias generales se podría hablar de un 50% a un 75% de sombra en plantaciones jóvenes y una sombra de un 50% en plantaciones adultas (Bradeau, 1970). Se establece que el rango de tolerancia del cacao es de unos 4500 Wh/m² (Jaimes Suárez, 2021).

3.6.6. Suelo

Las necesidades edáficas en este caso son las que tienen casi todos los cultivos en general, aunque, tal y como se comentaba anteriormente, los factores edáficos guardan gran relación con los hídricos por lo que las propiedades descritas consecuentemente no son en absoluto definitivas.

a. Propiedades físicas

Se recomiendan suelos que permitan una correcta aireación y a la vez consigan retener agua, lo más cercano que pueda relacionar estas categorías antagónicas son los suelos francos. También es importante tener una capa freática por debajo de 1,5 m que garantice un correcto desarrollo radicular, baja presencia de gravas que permitan una estructura estable y la penetración de las raíces (Bradeau, 1970).

b. Propiedades químicas

El pH debiera ser ligeramente ácido entre 6 y 7 unidades. Niveles de materia orgánica superiores al 3,5% siempre serán beneficiosos. Las necesidades minerales también varían en función de la variedad y su capacidad de absorción, normalmente se establece, a nivel foliar, una relación 10-1-10 de NPK, para los micronutrientes se asienta el mínimo en 0,4% de Ca, 0,45% de Mg, 150 ppm de Fe, 145-175 ppm de B y 20 ppm de Cu (Bradeau, 1970; Valenzuela Arango et al., 2014).

3.7. Postcosecha

Como todo cultivo el cacao requiere de un proceso de postcosecha, donde las labores variarán en función de si se busca crear chocolate o semillas para la propagación*. Para la resolución de este primer objetivo se puede resumir todo el proceso en tres pasos:

*En caso de que se quiera plantar las semillas se podrá evitar todo lo explicado a continuación, se podrán plantar tanto con mucílago como sin él.

3.7.1. Apertura del fruto

El momento de recogida del fruto ha de ser sumamente preciso, los expertos utilizan distintos trucos para poder saber el punto óptimo tales como los sutiles cambios de color o un sonido hueco característico. Después de la recogida, las mazorcas se pueden conservar durante varios días sin abrir gracias a su condición de fruto no climatérico, no obstante, la degradación de los carbohidratos y demás sustancias pueden hacernos perder calidad en el producto final por lo



que una apertura temprana siempre será más recomendable (Promotora de Comercio Exterior [Procomer], 2024).

A la hora de abrir el fruto se puede ejecutar de varias maneras, por ejemplo, en los países de Latinoamérica, se coloca un machete boca arriba entre planchas de madera y se le da un golpe seco a la mazorca. Para el caso de Canarias, más concretamente practicado en el ICIA, se lleva a cabo la apertura con un cuchillo procurando eliminar primero los extremos y después haciendo dos incisiones que permitan retirar parte de la cáscara (Figura 11).



Figura 11. Fruto de una de las poblaciones cosechado en Canarias.

3.7.2. Fermentación

Se trata del momento más significativo de la postcosecha, la fermentación acarrea consigo todo un proceso de muchos pasos.

a. La ciencia de la fermentación del cacao

3.7.2.a.1 Fase Anaeróbica

Durante este proceso lo que se busca es la transformación del mucílago a fase líquida mediante la sudoración de este, esto permitirá que el flujo de aire externo pase por los granos.

Este procedimiento al final se resume en una despectinificación por lo que se puede hacer uso de algunas pectinas externas o de agentes fomentadores en la producción de pectinas para acelerar el proceso de sudoración y por tanto la fermentación.

Los principales actores en esta fase son las levaduras (Figura 12) que se encargan principalmente de sintetizar el etanol a partir de los carbohidratos (principalmente glucosa). Esta producción de etanol traerá consigo un aumento de la temperatura hasta los 40°C en las primeras 24h. Además del etanol las levaduras también se encargan de producir ácido acético, que tiene un efecto mejorante en el resultado final de los granos.

Las levaduras más importantes que desempeñan esta fase son *Hanseniaspora opuntiae* Čadež, Poot, Raspor & M.Th. Smith y, en algunos casos, *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. Hansen.



Como consecuencia de la transformación del mucílago está empezando a entrar aire, además el pH también aumenta, todo esto favorece la aparición de bacterias ácido-acéticas entre 24 y 72h después del inicio, comenzando entonces estas bacterias a oxidar el etanol presente. Ello subirá aún más la temperatura (hasta 45°C), lo que, sumado al aumento del pH hará descender las poblaciones de levaduras (Schwan & Wheals, 2010; De Vuyst & Weckx, 2016).

3.7.2.a.2 Fase Microaeróbica

Las condiciones creadas en el paso anterior han permitido la proliferación de bacterias ácido-acéticas y de ácido láctico (Figura 12).

Estas últimas (destacan *Leuconostoc pseudomesenteroides* Farrow et al., *Fructobacillus pseudoficulneus* (Chambel et al.) Endo & Okada, *Fructobacillus tropeaeoli* Endo et al., *Lactobacillus cacaonum* De Bruyne et al., *Lactobacillus fabifermentans* De Bruyne et al. y *Lactobacillus plantarum* (Orla-Jensen) Bergey et al.) parecen jugar un rol como reguladoras del pH, del crecimiento de bacterias, es por ello que no se define su papel como crucial en la fermentación ya que no aporta de forma directa ninguna cualidad organoléptica al producto final (De Vuyst & Weckx, 2016).

3.7.2.a.3 Fase Aeróbica

Se entra en la última fase de la fermentación, es la etapa en la que dominan las bacterias ácido-acéticas (Figura 12), entre ellas destaca *Acetobacter pasteurianus* (Hansen) Beijerinck & Folpmers, cuyo propósito es el de oxidar tanto el etanol como el ácido láctico. Se debe evitar la presencia de *Gluconobacter*, pues ello puede indicar un proceso de fermentación inadecuado ya que estas oxidan la glucosa en ácido glucónico, cosa que no debería ocurrir pues para este momento ya no ha de quedar glucosa.

De nuevo esta oxidación produce un mayor aumento de la temperatura, alcanzando entre los 45 y 50°C, resultando en la muerte de todos los microorganismos (Schwan & Wheals, 2010; De Vuyst & Weckx, 2016).

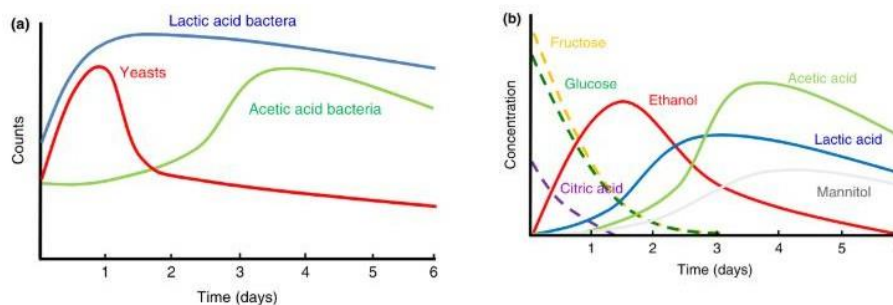


Figura 12. Gráfica de evolución de los agentes implicados durante la fermentación (De Vuyst & Weckx, 2016).

b. Método Tradicional

Realmente no existe un único método universal, y es que los grandes países productores utilizan una conjunción de distintos procesos para fermentar el cacao.

Por un lado, los países africanos están más familiarizados con la **fermentación en montones** (Figura 13), para ello, ubican los granos apilados sobre hojas de platanera que posteriormente cierran y dejan cubriendo por completo las semillas, se hacen volteos del grano diariamente y pasados unos 5-6 días el producto ya estará fermentado (Lambert, 2007; Daymond et al., 2023).



Figura 13. Granos listos para fermentarse con hojas de platanera (Lambert, 2007).

Los países del Nuevo Mundo sin embargo son más partidarios de fermentar el producto en cajas o canastos que cierran por completo (Figura 14), por debajo las cestas tienen pequeñas rendijas que permitan la eliminación del mucílago a través de ella, aquí también se aplica el volteo, aunque después de las primeras 48h sin movimiento (Torres Guizado et al., 2016).



Figura 14. Fermentación en canastos. Adaptado de “Aprende sobre la fermentación y secado de cacao” [Video], de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2017, Youtube. (<https://www.youtube.com/watch?v=Yw7FRyJ4RUK>).



3.7.3. Secado

Es la fase final de la postcosecha del cacao, a partir de aquí el cultivo se puede vender a los distribuidores que lo tostarán y convertirán en chocolate o nibs.

Es un trabajo relativamente sencillo, y la metodología es bastante homogénea a nivel mundial. Los granos se dejan secando al sol sobre planchas (Figura 15) (o cañas de bambú en ciertas zonas de África) y se espera hasta que alcancen un contenido de agua del 7%, el tiempo de secado es inconstante, aunque se establece el mínimo en 48 h (Torres Guizado et al., 2016; Daymond et al., 2023).



Figura 15. Secado de granos en Indonesia (Daymond et al., 2023).



4. Material y métodos

Si bien este Trabajo de Fin de Grado pretende esclarecer las posibles diferencias morfológicas entre todas las accesiones cultivadas en Canarias lo cierto es que este escenario ha quedado condicionado por dos factores.

Por un lado, la situación geográfica dificultó en sobremanera la prospección de variedades plantadas en otras islas y la recolección de sus muestras; en defensa de las posibles detracciones que esto pueda causar también se ha de aclarar que las variedades conocidas no plantadas en la colección de cacao del ICIA (Tenerife) tan solo son dos localizadas en El Hierro: EH1 y EH2; además, por el momento solo existe un ejemplar de cada una de ellas por lo que la caracterización hubiese resultado cuanto menos imprecisa.

Otro punto importante es que, lo que hasta este momento se ha entendido por variedades, en realidad no se puede definir estrictamente como tal, y es que, los cacaoteros de segunda generación presentes en la explotación se han propagado por semilla, lo que, entre la diversidad fenológica que ello conlleva y la situación elemental de la explotación, que no sobrepasa los 80 ejemplares; complica en extremo unas mediciones uniformes. Además, muchas de las plantas de primera generación tienen un origen enigmático. Es por todo ello, que, para ser fieles a la realidad, se llamará de aquí en adelante a las accesiones “poblaciones”, su denominación correcta.

4.1. Localización geográfica

Para el estudio de los ejemplares se ha escogido la colección de cacaos plantadas en la Finca Pajalillos, en la localidad de Valle de Guerra, inscrita en el término municipal de San Cristóbal de La Laguna (Figura 16). Dicha decisión vino motivada por la ausencia de explotaciones cacaoteras en Canarias con semejante estado de desarrollo, de la misma manera, si se desean lograr resultados más homogéneos es casi imperativo que la toma de muestras se realice toda en la misma ubicación. Estas instalaciones se recogen bajo la competencia del ICIA, al cual se le agradece por facilitar el seguimiento y la obtención de muestras.



Figura 16. Finca de Pajalillos.

Coordenadas UTM: 364.279,11- 3.156.600,20; Altura: 104 m s.n.m (GRAFCAN, 2024).



4.2. Material Vegetal

Se sometieron a estudio las siete poblaciones que se encuentran en Pajalillos. Recientemente se ha introducido EH1 proveniente de El Hierro, aunque su escaso estado de desarrollo no la hace válida para las mediciones. Por tanto, se analizaron 7 accesiones, el número de ejemplares de cada entrada es variable, aunque se estableció el mínimo en 5 y el máximo en 10.

Para cada árbol de cada población estudiada se han hecho observaciones en visitas semanales a lo largo de los cinco meses de estudio (20 visitas). Aun así, la mayoría de los descriptores se han examinado durante el mes de mayo de 2024.

Por tanto, las accesiones examinadas en este trabajo quedan encasilladas de la forma siguiente según su disposición en la parcela (se ha decidido incluir en este apartado la generación relativa a cada ejemplar, F₁ y F₂, pues se considera trascendental incidir en este aspecto ya que influye sustancialmente en los posteriores resultados).

Tabla 2: Accesiones estudiadas para la caracterización morfológica.

Accesión	Ejemplar	Generación
TC005	TC005-1	F ₁
	TC005-2	F ₁
	TC005-3	F ₂
	TC005-4	F ₁
	TC005-5	F ₂
TC008	TC008-1	F ₁
	TC008-2	F ₁
	TC008-4	F ₁
	TC008-7	F ₁
	TC008-8	F ₁
	TC008-10	F ₁
	TC008-12	F ₁
	TC008-13	F ₁
TC002	TC002-1	F ₁
	TC002-3	F ₂
	TC002-4	F ₂
	TC002-5	F ₂
	TC002-6	F ₂
	TC002-7	F ₂
	TC002-8	F ₂
TC004	TC004-1	F ₁
	TC004-8	F ₁



	TC004-15	F ₁
	TC004-16	F ₁
	TC004-22	F ₂
	TC004-23	F ₁
	TC004-24	F ₁
	TC004-26	F ₁
	TC004-27	F ₁
	TC004-28	F ₂
TC003	TC003-1	F ₁
	TC003-3	F ₁
	TC003-4	F ₁
	TC003-6	F ₁
	TC003-7	F ₁
	TC003-9	F ₁
	TC003-12	F ₁
	TC003-13	F ₁
	TC003-14	F ₁
	TC003-16	F ₁
TC006	TC006-1	F ₂
	TC006-2	F ₂
	TC006-3	F ₁
	TC006-4	F ₁
	TC006-5	F ₁
	TC006-6	F ₂
	TC006-7	F ₂
C.P.	C.P-1	F ₂
	C.P-2	F ₂
	C.P-3	F ₂
	C.P-4	F ₂
	C.P-5	F ₂

4.3. Condicionantes extrínsecos e intrínsecos

Se han estudiado distintos factores que puedan influir en el desarrollo de las plantas. Por un lado, los condicionantes extrínsecos, es decir, las variables climáticas y las fitopatológicas. Mientras que por otro lado también se han analizado condicionantes intrínsecos como el estado de salubridad de los ejemplares.



4.3.1. Factores extrínsecos

a. Meteorología

Una mala meteorología puede ser un factor limitante a la hora de hacer una caracterización. Se han valorado los factores climáticos durante el tiempo de estudio: Velocidad del viento, temperatura máxima, mínima y media; humedad relativa máxima, mínima y media; precipitación y radiación medias según los datos extraídos de la estación más próxima a la Finca de Pajalillos, concretamente la de Tejina (Agrocabildo, 2024).

b. Fitopatologías

De la misma manera que ocurre con las variables climáticas, una alta incidencia de parásitos puede influir negativamente en el desarrollo del cultivo. Se ha realizado un seguimiento del pulgón (indet.) y la cochinilla *Nipaeccocus nipae* (Maskell, 1893), las dos plagas más recurrentes de la plantación estudiada. Estas pueden afectar a la caracterización deformando las hojas, defoliando el árbol, disminuyendo la floración y estropeando los frutos. Vistas las tasas de crecimiento que incesantemente azotaban al cultivo se dieron varios tratamientos a las plantas, varias pasadas semanales con jabón potásico (la primera en el mes de marzo) (Figura 17). Mientras, para la cochinilla, se está utilizando actualmente Prevam.



Figura 17. Primer tratamiento con jabón potásico el 6 de marzo de 2024.

La metodología para estudiar la incidencia de la cochinilla y el pulgón ha sido la siguiente:

- Estado 0: El árbol presenta <20% de su superficie afectada por cochinilla o pulgón.
- Estado Cochinilla (-) / Pulgón (-): El árbol presenta un 20-40% de su superficie afectado por cochinilla o pulgón.
- Estado Cochinilla / Pulgón: El árbol presenta un 40-60% de su superficie afectada por cochinilla o pulgón.
- Estado Cochinilla (+) / Pulgón (+): El árbol presenta un 60-80% de su superficie afectada por cochinilla o pulgón.



- Estado Cochinilla (++) / Pulgón (++): El árbol presenta >80% de su superficie afectada por cochinilla o pulgón.

Se ha observado la evolución de estos parámetros durante el tiempo de estudio, contando en el cálculo final el número total de ejemplares afectados de cochinilla o pulgón que no estuvieran en el estado 0.

c. Estado general

Se determinó la salubridad del árbol en cuestión según las siguientes características:

- B (Bien): El ejemplar no parece tener problemas de desarrollo más allá de las plagas, aun así, se considera como sano.
- A (Amarilleamiento): El ejemplar manifiesta clorosis en sus hojas que le confieren un particular color amarillo y le privan de un correcto desarrollo.
- M (Mal): Al margen del amarilleamiento de las hojas el ejemplar presenta problemas de salud evidentes (defoliación, sequedad...).
- P (Pequeño): El ejemplar todavía no se encuentra plenamente desarrollado por lo que queda invalidado cualquier parámetro anteriormente mencionado. Se considera como un árbol adulto cuando empieza su primera floración.

4.4. Caracterización

Para la caracterización de las variedades se siguió el procedimiento establecido por la UPOV (2011). Según dicho estamento se requieren de 10 ejemplares por población en situaciones de propagación por semilla; debido al estado primario en el que se encuentra el cacao de Canarias en estos momentos ha sido difícil satisfacer esta demanda, aun así, se han logrado estudiar más de 7 individuos en 5 de las 7 accesiones, estableciéndose el mínimo en 5 ejemplares para TC005 y C.P. Para la toma de medidas en este aspecto no se precisó de ningún aparataje más que un metro y un pie de rey (Figura 18), y es que la mayoría de los parámetros descritos por la UPOV (2011) se deben prospectar visualmente (VG).



Figura 18. Pie de rey utilizado para las mediciones.



4.4.1. Caracteres foliares

Asimismo, y atendiendo a los procesos que se explican en otros manuales de caracterización como el de Restrepo Quiroz & Urrego Posso (2018), se registraron las medidas de cada ejemplar por la mañana, usando como referencia hojas de la 2ª, 3ª o 4ª posición desde el ápice que garanticen un estado de madurez óptimo, además se muestreó de forma que se distribuyeran las hojas en los tres tercios del árbol.

- Limbo: Forma de la base (VG) (TG/CACAO): Se tomó comparando la forma basal de la hoja con los ejemplos proporcionados por la UPOV (2011) (Figura 19):
 - Aguda
 - Obtusa
 - Redondeada
 - Cordiforme

Ad. 2: Limbo: forma de la base

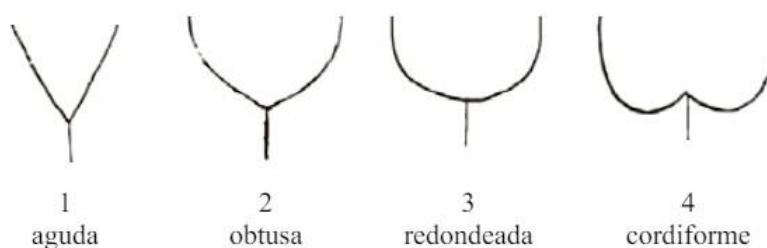


Figura 19. Formas de la base de la hoja (UPOV, 2011).

- Limbo: Intensidad del color verde (VG) (TG/CACAO): Para amortiguar los efectos de la clorosis en la medición se han tomado los resultados en el tercio inferior de la planta, donde el autosombreado permite obtener resultados más fieles a la realidad, asimismo, los árboles cuya clorosis sea generalizada no se han tenido en cuenta a efectos de cálculo:
 - Claro
 - Medio
 - Oscuro
- Limbo: Tamaño (VG) (TG/CACAO):
 - Pequeño
 - Mediano
 - Grande
- Limbo: Forma del ápice (VG) (TG/CACAO): De manera similar a la forma de la base, se han equiparado los resultados a la plantilla dada por la UPOV (2011) (Figura 20):
 - Acuminado
 - Apiculado



- Agudo

Ad. 4: Limbo: forma del ápice

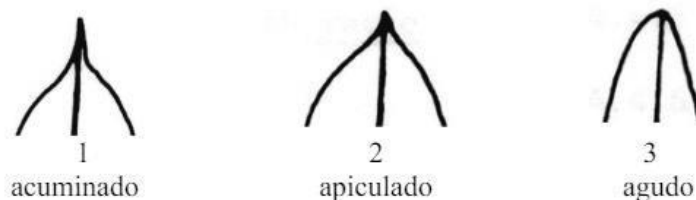


Figura 20. Forma del ápice (UPOV, 2011).

- Brote de la hoja joven: color (VG) (TG/CACAO): Para la toma de estas muestras hubo ejemplares que no presentaban brotes jóvenes, por lo que no se tuvieron en cuenta, a pesar de ello, el número de individuos por accesión en ningún caso fue <4, por lo que se consideran válidos los resultados:
 - Verde claro
 - Verde medio
 - Marrón
 - Rojo claro
 - Rojo medio
 - Rojo oscuro

A partir de aquí se analizaron parámetros no reglados por la UPOV (2011), pero que aparecen en otros organismos contrastados y permiten una mayor calidad en la caracterización, en este caso se decidieron utilizar los proporcionados por Restrepo Quiroz & Urrego Posso (2018), asimismo se ha introducido un último carácter establecido por el propio ICIA que resultó de gran utilidad para la caracterización del material, el color del pecíolo.

- Forma de la hoja (VG): Se determinó midiendo la relación largo/ancho de la hoja. En este caso, se ha tomado como referencia para los parámetros los datos proporcionados por Restrepo Quiroz & Urrego Posso (2018) estableciéndose las distintas relaciones largo/ancho de la siguiente forma:
 - Ovalada <2
 - Elíptica =2
 - Oblonga >2

Evidentemente los caracteres comprenden muchos más matices cuando se exportan al campo, es por ello, que en muchos casos se hablará de situaciones intermedias como, por ejemplo, hojas oblongo-elípticas u ovado-elípticas. Para su caracterización se modificó así la anterior escala según la experiencia observada en campo:

- Ovalada <1,7
- Ovado-elíptica 1,7-1,9
- Elíptica 1,9-2,1
- Oblongo-elíptica 2,1-2,3
- Oblonga 2,3-3
- Muy oblonga > 3



- Longitud del pecíolo (MS): Se determinó midiendo desde la base del limbo hasta el pulvínulo (ensanchamiento de la base del pecíolo), se usó un pie de rey:
 - Corto
 - Mediano
 - Largo
- Color del pecíolo (VG):
 - Verde claro
 - Verde oscuro
 - Rojo

4.4.2. Caracteres florales

Se siguieron los descriptores aportados por la UPOV (2011):

- Flor: Longitud del sépalo (MS) (TG/CACAO): Se extrajeron las muestras y se midieron con un pie de rey o calibrador:
 - Corto
 - Medio
 - Largo
- Flor: Anchura del sépalo (MS) (TG/CACAO): Se extrajeron las muestras y se midieron con ayuda de un pie de rey:
 - Estrecho
 - Medio
 - Ancho
- Flor: Pigmentación antociánica del pedicelo (VG) (TG/CACAO):
 - Ausente o débil
 - Moderada
 - Fuerte
- Flor: Pigmentación antociánica del sépalo (VG) (TG/CACAO):
 - Débil
 - Moderada
 - Fuerte
- Flor: Color de la lígula (VG) (TG/CACAO):
 - Crema
 - Crema-amarillo
 - Amarillo
- Estaminodio: Pigmentación antociánica (VG) (TG/CACAO):
 - Ausente
 - Débil
 - Media
 - Fuerte

4.4.3. Caracteres del fruto

Para el objeto de este estudio se han seguido los factores listados por la UPOV (2011).



- Forma (VG) (TG/CACAO): Se registró comparando lo observado con la plantilla de la UPOV (2011) (Figura 21):
 - Oval
 - Circular
 - Elíptica
 - Oblonga
 - Oboval

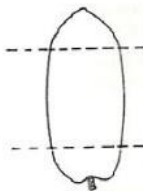
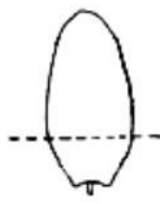
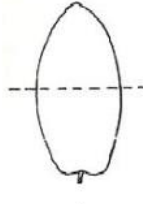
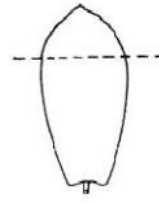
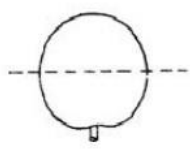
		← Posición de la parte más ancha →		
		debajo de la mitad	mitad	encima de la mitad
relación entre la longitud y la anchura	↑ alargada		 4 oblonga	
	media	 1 oval	 3 elíptica	 5 oboval
	↓ comprimida		 2 circular	

Figura 21. Forma del fruto (UPOV, 2011).

- Estrangulamiento basal (VG) (TG/CACAO): De forma similar se compararon los resultados con la plantilla UPOV (2011) (Figura 22):
 - Ausente o muy débil
 - Débil
 - Moderado



➤ Fuerte

Ad. 13: Fruto: estrangulamiento basal

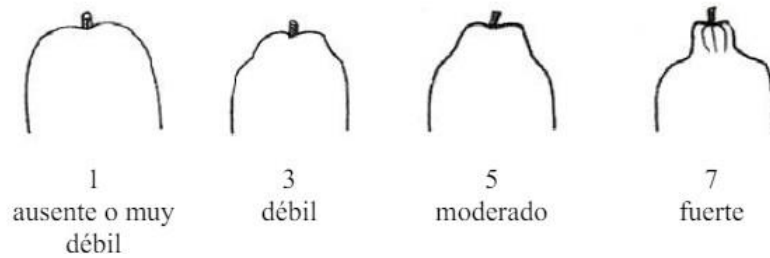


Figura 22. Estrangulamiento basal del fruto (UPOV, 2011).

- Forma del ápice (VG) (TG/CACAO): Igualmente se comparó con plantilla UPOV (2011) (Figura 23):
 - Entallado
 - Agudo
 - Obtuso
 - Redondeado

Ad. 14: Fruto: forma del ápice

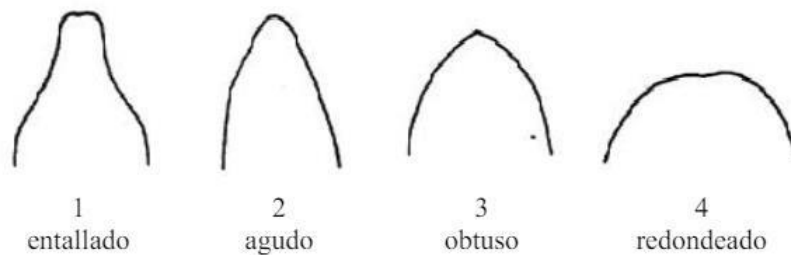


Figura 23. Forma del ápice del fruto (UPOV, 2011).

- Longitud (MS) (TG/CACAO): Se midió con la ayuda de un metro:
 - Corta
 - Media
 - Larga
- Diámetro (MS) (TG/CACAO): Se hizo uso de un pie de rey:
 - Pequeño
 - Medio
 - Grande
- Relación longitud/diámetro (MS) (TG/CACAO): Se estableció dividiendo los dos factores anteriores. Para este caso se ha tomado referencia de los datos proporcionados por el Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de la República Federativa de Brasil (2013). De esta manera y complementado con las



referencias aportadas por la UPOV (2011) se han clasificado los resultados de la siguiente manera:

- Moderadamente comprimido < 1,29
 - Medio 1,29 – 2,9
 - Moderadamente alargado > 2,9
- Superficie (VG) (TG/CACAO): Se comprobó al tacto y comparando con la plantilla proporcionada por el Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de la República Federativa de Brasil (2013) (Figura 24):
 - Lisa o ligeramente rugosa
 - Moderadamente rugosa
 - Muy rugosa

18. Fruto: superficie:



1. lisa ou muito levemente rugosa 2. levemente rugosa 3. moderadamente rugosa 4. rugosa 5. muito rugosa

Figura 24. Superficie del fruto (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de la República Federativa de la República Federativa de Brasil, 2013).

- Profundidad entre los lomos (VG) (TG/CACAO): Se equiparó con los ejemplos de la UPOV (2011) (Figura 25):
 - Ausente o muy poco profunda
 - Poco profunda
 - Media
 - Profunda

Ad. 19: Fruto: profundidad entre los lomos



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



Figura 25. Profundidad entre los lomos (UPOV, 2011).

- Color (VG) (TG/CACAO):
 - Amarillo-verdoso
 - Amarillo
 - Anaranjado
 - Rojo medio
 - Rojo oscuro
 - Púrpura

- Grosor del epicarpio (MS) (TG/CACAO): Se midió con la ayuda de un pie de rey:
 - Delgado
 - Medio
 - Grueso

- Color de la pulpa (VG) (TG/CACAO):
 - Blanco
 - Crema claro
 - Crema oscuro

- Número de semillas (MS) (TG/CACAO):
 - Bajo
 - Medio
 - Alto

4.5. Tratamiento de los datos

Los datos se han recopilado en tablas de Microsoft Excel, para el posterior tratamiento de estos.

En lo concerniente a los datos cuantitativos se han tenido en cuenta la media de las medidas, así como su desviación estándar y su coeficiente de variación. Para este último, se ha delimitado un máximo de 25% entre muestras para considerar los resultados como válidos. Igualmente, se ha hecho un filtrado por pares cuando la ocasión lo precisara. Ha habido casos en los que no se han tenido referencias externas para definir como se enmarcan los valores dentro de las categorías de un descriptor, en dichos casos se ha realizado una campana de Gauss con los datos recogidos, y, en base a ella, se ha segmentado la información en distintos percentiles según el número de categorías que tuviera el parámetro en cuestión.

Referente a los datos cualitativos se ha elegido la moda para cada accesión.

El número de ejemplares estudiados por accesión para que esta sea aceptada ha sido en los caracteres foliares y florales un mínimo de 4, en los del fruto se redujo el espectro a 3. El número de muestras por ejemplar se ha establecido en 3 para caracteres foliares y florales y en 1 para los caracteres del fruto. Por tanto, el número de muestras se entiende como la cantidad total de hojas, flores o frutos estudiados por accesión.



5. Resultados y discusión

5.1. Factores extrínsecos

5.1.1. Meteorología

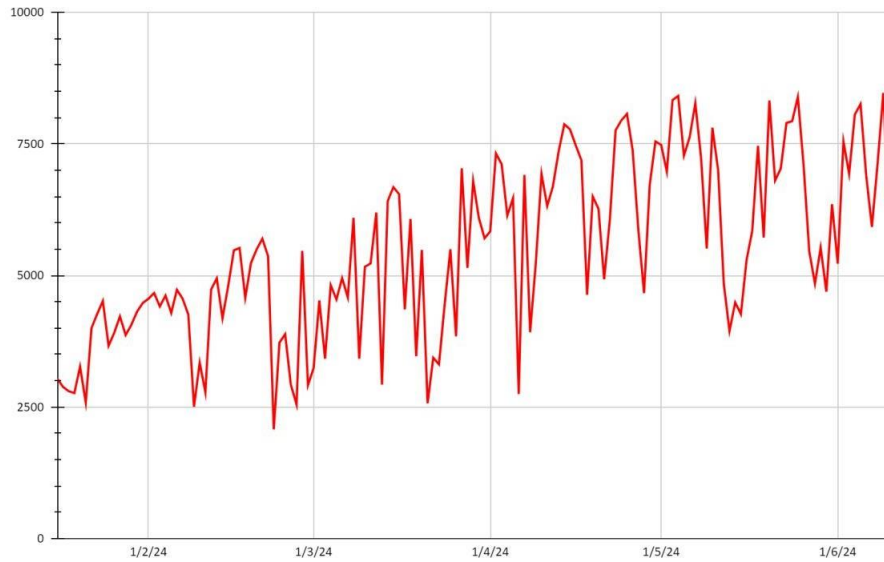


Figura 26. Evolución de la radiación solar en Wh/m² durante el tiempo de estudio (Agrocabildo, 2024).

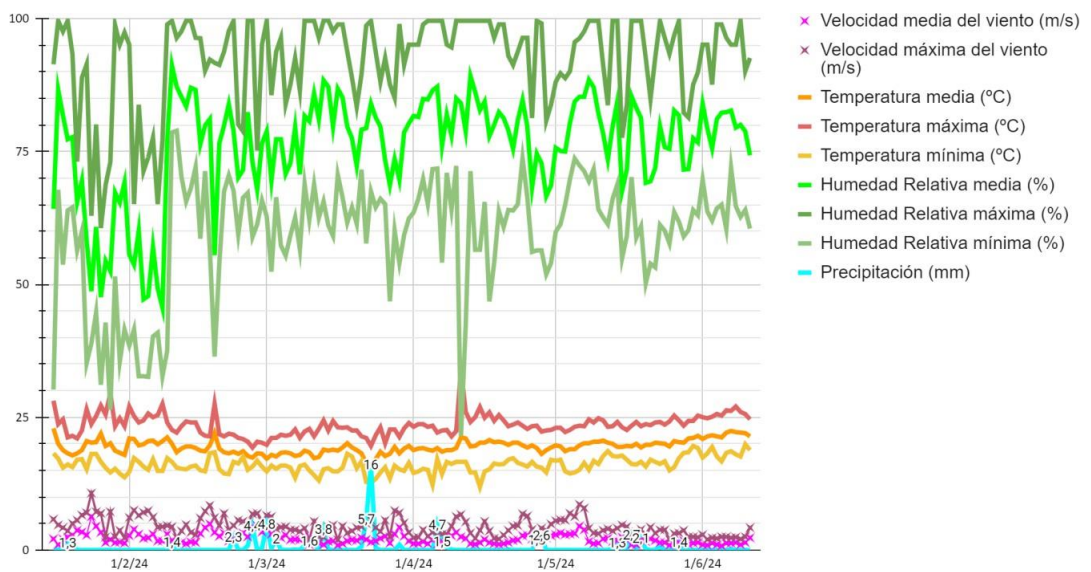


Figura 27. Evolución de los datos meteorológicos durante el tiempo de estudio (Agrocabildo, 2024).



(Jaimes Suarez, 2021) establece que la radiación tolerable por el cacao es de 4500 Wh/m², para el caso de estudio la radiación en la estación de referencia ha sobrepasado con creces estos niveles (Figura 26), ello demuestra que la clorosis patente en muchos ejemplares es causa de unos índices de radiación excesivos. Por tanto, se puede asegurar que eliminar estos individuos para la toma de ciertos descriptores en las muestras ha sido una decisión acertada. De la misma manera Bradeau (1970) estipula que el tamaño de las hojas será inversamente proporcional a la cantidad de luz incidida sobre ella.

En lo que respecta a la temperatura Bradeau (1970) establece los daños por calor en 32°C; en abril de 2024 se ha llegado a traspasar esa cifra y alcanzar 34°C (Figura 27), esto puede explicar porque se ha dificultado tomar los caracteres florales en muchos casos en los que nos hemos encontrado con flores marchitas o quemaduras en las hojas (Figura 28).



Figura 28. Árbol del ICIA con daños por calor y flores quemadas.



5.1.2. Fitopatologías

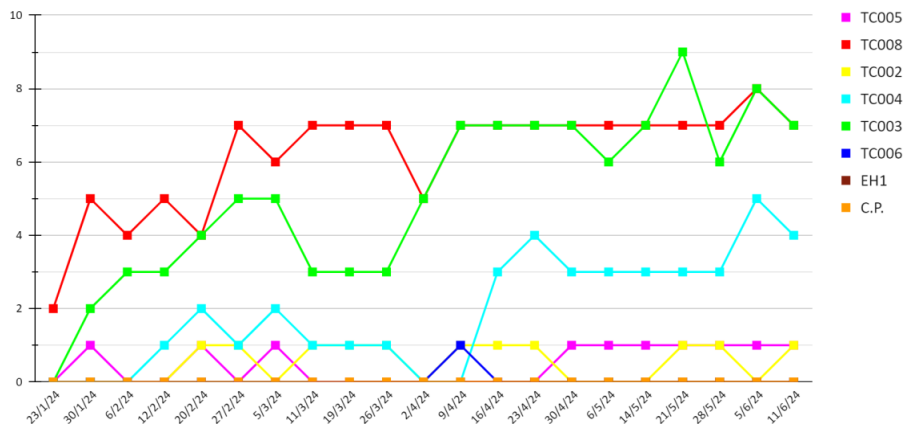


Figura 29. Evolución del número de árboles afectados por la cochinilla (*Nipaecoccus nipae*) (eje Y) en cada población durante el tiempo de estudio (eje X).

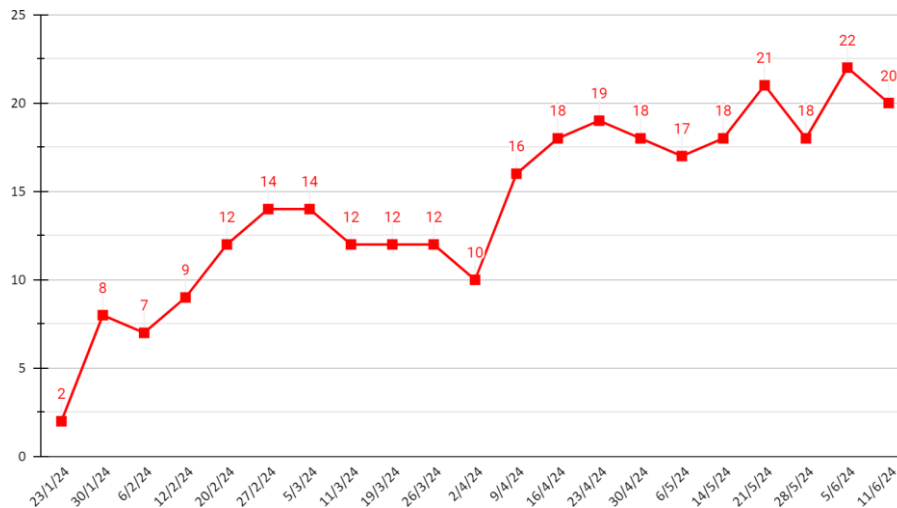


Figura 30. Evolución general del número de árboles afectados por la cochinilla (*Nipaecoccus nipae*) (eje Y) durante el tiempo de estudio (eje X).

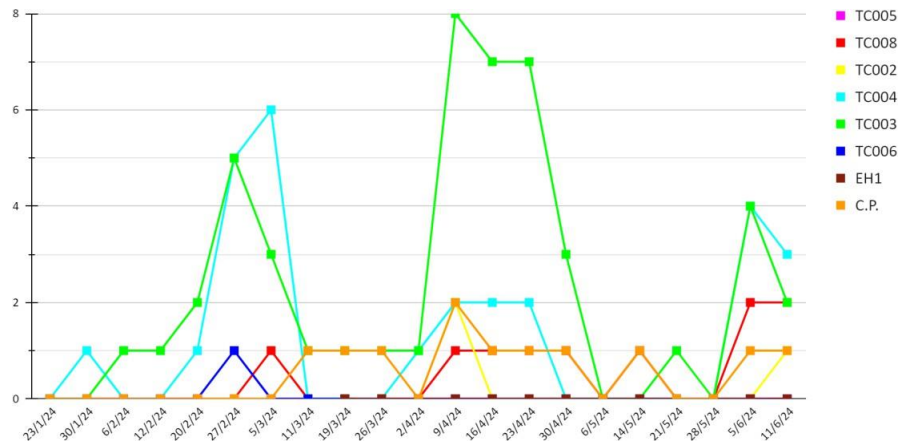


Figura 31. Evolución del número de árboles afectados por el pulgón (eje Y) en cada población durante el tiempo de estudio (eje X).

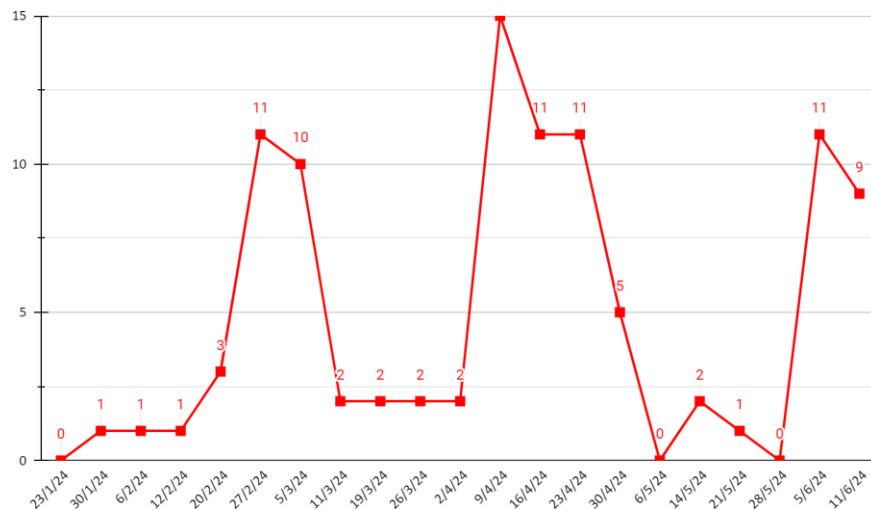


Figura 32. Evolución general del número de árboles afectados por el pulgón (eje Y) durante el tiempo de estudio (eje X).

Se comprueba que no existe influencia del pulgón sobre las medidas tomadas, prueba de ello es que durante el mes de seguimiento (mayo de 2024) las tasas de este parásito eran mínimas (Figura 32). Empero, la cochinilla si puede haber influenciado hasta cierto punto las mediciones (Figura 30). Las accesiones TC008, TC004 y TC003 presentan las mayores tasas tanto de cochinilla (Figura 29) como de pulgón (Figura 31), esto puede deberse a la mayor edad media de sus ejemplares (Tabla 2) y una mayor cantidad de brotaciones jóvenes.

Además, como punto extra se puede observar que el tratamiento con jabón potásico resulta inefectivo contra la cochinilla, aunque actúa bastante bien erradicando el pulgón.



5.2. Factores intrínsecos

5.2.1. Estado general

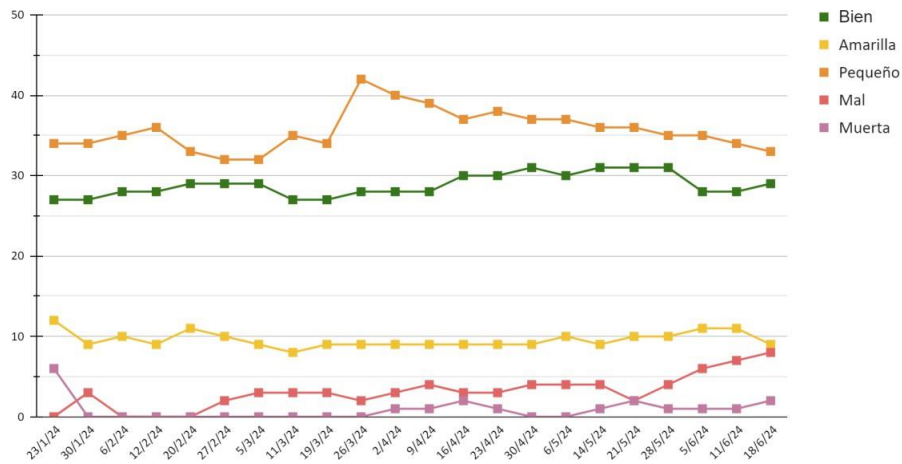


Figura 33. Evolución general de los ejemplares durante el tiempo de estudio.

Complementando con los datos anteriores se ve como el número de plantas en mal estado ha aumentado con el tiempo (Figura 33), lo que explica porque en muchos casos los caracteres han sido difíciles de analizar.

Como punto complementario se observa que el número de individuos pequeños ha disminuido con el inicio de la primavera y unas condiciones de temperatura de próximas a los 27°C (Figura 27), lo que, según Bradeau (1970), propicia la aparición de brotes foliares.

5.3. Caracterización morfológica

A continuación, se resumen las accesiones que se han prestado a estudiarse en las tres partes sometidas a análisis (hoja, flor y fruto):

Tabla 3. Accesiones caracterizadas para cada parte.

Accesión	Hoja	Flor	Fruto
TC005	X		
TC008	X	X	
TC002	X		
TC004	X	X	X
TC003	X	X	X
TC006	X		
C.P.	X		

Las tablas resumen para cada accesión para cada uno de los distintos caracteres se detallan en el anexo (Tabla 20, Tabla 21, Tabla 22, Tabla 23, Tabla 24 y Tabla 25).



5.4. Resultados por caracteres

5.4.1. Caracteres foliares

Para estos descriptores se pudieron caracterizar todas las accesiones y todos los parámetros.

a. Forma de la base

La mayoría de las entradas presentaron una forma basal obtusa (TC005, TC004 y TC003), siendo las accesiones TC008 y C.P. que mostraron su base redondeada y la TC002 y TC006 una base aguda (Figura 34).

Forma de la base

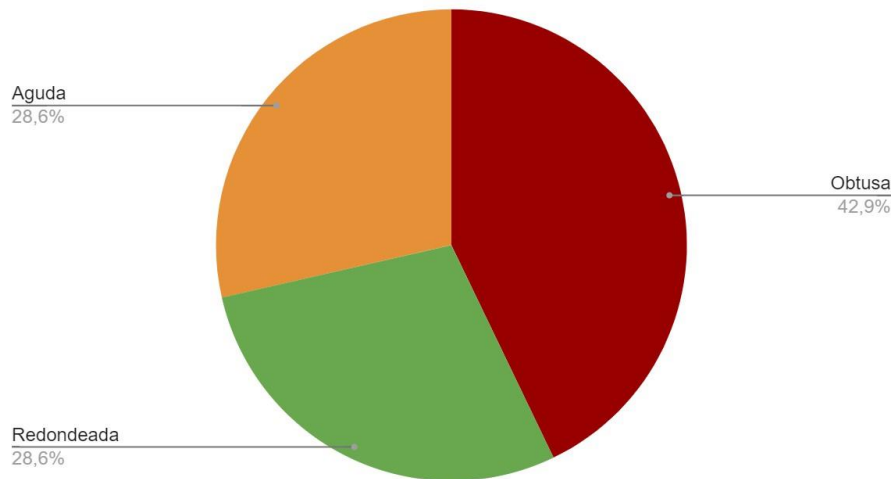


Figura 34. Forma de la base. Representación gráfica.

b. Intensidad del color verde

Se ha obtenido un 57,1 % de las accesiones con un color verde medio en sus hojas (TC005, TC008, TC004 y TC006), distintamente, las entradas TC003 y C.P. exhiben un color verde oscuro realmente intenso en sus hojas, en el otro lado del espectro están las hojas de TC002 que manifiestan de forma evidente sus hojas de color verde claro (Figura 35).



Intensidad de Verde

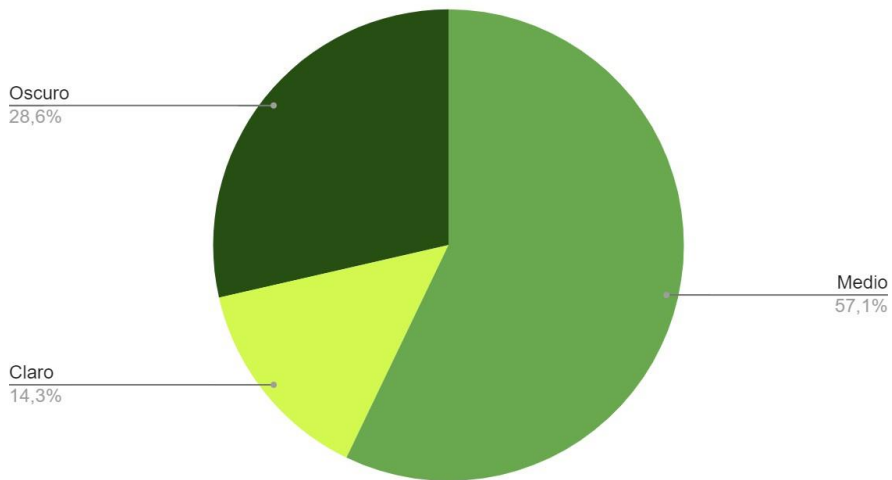


Figura 35. Intensidad de verde. Representación gráfica.

Tan solo las accesiones TC003 y C.P. cumplen con lo establecido por Bradeau (1970) que dictamina que el color de las hojas es verde oscuro una vez alcanzada la madurez.

c. Tamaño

Los resultados arrojan como más de la mitad de las accesiones estudiadas presentan un tamaño medio (TC008, TC002, TC004 y TC003), destacan por su pronunciado tamaño foliar TC005 y C.P, en el otro lado se encuentra TC006, de pequeño tamaño (Figura 36).

Tamaño del limbo

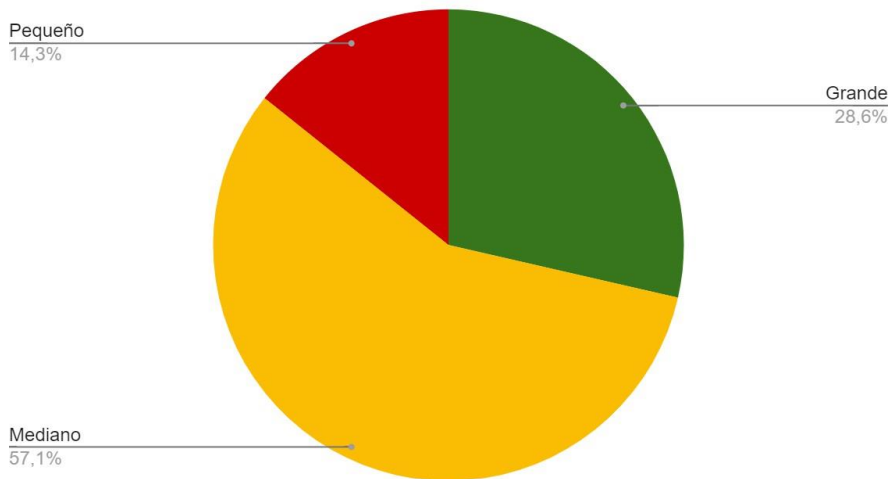


Figura 36. Tamaño del limbo. Representación gráfica.



Los resultados de tamaño han sido variables por las condiciones climáticas y el estado de desarrollo mostrado (Figura 26) Por tanto, estos parámetros han mostrado variaciones en base a la cantidad de luz que haya incidido sobre ellos y su edad en algunos casos.

d. Forma del ápice

En este caso el 100% de las accesiones presentan un ápice acuminado. Se han observado ápices agudos y apiculados de forma muy puntual, pero es la clara minoría.

e. Color del brote joven

Se ve mayor disparidad en este parámetro. Las accesiones TC005, TC008 y TC006 poseen brotes de color rojo claro, TC003 y C.P. se tiñen en un rojo oscuro muy marcado, TC004 tiene un rojo medio y TC002 muestra los brotes de verde claro (Figura 37).

Color del brote joven

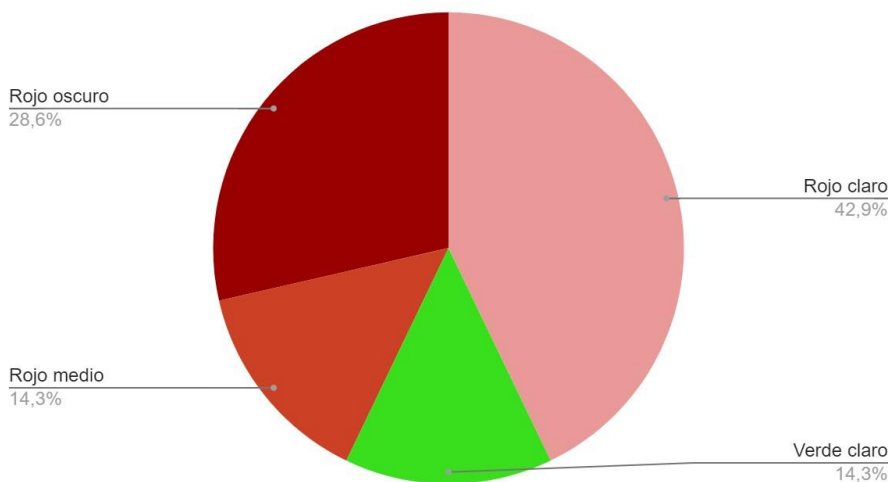


Figura 37. Color del brote joven. Representación gráfica.

De acuerdo con Bradeau (1970) el color de las brotaduras es bastante variable y un buen carácter para distinguir poblaciones carácter, pues su homogeneidad es bastante alta entre ejemplares. Para el caso de estudio se defiende esta afirmación y se ha tomado este carácter como crucial a la hora de distinguir las poblaciones plantadas en Canarias.

f. Forma de la hoja

Para este aspecto se pudieron estudiar las 7 accesiones, estableciendo el mínimo de ejemplares en 4 por accesión (Tabla 4).

Tabla 4. Forma de la hoja.

Accesión	nº de muestras	Promedio	Desv. Estándar (\pm)	Coef. variación (%)	Min	Max	Forma
TC005	13	2,66	0,26	9,6	2,31	3,2	Oblonga



TC008	16	2,75	0,57	20,72	1,8	3,85	Oblonga
TC002	21	3,18	0,44	13,88	2,56	4,33	Muy Oblonga
TC004	30	2,45	0,35	14,29	1,88	3,3	Oblonga
TC003	26	3,4	0,44	12,98	2,64	4,33	Muy Oblonga
TC006	18	2,51	0,35	14,09	1,75	3	Oblonga
C.P.	15	2,19	0,26	12,06	1,79	2,18	Oblongo-elíptica

Dos accesiones (TC002 y TC003) tuvieron hojas marcadamente oblongas, una accesión (C.P.) tuvo hojas oblongo-elípticas, TC005, TC008, TC004 y TC006 eran en mayor o menor medida oblongas.

Bradeau (1970) define la hoja como lanceolada, en los árboles de *Thebroma cacao* L. examinados se ha observado una forma parecida en las accesiones TC002 y TC003. Al igual que ocurre con el color del brote joven, se considera de gran relevancia este carácter y altamente distintivo entre las poblaciones plantadas en las Islas Canarias.

g. Longitud del peciolo

En lo que respecta a la longitud del peciolo gracias al cálculo de los cuartiles, los valores a establecer para las accesiones a las categorías dispuestas por UPOV (2011) proporcionan los siguientes resultados:

- Pequeño < 2,33 cm
- Mediano 2,33-2,66 cm
- Grande > 2,66 cm

De esta manera se ha logrado estudiar 5 de 7 accesiones, TC002 y TC006 aún tienen plantas subdesarrolladas cuyo tamaño de peciolo es tremendamente heterogéneo, lo que, por su alto coeficiente de variación se ha descartado (Tabla 5).

Tabla 5. Longitud del peciolo (cm).

Accesión	nº de muestras	Promedio (cm)	Desv. Estándar (±)	Coef. variación (%)	Min (cm)	Max (cm)	Tamaño
TC005	15	2,5	0,46	18,52	1,5	3	Mediano
TC008	24	2,65	0,48	18,04	2	3,5	Mediano
TC004	30	2,2	0,5	22,81	1,5	3,5	Pequeño
TC003	30	2,65	0,62	23,32	1,5	4	Mediano
C.P.	15	7,17	1,61	22,48	5	10	Grande
TC002	21	2,48	0,89	35,82	1,5	5	-
TC006	18	1,48	0,54	36,28	0,5	2,5	-

La accesión TC004 tiene peciolo ligeramente más cortos, en cambio, C.P. se caracteriza por unos peciolo grandes

Bradeau (1970) establece los valores de longitud del peciolo en 2-3 cm para hojas de ramos plagiotropos, lo que concuerda en su mayoría con las medidas tomadas, no obstante, se ha



hecho de notar que C.P. tiene unos peciolo anormalmente grandes, lo que permite distinguirlo del resto de poblaciones plantadas en las Islas Canarias.

h. Color del peciolo

Este factor ha mostrado una clara predominancia de accesiones con color verde claro en su peciolo, no obstante, las entradas correspondientes a TC008 y C.P. revelan un color verde oscuro. Algunos árboles de TC008 tenían los peciolo de color rojo, aunque era la gran minoría (Figura 38).

Color del Peciolo

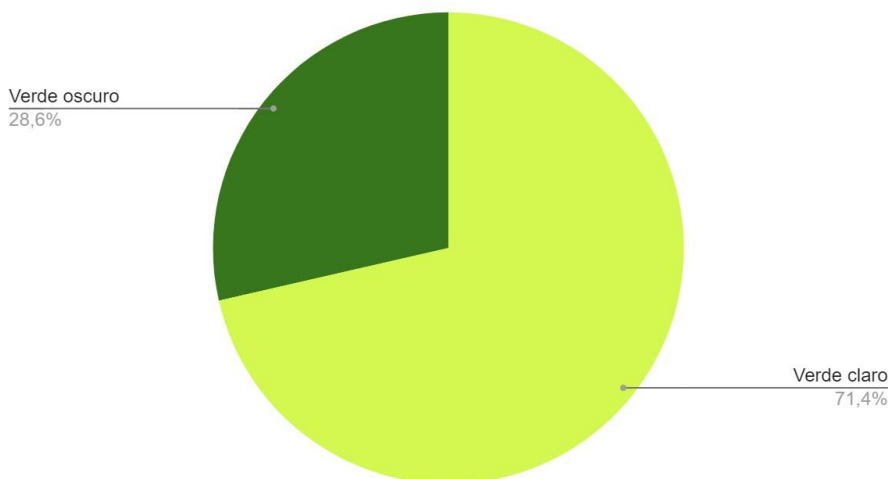


Figura 38. Color del peciolo. Representación gráfica.

A pesar de que no se hayan encontrado fuentes que hablen de este carácter se han observado diferencias palpables entre TC008 y C.P con el resto de las accesiones. Esto hace que, para el caso de TC008, esto pueda ser un carácter distintivo.

5.4.2. Caracteres florales

Las accesiones TC008, TC004 y TC003 han podido someterse a estudio, TC005 (3 ejemplares), TC002 y TC006 (1 ejemplar) y C.P. (0 ejemplares) no presentaban un número suficiente de individuos para poder estudiarse.

Según lo establecido por (Agudelo, 2024) los árboles que presentan tasas de floración muy altas normalmente presentan autoincompatibilidades. De forma análoga se puede establecer para el caso de TC005, cuyos árboles son en su mayoría F_1 , que se trata de una variedad autocompatible y por ello tiene tasas de floración tan bajas.

a. Longitud del sépalo

Mediante el cálculo de los cuartiles, los valores a establecer para las accesiones a las categorías dispuestas por UPOV (2011) dan los siguientes resultados:

- Corta < 7,46 mm
- Media 7,46 – 8,33 mm
- Larga > 8,33 mm

Se lograron estudiar las 3 accesiones propuestas en primer lugar (Tabla 6).



Tabla 6. Longitud del sépalo (mm).

<i>Accesión</i>	<i>nº de muestras</i>	<i>Promedio (mm)</i>	<i>Desv. Estándar (±)</i>	<i>Coef. variación (%)</i>	<i>Min (mm)</i>	<i>Max (mm)</i>	<i>Longitud</i>
TC008	11	7,95	0,85	10,66	6,9	9,3	Media
TC004	23	7,7	0,81	10,51	6	9,8	Media
TC003	24	7,89	0,77	9,74	6,8	9,8	Media

Las tres accesiones tienen una longitud media y no se observan diferencias resaltables entre ellas.

Dostert et al. (2011) establece una longitud de sépalo de 5-8 mm, los valores hallados cuadran con lo esperado en las tres accesiones, rozando en todos los casos el valor normal máximo.

b. Anchura del sépalo

Similarmente a como se ha hecho con otros factores cuantitativos mediante el cálculo de los cuartiles, los valores a establecer para las accesiones a las categorías dispuestas por UPOV (2011) dan como resultado las secciones divisorias siguientes:

- Corto < 2,53 mm
- Medio 2,53 – 2,97 mm
- Ancho > 2,97 mm

Para esta situación se han podido estudiar dos accesiones, TC004 y TC003; TC008 tenía un coeficiente de variación demasiado alto como para considerarse fiable (Tabla 7).

Tabla 7. Anchura del sépalo (mm).

<i>Accesión</i>	<i>nº de muestras</i>	<i>Promedio (mm)</i>	<i>Desv. Estándar (±)</i>	<i>Coef. variación (%)</i>	<i>Min (mm)</i>	<i>Max (mm)</i>	<i>Ancho</i>
TC004	23	2,64	0,44	16,55	1,9	3,6	Medio
TC003	24	2,91	0,41	14,12	2	3,8	Medio
TC008	11	2,83	1,27	45,03	2	4	-

Las dos accesiones (TC004 y TC003) tienen una anchura promedio de sépalos y sus diferencias son imperceptibles.

Dostert et al. (2011) determina el ancho normal entre 1,5-2 mm, las accesiones estudiadas sobrepasan estos valores y se consideran más grande de lo normal, aunque de tamaño medio en comparación con el resto de la explotación.

c. Pigmentación antocianica del pedicelo

TC003 y TC004 hacen de notar pigmentaciones más fuertes, por otro lado, en TC008 es más frecuente encontrar un tono moderado (Figura 39).



Pigmentación antociánica del pedicelo

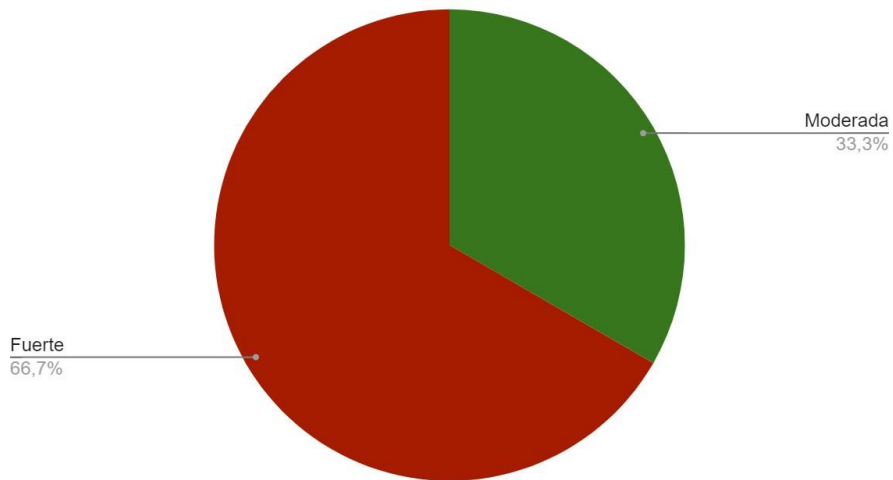


Figura 39. Pigmentación antociánica del pedicelo. Representación gráfica.

Se entiende que las diferencias observadas entre accesiones no son suficientes como para definir el carácter como distintivo en TC008.

d. Pigmentación antociánica del sépalo

Los resultados arrojan ligeras diferencias entre las accesiones TC008 y TC004 presentan coloraciones moderadas, TC003 no contiene pigmentos antociánicos en sus sépalos (Figura 40).

Pigmentación antociánica del sépalo

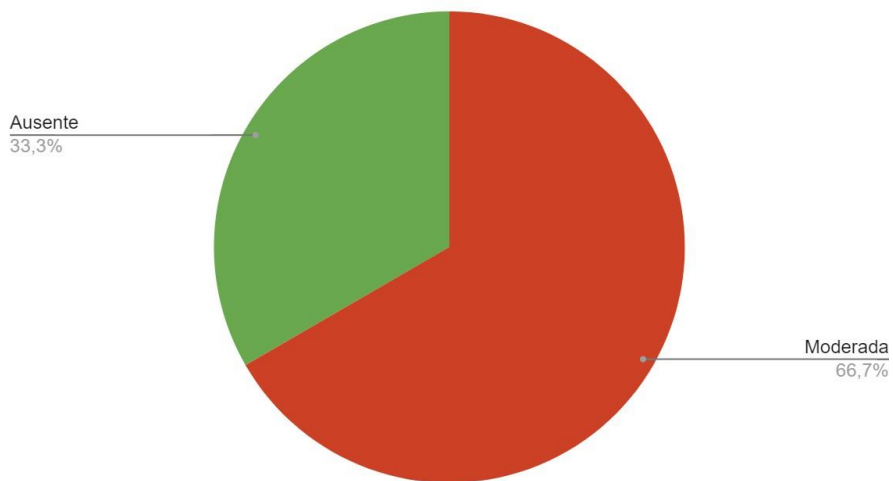


Figura 40. Pigmentación antociánica del sépalo. Representación gráfica.



Dostert et al. (2011) define la pigmentación antociánica de los sépalos como débil o moderada (es decir, sépalos blancos o rosa claro). Las valoraciones concuerdan con lo hallado en el caso particular. Se ha observado bastante variedad entre ejemplares de la misma accesión e incluso entre muestras del mismo ejemplar, por tanto, este carácter es poco orientativo a la hora de distinguir poblaciones.

e. Color de la lígula

Gobierna la uniformidad, tanto TC008 como TC004 y TC003 poseen un color amarillo en su lígula.

Bradeau (1970) determina que el color de la lígula es amarillento sin entrar en matices. En el caso estudiado se han observado ligeras diferencias entre muestras, aunque ha sido mínimamente, estableciéndose la moda para todas las accesiones en color amarillo.

f. Pigmentación antociánica de los estaminodios

Similar a la coloración de la lígula no se ha visto diferencia alguna entre las accesiones, las tres muestran unos niveles de pigmentación antociánica fuertes.

Bradeau (1970) y Dostert et al. (2011) definen el color de los estaminodios como violeta, lo que da a entender una pigmentación antociánica fuerte. Es por ello que los valores prospectados cuadran con los normales.

5.4.3. Caracteres del fruto

En lo concerniente a estos caracteres se ha tenido en cuenta solo accesiones con un mínimo de 3 individuos para tener resultados aceptables. La producción de frutos se ha considerado insuficiente en muchos casos, quedando solo como accesiones válidas TC004 y TC003, con 3 y 4 ejemplares respectivamente; TC005, TC008 y TC006 tenían 1 solo ejemplar y las accesiones TC002 y C.P. ninguno. Se han podido evaluar casi todos los parámetros de TC004 y TC003.

La baja tasa de fructificación puede ser causa de la prematura edad de muchos ejemplares e incluso accesiones como C.P. (todas F₂) sumado al largo tiempo de desarrollo de los frutos y la temprana etapa de investigación en la que se encuentra el cultivo.

a. Forma

La distribución ha sido del 50%, es decir, TC004 conforma sus frutos elípticos mientras que en TC003 son oblongos.

Según Bradeau (1970) la accesión TC004 puede considerarse como un cacao del grupo Forastero o Trinitario en este carácter, TC003 se asemeja más a las características de un Trinitario.

b. Estrangulamiento basal

Más patente en TC003, considerándose un estrangulamiento medio, en TC004 este no se muestra.

En base a la forma amelonada y más lisa que establece Bradeau (1970) para los cacaos Forastero, se puede determinar que TC004 se encasilla mejor en este grupo. TC003 puede asemejarse tanto al Criollo como al Trinitario.

c. Forma del ápice

Se observan pocas diferencias, a pesar de que TC003 pueda tener algo más de variedad lo cierto es que la moda en ambos casos define el fruto como agudo.

Lo estipulado por Bradeau (1970) definiría en ambos casos el fruto como Criollo o Trinitario por su ápice agudo.



d. Longitud

Tal y como se ha calculado en los cuartiles, los valores a establecer para las accesiones a las categorías dispuestas por la UPOV (2011) dejan la clasificación de la siguiente manera:

- Corta < 16,33 cm
- Media 16,33-20,66 cm
- Larga >20,66 cm

Es pues que las accesiones quedan de la siguiente forma (Tabla 8).

Tabla 8. Longitud del fruto (cm).

Accesión	nº de muestras	Promedio (cm)	Desv. Estándar (±)	Coef. variación (%)	Min (cm)	Max (cm)	Longitud
TC004	9	15,5	3,73	24,03	12	23	Corta
TC003	9	19,66	4,65	23,68	14,1	25	Mediano

La accesión TC003 tiene frutos más cortos, TC004 de tamaño medio.

Bradeau (1970) determina los frutos de Forastero como más pequeños, los de Criollo alargados y los de Trinitario con características mixtas. En este caso se deduce que TC004 guarda semejanza con Forastero y TC003 con Trinitario.

e. Diámetro

Igualmente, que, con otros descriptores, los valores a establecer para las accesiones a las categorías dispuestas por UPOV (2011) dan como resultado la siguiente repartición:

- Estrecho < 6,5 cm
- Medio 6,5 – 7,5 cm
- Ancho > 7,5 cm

Las dos accesiones han podido estudiarse (Tabla 9).

Tabla 9. Diámetro del fruto (cm).

Accesión	nº de muestras	Promedio (cm)	Desv. Estándar (±)	Coef. variación (%)	Min (cm)	Max (cm)	Diámetro
TC004	9	6,93	0,83	12,03	6,05	8,5	Medio
TC003	10	7,42	1,4	18,82	5,5	9,7	Medio

Tanto TC004 como TC003 presentan un diámetro medio.

De igual manera que ocurre con la longitud según la información de Bradeau (1970) las características mixtas de Trinitario se complementan bien con el diámetro medio mostrado en las accesiones TC004 y TC003.

f. Relación longitud/diámetro

Para este caso, en vez de dividir en cuartiles, se ha tomado como referencia los datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura, Pecuaria e Abastecimiento de Brasil (2013). De esta manera y complementado con las referencias aportadas por la UPOV (2011) se han segmentado los resultados de la siguiente manera:

- Moderadamente comprimido < 1,29
- Medio 1,29 – 2,9
- Moderadamente alargado > 2,9



Se han podido calcular las dos accesiones (Tabla 10).

Tabla 10. Relación longitud/diámetro

Accesión	nº de muestras	Promedio (cm)	Desv. Estándar (±)	Coef. variación (%)	Min (cm)	Max (cm)	Relación Longitud/Diámetro
TC004	9	2,23	0,31	13,91	1,92	2,82	Medio
TC003	9	2,65	0,4	14,96	2,1	3,65	Medio

Las dos accesiones tienen una relación Longitud/Diámetro media.

Para este carácter ambas accesiones guardan relación con los valores medios que muestran los cacaos Trinitario normalmente, ya que, los Forastero tienen una relación moderadamente comprimida y los Criollo moderadamente alargada (Bradeau, 1970).

g. Superficie

Para el estudio de la textura se ha observado como la accesión TC004 tiene una textura moderadamente rugosa, al contrario, TC003 se caracteriza por su textura lisa en la mayoría de los casos.

Según lo concretado por Bradeau (1970) la accesión TC004 es más próxima en este aspecto al cacao Trinitario, mientras que TC003 se muestra más afín a los Forastero en este sentido.

h. Profundidad entre los lomos

Mismamente también existen diferencias entre las dos accesiones estudiadas, TC004 presenta unos lomos poco profundos, TC003 tiene una profundidad media.

Según informa Bradeau (1970) en ambos se observan características propias del cacao Trinitario.

i. Color

La diferencia es especialmente notoria. Mientras que TC004 se caracteriza por un tono amarillo, TC003 exhibe unas pigmentaciones de color rojizo, un rojo medio.

En este caso TC004 muestra colores similares al cacao Criollo, mientras que TC003 a los Trinitario. No obstante, ambos podrían ser Trinitario, aunque proveniente de distintos clones (Bradeau, 1970; Evert, Lastra & Zavaleta, 2022).

j. Grosor del epicarpio

Se han descartado ambas accesiones debido a que los altos coeficientes de variación no van a proporcionar resultados fiables (Tabla 11).

Tabla 11. Grosor del epicarpio (mm).

Accesión	nº de muestras	Promedio (mm)	Desv. Estándar (±)	Coef. variación (%)	Min (mm)	Max (mm)	Grosor
TC004	8	15,79	6,07	38,47	11,3	21,5	-
TC003	10	14,09	3,81	27,07	8	20	-

k. Color de la pulpa

Ambas accesiones (TC004 y TC003) se caracterizan por un color crema oscuro en la pulpa de sus frutos.



Tal y como estipula Bradeau (1970) TC004 y TC003 se pueden asemejar en este carácter tanto al cacao Criollo como al Trinitario.

1. Número de semillas

De manera similar a como ocurre con el grosor del epicarpio, los altos coeficientes de variación en los resultados hacen la caracterización de este descriptor inapropiada.

Tabla 12. Número de semillas.

<i>Accesión</i>	<i>nº de muestras</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desv. Estándar (±)</i>	<i>Coef. variación (%)</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Nº semillas</i>
TC004	8	12,75	10,68	83,83	4	36	-
TC003	9	27,22	21,10	77,53	5	55	-

5.5. Clave dicotómica

Esta clave tomará como referencia los valores concernientes a los caracteres foliares, puesto que es en ellos donde se han observado diferencias significativas y particularidades en algunos casos. Es por ello que con esta clasificación se busca garantizar un método que permita distinguir las poblaciones plantadas en Canarias de una manera bastante fiable y sencilla. De esta manera se establece la siguiente clave dicotómica:

- 1. Hojas muy oblongas en ocasiones lanceoladas **2**
- 1. Hojas ovaladas, elípticas o ligeramente oblongas..... **3**
- 2. Brotes jóvenes de color rojo oscuro y hojas adultas verde oscuras..... **TC003**
- 2. Brotes jóvenes de color verde claro y hojas adultas también verde claro **TC002**
- 3. Peciolos de menos de 5 cm y hojas ligeramente oblongas... **4**
- 3. Peciolos de 5 a 10 cm y hojas normalmente elípticas..... **C.P.**
- 4. Peciolos de color verde oscuro y base de la hoja normalmente redondeada..... **TC008**
- 4. Peciolos de color verde claro, base de la hoja obtusa o aguda, en ocasiones redondeada **5**
- 5. Forma de la base aguda..... **TC006**
- 5. Forma de la base obtusa, en ocasiones redondeada **6**
- 6. Hoja de gran tamaño (>25cm) con brotes de color rojo claro y con floración escasa **TC005**
- 6. Hoja de mediano tamaño con brotes de color rojo medio y floración abundante..... **TC004**

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788 Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



6. Conclusiones

Se ha verificado la diversidad morfológica interpoblacional de los cacaos cultivados en la colección del ICIA, que es una muestra representativa del material presente en Canarias. De la misma manera, se ha constatado en muchos casos la existencia de diferencias palpables entre ejemplares de la misma población.

Los caracteres foliares han resultado ser la mejor herramienta para diferenciar las poblaciones de cacao plantadas en el archipiélago. En base a ellos se propone una clave dicotómica para las accesiones cultivadas en el ICIA.

Los factores climáticos y las fitopatologías han influido en la prospección de las muestras para ciertos caracteres foliares y florales.

Los descriptores del fruto, tan polimorfos y disyuntivos en TC004 y TC003, concluyen en que se puede afirmar con bastante seguridad que ambas accesiones pertenecen al grupo híbrido de cacao Trinitario.

Este trabajo ha pretendido sentar las bases para la investigación del cultivo del cacao en Canarias. Asimismo, la temprana edad de muchos ejemplares y los demás condicionantes antedichos hacen imperativa un futuro análisis del cultivo en etapas de desarrollo más favorables y en ambientes edafoclimáticos más controlados.



7. Conclusions

The interpopulational morphological diversity of the cocoa beans grown in the ICIA collection, which is a representative sample of the material present in the Canary Islands, has been verified. Likewise, the existence of palpable differences between specimens of the same population has been verified in many cases.

Leaf characteristics have proved to be the best tool for differentiating cocoa populations planted in the archipelago. Based on them, a dichotomous key is proposed for the accessions cultivated in the ICIA.

Climatic factors and phytopathologies have influenced the prospection of samples for certain foliar and floral characters.

The fruit descriptors, so polymorphous and disjunctive in TC004 and TC003, conclude that it can be stated with a high degree of certainty that both accessions belong to the hybridogenic group of Trinitario cacao.

This work has been intended to lay the foundations for research on cocoa cultivation in the Canary Islands. Also, the early age of many specimens and the other aforementioned conditions make it imperative a future analysis of the crop in more favorable stages of development and in more controlled edaphoclimatic environments.



8. Proyectos interesantes para el futuro

Este proyecto no ha hecho más que empezar y es por eso que nos gustaría citar algunas líneas de investigación que durante este tiempo hemos visto interesantes y necesarias para el panorama isleño:

- Investigar sobre el consumo de agua del cacao para las condiciones edafoclimáticas de las distintas zonas de Canarias y comparar con otros cultivos del sector agrícola del archipiélago.
- Examinar los requerimientos de humedad del cultivo del cacao, así como la posible implantación de nebulizadores y su viabilidad a mayor escala.
- Analizar el nivel de influencia que tiene el viento sobre el rendimiento del cacao y la investigación de medidas que puedan paliar su efecto y sean más rentables que la construcción de invernaderos.
- Estudiar los efectos perjudiciales de la alta radiación solar en el cacao y la posible disminución de sus daños mediante la instalación de mallas de sombreado y el nivel de penetración de luz óptimo para las mismas.
- Reflexionar sobre las posibles asociaciones de cultivos entre el cacao y otros cultivos que puedan aportarle sombra.
- Explorar la influencia de distintas micorrizas arbusculares sobre la germinación y el desarrollo de las plantas de cacao.
- Ahondar sobre las diferencias genéticas patentes entre poblaciones de cacao y la caracterización genética de las mismas.
- Observar los métodos de fermentación aplicados alrededor del mundo y su posible transposición a pequeñas y medianas explotaciones.
- Indagar sobre los altos valores de cadmio presentes en prácticamente todos los cultivos de cacao del mundo y la manera de disminuir estos niveles en el cacao plantado en Canarias.



9. Referencias bibliográficas

- 20minutos. (2024). La producción mundial de chocolate en peligro: así es el 'virus de los brotes hinchados' que destruye los cultivos. <https://www.20minutos.es/noticia/5239840/0/cientificos-estudian-como-frenar-virus-que-amenaza-produccion-chocolate/>
- Agrocabildo. (2024, 18 de abril). Medias diarias del mes, TEJINA01, Estaciones meteorológicas. https://www.agrocabildo.org/agrometeorologia_estaciones_detalle.asp?id=2
- Agudelo, G.A. (2024). Experiencias internacionales en cacao [Comunicación]. Jornadas técnicas Café-Cacao, Valle de Guerra, San Cristóbal de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife.
- Aroche, K. (2021). Árbol de Cacao en Guatemala. *Guatemala.com*. <https://aprende.guatemala.com/cultura-guatemalteca/flora-fauna/arbore-de-cacao-en-guatemala/>
- Arqueología Mexicana. (2022). Origen, domesticación y uso del cacao. <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/origen-domesticacion-y-uso-del-cacao>
- Bradeu, J. (1970). *El cacao*. Editorial Blume.
- Bueno, I. (2024). El cacao, la bebida sagrada de mayas y aztecas. *National Geographic*. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/cacao-bebida-sagrada-mayas-aztecas_18447
- Carvalho, J.A. (2020). Tipos de Cacao: Criollo, trinitario y forastero ¿Conoces la diferencia? *Le Vice Chocolat*. <https://levicechocolat.com/blogs/articulos/tipos-de-cacao-criollo-trinitario-y-forastero-conoces-la-diferencia>
- Casa Universitaria Cacao y Chocolate & Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. (2023). La mosquita y la flor. <https://casa-cacao.ujat.mx/mosquita-y-la-flor.html> [acceso: 05-05-2024]
- Daymond, A., Giraldo Méndez, D., Hadley, P. & Bastide, P. (2023). Una revisión global de los sistemas de cultivo de cacao. *International Cocoa Organization [ICCO] & Fundación Suiza para la Economía del Cacao y del Chocolate*. https://www.icco.org/wp-content/uploads/Global-Review-of-Cocoa-Farming-Systems_Final-Spanish.pdf
- De Vuyst, L. & Weckx, S. (2016), The cocoa bean fermentation process: from ecosystem analysis to starter culture development. *Journal of Applied Microbiology*, 121: 5-17. <https://doi.org/10.1111/jam.13045>
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M.I., Weigend, M. & Luebert, F. (2011). Hoja Botánica: Cacao. *Ministerio del Ambiente de Perú [MINAM]*. <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/185/BIV01202.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- El Rincón del Chocolate*. (2024). Historia del Cacao. <http://elrincondelchocolate.es/elmundodelchocolate/HistoriadelCacao#:~:text=La%20expansi%C3%B3n%20del%20cacao%20por,el%20%E2%80%9CWhite%C2%B4s%E2%80%9D>. [acceso: 20-05-2024]
- European Cocoa Association [ECA]*. (2024). Historia del cacao: Cultivo, Comercio y Transporte. <https://www.eurococoa.com/es/historia-del-cacao-el-cacao-como-materia-prima/cocoa-story-cultivo-comercio-y-transporte/>. [acceso: 20-05-2024]
- FAO (2022). Estadísticas de la producción mundial de granos de cacao. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>



- Fischer, A. (2023). Por qué el cacao fue la moneda universal en Mesoamérica, hace 3,800 años. *National Geographic*. <https://www.ngenespanol.com/historia/cacao-en-mesoamerica-la-moneda-universal/>
- Fouet, O.C., Loor Solorzano, R.G., Rhoné, B., Subía, C., Calderón, D., Fernández, F., Sotomayor, I., Rivallan, R., Colonges, K., Vignes, H., Angamarca, F., Yaguana, B., Costet, P., Argout, X., & Lanaud (2022). Collection of native *Theobroma cacao* L. accessions from the Ecuadorian Amazon highlights a hotspot of cocoa diversity. *Plants People Planet* 4(6), 605–617. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10282>
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola [FHIA]. (2015). El ambiente y su efecto en el comportamiento de la planta de cacao. http://www.fhia.org.hn/descargas/proyecto_procacao/Infocacao/InfoCacao_No5_Dic_2015.pdf
- Glendinning, D.R. (1972). Natural pollination of cocoa. *New Phytologist*, 71: 719-729. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1972.tb01284.x>
- GRAFCAN (2024). Situación geográfica de la parcela de Pajalillos. <https://grafcan.es/OOyfftI>
- Indexmundi. (2024). Cacao en grano Precio Mensual - Euro por Kilogramo. <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=granos-de-cacao&meses=300&moneda=eur>
- Jaimes Suárez, Y.Y., Agudelo, G.A., Báez Daza, E.Y., Rengifo Estrada, G.A. & Rojas Molina, J. (2021). Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el departamento de Santander. *Agrosavia*. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7404647>
- Kaufman, T., & Justeson, J. (2007). The history of the word for cacao in Ancient Mesoamerica. *Ancient Mesoamerica*, 18(2), 193–237. <https://doi.org/10.1017/S0956536107000211>
- Lambert, S. (2007). Cocoa fermentation – general aspects. *Mars Inc*. <https://es.scribd.com/doc/95212937/19-Cocoa-Fermentation-General-Aspects>
- Lanaud, C., Vignes, H., Utge, J., Valette, G., Rhoné, B., Garcia Caputi, M., Angarita Nieto, N.S., Fouet, O., Gaikwad, N., Zarrillo, S., Powis, T.G., Cyphers, A., Valdez, F., Olivera Nunez, S.Q., Speller, C., Blake, M., Valdez, F.J., Raymond, S., Rowe, S.M., Duke, G.S., Romano, F.E., Loor Solórzano, R.G. & Argout, X. (2024). A revisited history of cacao domestication in pre-Columbian times revealed by archaeogenomic Approaches. *Scientific Reports* (2024) 14, 2972 <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53010-6>
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales* (3ª Ed.) Editorial Agroamérica. <https://books.google.es/books?id=NBtu79LJ4h4C&pg=PA45&dq=linneo+alimento+de+los+dios+es+cacao&hl=es&sa=X&ei=tvULU8jXGI-07Qbz0YGIaAw&ved=0CEgQ6AEwBA#v=onepage&q=alimento%20de%20los%20dioses&f=false>
- Linné, C. (1753). *Species Plantarum*. vol. 2. *Biodiversity Heritage Library [BHL]*. <https://www.biodiversitylibrary.org/page/358803#page/224/mode/1up>
- Lucas León, J.A. (2016). *Efectos de la asociación Micorrizas más Trichoderma sobre el crecimiento de plántulas de cacao (Theobroma cacao L.) en viveros, en la zona de Babahoyo*. (Proyecto Fin de Carrera, Universidad Técnica de Babahoyo). <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3015/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000004.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2013). Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de cacauero (*Theobroma cacao* L.). <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos->



[agropecuarios/insumos-agricolas/protectao-de-cultivar/archivos-frutiferas/cacao_formulario_19abr2013p-1.doc](https://www.ull.es/agropecuarios/insumos-agricolas/protectao-de-cultivar/archivos-frutiferas/cacao_formulario_19abr2013p-1.doc)

Molera Teruel, A. (2024). *Del cacao al chocolate*. <https://www.icia.es/icia/download/publicaciones/Cafe-Cacao.pdf>

Motamayor, J.C., Lachenaud, P., da Silva e Mota, J.W., Loor, R., Kuhn, D., Brown, J.S. & Schnell, R.J. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L.). *PLoS ONE* 3(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>

Ochoa, J. (2023). La historia del chocolate y su leyenda. *México Desconocido*. <https://www.mexicodesconocido.com.mx/chocolate-historia-y-leyenda.html>

Promotora de Comercio Exterior [Procomer]. (2024). Manual Técnico: Cosecha de cacao fino y de aroma. <https://www.procomer.com/wp-content/uploads/Manual-Cosecha-de-cacao-fino-y-de-aroma.pdf> [acceso: 05-05-2024]

Restrepo Quiroz, T.I. & Urrego Posso, J.E. (2018). Protocolo para la caracterización morfológica de árboles élite de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Grupo Nutresa*. https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2020/06/Cartilla_Protocolo_Cacao-dic20_VFF.pdf

Ríos Moyano, D.K., Rodríguez-Cruz, F.A., Salazar-Peña, J.A. & Ramírez-Godoy, A. (2019). Factores asociados a la polinización del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agronomía Mesoamericana*. <https://doi.org/10.15517/am.2023.52280>

Ruggiero, M. A., Gordon, D. P., Orrell, T. M., Bailly, N., Bourgoin, T., Brusca, R. C., Cavalier-Smith, T., Guiry, M. D., & Kirk, P. M. (2015). A higher level classification of all living organisms. *PLoS One*, 10(4), e0119248. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119248>

Schwan, R. F., & Wheals, A. E. (2004). The Microbiology of Cocoa Fermentation and its Role in Chocolate Quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(4), 205–221. <https://doi.org/10.1080/10408690490464104>

Thomas, E., Lastra, S.R.L., & Zavaleta, D.P. (2023). Catálogo de cacaos de Perú. Lima (Perú): Biodiversity International; MOCCA.149 p. <https://hdl.handle.net/10568/131752>

Torres Guizado, P.R., García Veliz, V., García Machari, O., Quispe Lamberto, M., Tuesta Espejo, K., Reyes de la O, C., Medina Meza, J. & Caysahuana García, A. (2016). Manual de proceso de calidad de cacao fino de aroma. *Cooperativa Agraria Cafetalera Pangoa [CAC. PANGO]*. https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/manual_de_proceso_de_calidad_de_cacao_fino_de_aroma_selva_central_peru.pdf

Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales [UPOV]. (2011). TG/CACAO (Proj. 4). https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/es/tc/47/tg_cacao_proj_4.pdf

Valenzuela Arango, J.F., Jaraba Chadid, A.B., Buriticá Llanos, Á.J., Vega Galvis, F.N., Urrego Posso, J.E., Bautista Muñoz, J.F., Puerta Restrepo, J.A., Yepes Hoyos, J.E., Herrán Ramírez, L.A., López Gómez, M., Ardila Díaz, N., Hincapié Echeverri, O.D., Hernández Pérez, P.E., Martínez Giraldo, S. & Gallo Castañeda, Y. (2014). Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.): Nutrición y fertilización. *Grupo Nutresa*. https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2024/02/PDF_WEB_FOLLETO_NUTRICION_Y_FERTILIZACION.pdf

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



10. Anexos

10.1. Fichas por accesión

A continuación, se exponen los resultados obtenidos por cada accesión, así como una foto de estas, todo ello con el fin de que se puedan comparar de forma visual las diferencias entre accesiones y el resultado obtenido en sus respectivas tablas. No se mostrarán en dichas tablas los caracteres que obtuvieron coeficientes de variación superiores a 25% y por tanto no se tuvieron en cuenta para el cálculo.

10.1.1. Accesión TC005

Se observa la accesión TC005 presente en la colección del ICIA (Figura 41, Figura 42 y Tabla 13).



Figura 41. Flor, hoja y brote joven de la accesión TC005.



Figura 42. Flor de la accesión TC005.



Tabla 13. Caracteres de la accesión TC005.

Carácter	Órgano	Resultado
<i>Forma de la base</i>	Hoja	Obtusa
<i>Intensidad de verde</i>	Hoja	Medio
<i>Tamaño</i>	Hoja	Grande
<i>Forma del ápice</i>	Hoja	Acuminado
<i>Color del brote joven</i>	Hoja	Rojo claro
<i>Forma</i>	Hoja	Oblonga
<i>Longitud del pecíolo</i>	Hoja	Mediano
<i>Color del pecíolo</i>	Hoja	Verde claro

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



10.1.2. Accesoión TC008

Se observa la accesoión TC008 presente en la colección del ICIA (Figura 43, Figura 44 y Tabla 14).



Figura 43. Flor, hoja y brote joven de la accesoión TC008.



Figura 44. Flor de la accesoión TC008.

Tabla 14. Caracteres de la accesoión TC008.

Carácter	Órgano	Resultado
<i>Forma de la base</i>	Hoja	Redondeada
<i>Intensidad de verde</i>	Hoja	Medio



<i>Tamaño</i>	Hoja	Medio
<i>Forma del ápice</i>	Hoja	Acuminado
<i>Color del brote joven</i>	Hoja	Rojo medio
<i>Forma</i>	Hoja	Oblonga
<i>Longitud del peciolo</i>	Hoja	Mediano
<i>Color del peciolo</i>	Hoja	Verde oscuro
<i>Longitud del sépalo</i>	Flor	Media
<i>Pigmentación antocianica del sépalo</i>	Flor	Moderada
<i>Color de la lígula</i>	Flor	Amarillo
<i>Pigmentación antocianica de los estaminodios</i>	Flor	Fuerte
<i>Pigmentación antocianica del pedúnculo</i>	Flor	Moderada

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



10.1.3. Accesoión TC002

Se observa la accesoión TC002 presente en la colección del ICIA (Figura 45, y Tabla 15).



Figura 45. Hoja y brote joven de la accesoión TC002.

Tabla 15. Caracteres de la accesoión TC002.

<i>Carácter</i>	<i>Órgano</i>	<i>Resultado</i>
<i>Forma de la base</i>	Hoja	Aguda
<i>Intensidad de verde</i>	Hoja	Claro
<i>Tamaño</i>	Hoja	Medio
<i>Forma del ápice</i>	Hoja	Acuminado
<i>Color del brote joven</i>	Hoja	Verde claro
<i>Forma</i>	Hoja	Muy oblonga
<i>Color del peciolo</i>	Hoja	Verde claro



10.1.4. Accesoión TC004

Se observa la accesoión TC004 presente en la colección del ICIA (Figura 46, Figura 47, Figura 48, Figura 49 y Tabla 16).



Figura 46. Flor, hoja y brote joven de la accesoión TC004.



Figura 47. Flor de la accesoión TC004.



Figura 48. Fruto de la accesión TC004 correspondiente al ejemplar nº27.



Figura 49. Fruto abierto de la accesión TC004 correspondiente al ejemplar nº27.

Tabla 16. Caracteres de la accesión TC004.

Carácter	Órgano	Resultado
<i>Forma de la base</i>	Hoja	Obtusa
<i>Intensidad de verde</i>	Hoja	Medio
<i>Tamaño</i>	Hoja	Medio



<i>Forma del ápice</i>	Hoja	Acuminado
<i>Color del brote joven</i>	Hoja	Rojo medio
<i>Forma</i>	Hoja	Oblonga
<i>Longitud del peciolo</i>	Hoja	Corto
<i>Color del peciolo</i>	Hoja	Verde claro
<i>Longitud del sépalo</i>	Flor	Media
<i>Ancho del sépalo</i>	Flor	Medio
<i>Pigmentación antocianica del sépalo</i>	Flor	Moderada
<i>Color de la lígula</i>	Flor	Amarillo
<i>Pigmentación antocianica de los estaminodios</i>	Flor	Fuerte
<i>Pigmentación antocianica del pedúnculo</i>	Flor	Fuerte
<i>Forma</i>	Fruto	Elíptica
<i>Estrangulamiento basal</i>	Fruto	Débil
<i>Forma del ápice</i>	Fruto	Agudo
<i>Longitud</i>	Fruto	Corta
<i>Diámetro</i>	Fruto	Medio
<i>Longitud / Diámetro</i>	Fruto	Medio
<i>Superficie</i>	Fruto	Moderadamente rugosa
<i>Profundidad entre los lomos</i>	Fruto	Poco profunda
<i>Color</i>	Fruto	Amarillo
<i>Color de la pulpa</i>	Fruto	Crema oscuro



10.1.5. Accesoión TC003

Se observa la accesoión TC003 presente en la colección del ICIA (Figura 50, Figura 51, Figura 52, Figura 53 y Tabla 17).



Figura 50. Flor, hoja y brote joven de la accesoión TC003.



Figura 51. Flor de la accesoión TC003.



Figura 52. Fruto de la accesión TC003 correspondiente al ejemplar nº16.



Figura 53. Fruto abierto de la accesión TC003 correspondiente al ejemplar nº16.

Tabla 17. Caracteres de la accesión TC003.



Carácter	Órgano	Resultado
<i>Forma de la base</i>	Hoja	Obtusa
<i>Intensidad de verde</i>	Hoja	Oscuro
<i>Tamaño</i>	Hoja	Medio
<i>Forma del ápice</i>	Hoja	Acuminado
<i>Color del brote joven</i>	Hoja	Rojo oscuro
<i>Forma</i>	Hoja	Muy oblonga
<i>Longitud del pecíolo</i>	Hoja	Mediano
<i>Color del pecíolo</i>	Hoja	Verde claro
<i>Longitud del sépalo</i>	Flor	Media
<i>Ancho del sépalo</i>	Flor	Medio
<i>Pigmentación antocianica del sépalo</i>	Flor	Ausente
<i>Color de la lígula</i>	Flor	Amarillo
<i>Pigmentación antocianica de los estaminodios</i>	Flor	Fuerte
<i>Pigmentación antocianica del pedúnculo</i>	Flor	Fuerte
<i>Forma</i>	Fruto	Oblonga
<i>Estrangulamiento basal</i>	Fruto	Medio
<i>Forma del ápice</i>	Fruto	Agudp
<i>Longitud</i>	Fruto	Media
<i>Díámetro</i>	Fruto	Medio
<i>Longitud / Díámetro</i>	Fruto	Medio
<i>Superficie</i>	Fruto	Lisa
<i>Profundidad entre los lomos</i>	Fruto	Media
<i>Color</i>	Fruto	Rojo medio
<i>Color de la pulpa</i>	Fruto	Blanco

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



10.1.6. Accesoión TC006

Se observa la accesoión TC006 presente en la colección del ICIA (Figura 54 y Tabla 18).



Figura 54. Flor (no estudiada), hoja y brote joven de la accesoión TC006.

Tabla 18. Caracteres de la accesoión TC006.

Carácter	Órgano	Resultado
<i>Forma de la base</i>	Hoja	Aguda
<i>Intensidad de verde</i>	Hoja	Medio
<i>Tamaño</i>	Hoja	Pequeño
<i>Forma del ápice</i>	Hoja	Acuminado
<i>Color del brote joven</i>	Hoja	Rojo claro
<i>Forma</i>	Hoja	Oblonga
<i>Color del pecíolo</i>	Hoja	Verde claro



10.1.7. Accesoión C.P.

Se observa la accesoión C.P. presente en la colección del ICIA (Figura 55 y Tabla 19).



Figura 55. Hoja y brote joven de la accesoión C.P.

Tabla 19. Caracteres de la accesoión C.P.

<i>Carácter</i>	<i>Órgano</i>	<i>Resultado</i>
<i>Forma de la base</i>	Hoja	Redondeada
<i>Intensidad de verde</i>	Hoja	Oscuro
<i>Tamaño</i>	Hoja	Grande
<i>Forma del ápice</i>	Hoja	Acuminado
<i>Color del brote joven</i>	Hoja	Rojo oscuro
<i>Forma</i>	Hoja	Oblongo-elíptica
<i>Longitud del pecíolo</i>	Hoja	Largo
<i>Color del pecíolo</i>	Hoja	Verde oscuro



10.2. Matrices básicas de datos

En este anejo se insertan las matrices básicas de datos cualitativos (Tabla 20, Tabla 21 y Tabla 22) y de datos cuantitativos (Tabla 23, Tabla 24 y Tabla 25), procesadas en el programa Microsoft Excel, donde se ha extraído su moda (datos cualitativos), su coeficiente de variación, desviación estándar y promedio para todos los caracteres (datos cuantitativos).

10.2.1. Matriz básica de datos cualitativos

Tabla 20. Numeración de las accesiones para la matriz básica de datos cualitativos.

Registro	Número
TC005	1
TC008	2
TC002	3
TC004	4
TC003	5
TC006	6
C.P.	7

Tabla 21. Numeración de los parámetros cualitativos para la matriz básica de datos y cantidad de resultados.

Caracteres	Parte	Número	Resultados
Forma de la base	Hoja	1	1, 2, 3, 4
Intensidad de verde	Hoja	2	1, 2, 3
Tamaño	Hoja	3	1, 2, 3
Forma del ápice	Hoja	4	1, 2, 3
Color del brote joven	Hoja	5	1, 2, 3, 4, 5, 6
Forma	Hoja	6	1, 2, 3, 4, 5, 6
Longitud del pecíolo	Hoja	7	1, 2, 3
Color del pecíolo	Hoja	8	1, 2, 3
Longitud del sépalo	Flor	9	1, 2, 3
Ancho del sépalo	Flor	10	1, 2, 3
Pigmentación antocianica del sépalo	Flor	11	1, 2, 3
Color de la lígula	Flor	12	1, 2, 3, 4
Pigmentación antocianica de los estaminodios	Flor	13	1, 2, 3
Pigmentación antocianica del pedúnculo	Flor	14	1, 2, 3, 4



<i>Forma</i>	Fruto	15	1, 2, 3, 4, 5
<i>Estrangulamiento basal</i>	Fruto	16	1, 2, 3, 4
<i>Forma del ápice</i>	Fruto	17	1, 2, 3, 4
<i>Longitud</i>	Fruto	18	1, 2, 3
<i>Diámetro</i>	Fruto	19	1, 2, 3, 4
<i>Longitud / Diámetro</i>	Fruto	20	1, 2, 3, 4, 5, 6
<i>Superficie</i>	Fruto	21	1, 2, 3
<i>Profundidad entre los lomos</i>	Fruto	22	1, 2, 3, 4
<i>Color</i>	Fruto	23	1, 2, 3, 4, 5, 6
<i>Grosor del pericarpo</i>	Fruto	24	1, 2, 3
<i>Color de la pulpa</i>	Fruto	25	1, 2, 3
<i>Número de semillas</i>	Fruto	26	1, 2, 3

Tabla 22. Matriz básica de datos cualitativos.

<i>Caracter</i>	<i>Accesión</i>							<i>Moda</i>
	1	2	3	4	5	6	7	
1	2	3	1	2	2	1	3	3
2	2	2	1	2	3	2	3	2
3	5	3	3	3	3	1	5	3
4	1	1	1	1	1	1	1	1
5	4	4	1	5	6	4	6	4
6	5	5	6	5	5	6	4	5
7	2	2	99	1	2	99	3	2
8	1	2	1	1	1	1	2	1
9	99	2	99	2	2	99	99	2
10	99	99	99	2	2	99	99	2
11	99	2	99	3	3	99	99	3
12	99	2	99	2	1	99	99	2
13	99	3	99	3	3	99	99	3
14	99	3	99	3	3	99	99	3
15	99	99	99	3	4	99	99	3, 4
16	99	99	99	1	2	99	99	1, 2
17	99	99	99	2	2	99	99	2
18	99	99	99	1	2	99	99	1, 2

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



19	99	99	99	2	2	99	99	2
20	99	99	99	2	2	99	99	2
21	99	99	99	2	1	99	99	1, 2
22	99	99	99	1	2	99	99	1, 2
23	99	99	99	2	4	99	99	2, 4
24	99	99	99	99	99	99	99	99
25	99	99	99	3	3	99	99	3
26	99	99	99	99	99	99	99	99

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01



10.2.2. Matriz básica de datos cuantitativos

Tabla 23. Numeración de las accesiones para la matriz básica de datos cuantitativos.

Registro	Número
TC005	1
TC008	2
TC002	3
TC004	4
TC003	5
TC006	6
C.P.	7

Tabla 24. Numeración de los parámetros cuantitativos para la matriz básica de datos.

Caracteres	Parte	Número
Forma	Hoja	1
Longitud del pecíolo	Hoja	2
Longitud del sépalo	Flor	3
Ancho del sépalo	Flor	4
Longitud	Fruto	5
Diámetro	Fruto	6
Longitud / Diámetro	Fruto	7

Tabla 25. Matriz básica de datos cuantitativos.

Caracter	Accesión							Promedio	Desv. Estándar (\pm)
	1	2	3	4	5	6	7		
1	2,66 $\pm 0,25$	2,75 $\pm 0,57$	3,18 $\pm 0,44$	2,45 $\pm 0,35$	3,4 $\pm 0,44$	2,51 $\pm 0,35$	2,19 $\pm 0,26$	2,73	0,39
2 (cm)	2,5 $\pm 0,46$	2,65 $\pm 0,48$	2,48 $\pm 0,89$	2,2 $\pm 0,5$	2,65 $\pm 0,62$	1,48 $\pm 0,54$	7,17 $\pm 1,61$	3,01	1,74
3 (mm)	-	7,95 $\pm 0,85$	-	7,7 $\pm 0,81$	7,89 $\pm 0,77$	-	-	7,85	0,11
4 (mm)	-	-	-	2,64 $\pm 0,44$	2,91 $\pm 0,41$	-	-	2,78	0,14
5 (cm)	-	-	-	15,51 $\pm 3,73$	19,66 $\pm 4,65$	-	-	17,59	2,08
6 (cm)	-	-	-	6,93 $\pm 0,83$	7,42 $\pm 1,4$	-	-	7,18	0,25
7	-	-	-	2,23 $\pm 0,31$	2,65 $\pm 0,4$	-	-	2,44	0,21



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 6557788

Código de verificación: SRat3cKG

Firmado por: Domingo José Ríos Mesa
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 26/06/2024 07:22:01

