



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA AGRONOMIA (REDISEÑO)

Proyecto de Investigación previo a la
obtención del título de Ingeniera
Agrónoma.

Título del Proyecto de Investigación:

“Caracterización morfológica de 92 accesiones del cultivo de achiote (*Bixa orellana*) del
banco de germoplasma del INIAP (EETP)”

Autor:

Melissa Mishell Quishpe Franco

Tutor del proyecto de investigación:

Ing. Freddy Javier Guevara Santana M.Sc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Melissa Mishell Quishpe Franco**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Melissa Mishell Quishpe Franco

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **FREDDY GUEVARA SANTANA**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **MELISSA MISHELL QUISHPE FRANCO**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “Caracterización morfológica de 92 accesiones del cultivo de achioté (*Bixa orellana*) del banco de germoplasma del INIAP (EETP)”, previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente;

Ing. Freddy Javier Guevara Santana, M.Sc.
TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Document Information

Analyzed document	TESIS QUISHPE.pdf (D139370305)
Submitted	2022-06-05T19:47:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	fquevara@uteq.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	fquevara.uteq@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / INVESTIGACIÓN JOSHUA ACURIO FINAL.docx		3
	Document INVESTIGACIÓN JOSHUA ACURIO FINAL.docx (D138939922)		
	Submitted by: mrivero@uteq.edu.ec Receiver: jreyes.uteq@analysis.arkund.com		
SA	jeff perfil de achiote a entregar.docx		2
	Document jeff perfil de achiote a entregar.docx (D11588138)		
SA	Tesis_caracterizacion_morfologica_pepinodulce_27_04_21.docx		3
	Document Tesis_caracterizacion_morfologica_pepinodulce_27_04_21.docx (D103812960)		
SA	10.TESIS PREDEFENSA_Marjorie Asanza.pdf		20
	Document 10.TESIS PREDEFENSA_Marjorie Asanza.pdf (D111617804)		



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA (REDISEÑO)**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Caracterización morfológica de 92 accesiones del cultivo de achiote (*Bixa orellana*) del banco de germoplasma del INIAP (EETP)”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma.

Aprobado por:

Ing. M.Sc. Moisés Menace Almea
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M.Sc. Erick Alberto Eguez Enríquez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. M.Sc. Cesar Ramiro Berneo Toledo
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MOCACHE – LOS RÍOS – ECUADOR

2022

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios por siempre acompañarme, darme fortaleza y sobre todo salud para culminar con mucha dicha el presente trabajo de investigación.

A mi madre y hermano, por su apoyo incondicional, cariño y esfuerzo que han hecho durante todo este tiempo de preparación académica, en especial a mi madre ya que siempre ha sido mi ejemplo de superación, humildad y sobre todo perseverancia.

Le agradezco a mi director de tesis, M.Sc. Freddy Guevara, por su apoyo, orientación y amistad que han permitido culminar de forma exitosa este trabajo de investigación.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por haber permitido formar parte de esta institución y sobre todo la gran oportunidad de apoyarme con mi formación profesional.

A la Estación Experimental Tropical Pichilingue, departamento de recursos filogenéticos que me abrió sus puertas y me brindo los conocimientos necesarios para la culminación de mi proyecto de investigación.

Al Economista Raúl Mora Yela por apoyarme incondicionalmente y sobre todo orientándome en la elaboración de esta investigación.

También agradezco infinitamente a mis amigos: Liseth Manobanda, Josselyn García y Johon Bravo por creer en mí y permitir haber hecho de esta una etapa universitaria llena de vivencias que jamás olvidare.

Finalmente agradezco a todas las personas que me apoyaron durante este camino y me apoyaron para la culminación de mi preparación académica.

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con gratitud a los seres queridos que me han apoyado permitiéndome seguir adelante y sobre todo motivándome.

A mi madre y hermano, Flor Franco y Francisco Herrera por el amor incondicional que me han brindado y han estado conmigo todo el tiempo.

A mis docentes que no dimitieron en su enseñanza para enriquecer los conocimientos en mí.

Melissa Quishpe Franco

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP ubicada en el cantón Mocache km 5.5 de la Vía Quevedo- El Empalme. El objetivo de la presente investigación fue caracterizar morfológicamente 92 accesiones de achote (*Bixa orellana*) establecidas en el banco de germoplasma de la Estación, las accesiones fueron colectadas en tres provincias del Litoral ecuatoriano: Manabí, El Oro y Santa Elena. En esta investigación se caracterizaron 90 de estas accesiones ya que dos de ellas se encontraron muertas, de esta colección se tomaron 26 variables en total, las de características cualitativas contenían descriptores tales como color de flor, color de la pubescencia, color de hoja, brote, entre otros. También se tomó datos de características cuantitativas como tamaño de fuste, hoja, fruto, etc. Por medio del análisis de conglomerados se realizó el agrupamiento de estas 90 accesiones, obteniendo tres grupos el primero se encuentra conformado por 16 accesiones, el grupo 2 con 36 accesiones, finalmente el tercero contiene 38 accesiones. Mediante la distribución de frecuencias se realizó un análisis descriptivo para las variables cuantitativas en el que se pudo conocer que las características que presentaron mayor variabilidad genética fueron peso de 100 semillas, longitud y ancho de hoja, panícula y fuste; mientras que los caracteres cualitativos que fueron evaluados presentaron siete de ellos altos valores discriminantes tales como: color de la base del fruto, color de la pubescencia, color del ápice del fruto, color de la flor, etc. Estos permitieron separar en grupos genéticos la colección.

Palabras clave: Análisis de conglomerados, cultivares, descriptor cualitativo, descriptor cuantitativo, recursos filogenéticos.

SUMMARY

The present investigation was carried out at the INIAP Pichilingue Tropical Experimental Station located in the Mocache canton km 5.5 of the Vía Quevedo-El Empalme. The objective of this research was to morphologically characterize 92 accessions of achiote (*Bixa orellana*) established in the germplasm bank of the Station, the accessions were collected in three provinces of the Ecuadorian Coast: Manabí, El Oro and Santa Elena. In this investigation, 90 of these accessions were characterized since two of them were found dead, from this collection 26 variables were taken in total, those of qualitative characteristics contained descriptors such as flower color, pubescence color, leaf color, bud, among others. Data on quantitative characteristics such as stem size, leaf, fruit, etc. were also taken. Through cluster analysis, the grouping of these 90 accessions was carried out, obtaining three groups: the first is made up of 16 accessions, group 2 with 36 accessions, and finally the third contains 38 accessions. Using the distribution of frequencies, a descriptive analysis was carried out for the quantitative variables in which it was possible to know that the characteristics that presented the greatest genetic variability were weight of 100 seeds, length and width of leaf, panicle and stem; while the qualitative characters that were evaluated presented seven of them with high discriminant values such as: fruit base color, pubescence color, fruit apex color, flower color, etc. These allowed the collection to be separated into genetic groups.

Keywords: Cluster analysis, cultivars, qualitative descriptor, quantitative descriptor, phylogenetic resources.

INDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN.....	viii
SUMMARY	ix
INDICE DE CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
CÓDIGO DUBLÍN	xvi
INTRODUCCIÓN	1
 CAPÍTULO I CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de la investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación	6
 CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco conceptual.....	8
2.1.1. Origen del cultivo de achiote	8
2.1.2. El achiote en el mundo.....	8
2.1.3. Habitat y distribución	9
2.1.4. Clasificación taxonómica.....	9

2.1.5. Descripción morfológica.....	9
2.1.5.1. Raíz.....	10
2.1.5.2. Tallo.....	10
2.1.5.3. Flores.....	10
2.1.5.4. Frutos.....	10
2.1.5.5. Polinización.....	10
2.1.6. Variedades.....	10
2.1.7. Usos de las Semillas del Achiote.....	12
2.1.8. Características agroclimáticas.....	12
2.1.8.1. Suelo.....	12
2.1.8.2. Temperatura.....	12
2.1.8.3. Luminosidad.....	13
2.1.9. Recursos fitogenéticos.....	13
2.2. Marco referencial.....	13
2.2.1. Caracterización de los principales cultivares de achiote.....	13
 CAPÍTULO III METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
3.1. Localización de la investigación.....	16
3.2. Tipo de investigación.....	16
3.3. Métodos de investigación.....	16
3.4. Fuentes de recopilación de información.....	16
3.5. Análisis estadístico.....	17
3.5.1 Analisis de conglomerados.....	17
3.5.2 Distribucion de frecuencia.....	17
3.6. Instrumentos de investigación.....	17
3.6.1 Variables en estudio.....	18
3.7. Tratamiento de los datos.....	18
3.7.1 Recolección de datos.....	18
3.8. Recursos humanos y materiales.....	26
3.8.1 Material vegetal.....	26
3.8.2 Recursos humanos.....	29
3.8.3 Recursos materiales.....	29
3.9. Financiamiento.....	30

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. Resultados.....	32
4.1.1. <i>Determinación de la diversidad genética</i>	32
4.1.2. <i>Determinación del valor discriminante de los caracteres para separar grupos genéticos</i>	33
4.1.2.1. Caracteres cuantitativos.	33
4.1.2.2. Caracteres cualitativos.	34
4.1.3. <i>Clasificación de los tres grupos en porcentaje de las características cualitativas del cultivo de achiote.</i>	35
4.1.4. <i>Figuras de las variables más discriminantes</i>	38
4.1.4.1. Color de la base del fruto.....	39
4.1.4.2. Color de la pubescencia.	39
4.1.4.3. Color del ápice del fruto.	40
4.1.4.4. Color de la flor.	41
4.1.5. <i>Análisis de agrupamiento de accesiones de achiote</i>	41
4.1.6. <i>Análisis de componentes principales</i>	45
 CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	 49
5.1. Conclusiones	50
5.2. Recomendaciones.....	51
 CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA	 52
6.1. Bibliografía	53
 CAPITULO VII	 56
ANEXOS.....	56
7.1. Anexos.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del achiote (<i>Bixa orellana</i>).....	9
Tabla 2. Condiciones meteorológicas de Quevedo.....	16
Tabla 3. Material vegetal de las 90 accesiones de achiote establecido en INIAP.	26
Tabla 4. Continuación de la tabla 3.....	27
Tabla 5. Continuación de la tabla 3.....	28
Tabla 6. Continuación de la tabla 3.....	29
Tabla 7. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimos y máximos para las características de la planta, hojas, fruto, fuste y semillas de 90 accesiones de achiote (<i>Bixa Orellana</i>)......	32
Tabla 8. Valores promedios para 8 caracteres cuantitativos en tres grupos de achiote obtenidos de las 90 accesiones colectadas de las provincias Manabí, El Oro y Santa Elena.	33
Tabla 9. Descriptores cualitativos de mayor valor discriminatorio entre los tres grupos de las 90 accesiones de achiote en el agrupamiento jerárquico de Ward.	34
Tabla 10. Clasificación de los grupos de acuerdo con los estados de sus caracteres más discriminantes en las 90 accesiones de achiote colectadas en las tres provincias antes mencionadas.	35
Tabla 11. Continuación de la tabla 10.....	36
Tabla 12. Continuación de la tabla 10.....	37
Tabla 13. Continuación de la tabla 10.....	38
Tabla 14. Distribución de las 90 accesiones de achiote colectadas en las provincias de Manabí, Santa Elena y El Oro por grupos mediante el análisis jerárquico de Ward.	41
Tabla 15. Continuación de la tabla 14.....	42
Tabla 16. Distribución por grupos, frecuencias y porcentajes de variabilidad de las 90 accesiones de achiote.	43
Tabla 17. Variables que representan los componentes principales 1 y 2 que expresan la variación total de las 90 accesiones de achiote colectadas.....	45
Tabla 18. Continuación de la tabla 17.....	46
Tabla 19. Autovalores y variabilidad expresada por los componentes principales de 26 caracteres agronómicos en la caracterización de la colección de achiote.	46
Tabla 20. Continuación de la tabla 19.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de (Bixa orellana).....	11
Figura 2. Características de la planta (Bixa orellana). 2A .Hojas, 2B. Flores, 2C. Corteza, 2D. Fruto.	11
Figura 3. Frutos de achiote.....	12
Figura 4. Color de la flor.....	20
Figura 5. Forma de la hoja (ápice).....	21
Figura 6. Forma del ápice.....	21
Figura 7. Colores de ápice, base y pubescencia del achiote.....	22
Figura 8. Estado de pubescencia de frutos.	23
Figura 9. Longitud de la pubescencia.	23
Figura 10. Forma de la base de los frutos.	24
Figura 11. Forma del ápice del fruto.....	24
Figura 12 . Formas del fruto.....	25
Figura 13. Diferentes colores de pigmentación del achiote	25
Figura 14. Formas de la copa.	26
Figura 15. Color de la base del fruto en los tres grupos genéticos de achiote caracterizados en las 90 accesiones colectadas.	39
Figura 16. Color de la pubescencia en los tres grupos genéticos de achiote caracterizados en las 90 accesiones colectadas.	39
Figura 17. Color del ápice del fruto en los tres grupos genéticos de achiote caracterizados en las 90 accesiones colectadas.	40
Figura 18. Variedad de colores de fruto en base, ápice, pubescencia y tamaño de pubescencia encontradas en las 90 accesiones de achiote.....	40
Figura 19 . Color de la flor de los tres grupos genéticos de achiote caracterizados en las 90 accesiones colectadas.	41
Figura 20. Fenograma obtenido por el agrupamiento jerárquico de Ward según la distancia de Gower de las 90 accesiones de achiote colectadas.....	44
Figura 21. Análisis de Componentes principales a partir de 49 características evaluadas en las 90 accesiones de achiote colectadas.	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Registro de datos cualitativos.....	57
Anexo B. Medición de la hoja del achiote.....	57
Anexo C. Conteo de numero de semillas por capsula.....	58
Anexo D. Peso de 100 semillas.....	58
Anexo E. Conteo de número de panículas.....	58
Anexo F. Captura con datos de programa Infostat.....	59

CÓDIGO DUBLÍN

Titulo:	Caracterización morfológica de 92 accesiones del cultivo de achioté (<i>Bixa orellana</i>) del banco de germoplasma del INIAP (EETP).
Autor:	Quishpe Franco, Melissa Mishell
Palabras clave:	Análisis de conglomerados, cultivares, descriptor cualitativo, descriptor cuantitativo, recursos filogenéticos.
Fecha de publicación:	
Editorial:	
Resumen: (hasta 300 palabras)	La presente investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP ubicada en el cantón Mocache km 5.5 de la Vía Quevedo- El Empalme. El objetivo de la presente investigación fue caracterizar morfológicamente 92 accesiones de achioté (<i>Bixa orellana</i>) establecidas en el banco de germoplasma de la Estación, las accesiones fueron colectadas en tres provincias del litoral ecuatoriano: Manabí, El Oro y Santa Elena. En esta investigación se caracterizaron 90 de estas accesiones ya que dos de ellas se encontraron muertas, de esta colección se tomaron 26 variables en total, las de características cualitativas contenían descriptores tales como color de flor, color de la pubescencia, color de hoja, brote, entre otros. También se tomó datos de características cuantitativas como tamaño de fuste, hoja, fruto, etc. Por medio del análisis de conglomerados se realizó el agrupamiento de estas 90 accesiones, obteniendo tres grupos el primero se encuentra conformado por 16 accesiones, el grupo 2 con 36 accesiones, finalmente el tercero contiene 38 accesiones. Mediante la distribución de frecuencias se realizó un análisis descriptivo para las variables cuantitativas en el que se pudo conocer que las características que presentaron mayor variabilidad genética fueron peso de 100 semillas, ancho de hoja, panícula, y fuste. Mientras que los caracteres cualitativos que fueron evaluados presentaron siete de ellos altos valores discriminantes tales como: color de la base del fruto, color de la pubescencia, color del ápice del fruto, color de la flor, etc. Estos permitieron separar en grupos genéticos la colección.
Descripción:	75 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM
URI:	

INTRODUCCIÓN

El cultivo del achiote (*Bixa orellana*) tiene gran importancia desde tiempos antiguos ya que esta ha sido explotada para la obtención de una pasta con el fin de ser usada para la elaboración de condimentos, medicamentos, rituales e incluso para elaboración de algunos cosméticos.

Como se sabe el principal constituyente colorante de la semilla del achiote es bixina, que se encuentra en la cubierta exterior de la semilla del fruto, representa más del 80% de los pigmentos presentes, lo cual facilita su extracción (1).

Vega *et al.* (2), manifestó que es un colorante natural de gran interés comercial por sus múltiples usos en la industria alimentaria, cosmética y de medicina; sus colorantes naturales pueden ser utilizados como sustitutos de los colorantes artificiales amarillos y dada la actual tendencia de sustituir productos artificiales por naturales se identifica que el achiote tiene un mercado que se encuentra en crecimiento y con gran acogida dentro de las nuevas generaciones (2).

Actualmente, existe una tendencia de crecimiento a nivel mundial para el mercado del achiote. El principal mercado objetivo a nivel internacional es el europeo, debido a la inclinación existente por el consumo de productos orgánicos (3).

En Ecuador el achiote crece principalmente en la selva y su nombre científico (*Bixa Orellana*) se debe al descubridor del río Amazonas: Francisco de Orellana. Prácticamente todas las etnias indígenas están familiarizadas con su uso como tinte facial y cosmético, ya que actúa además como repelente de insectos y protector solar (4).

Manifestó Freire (5) que los países en vías de desarrollo tienen su mayor riqueza en sus recursos naturales, en particular en la biodiversidad de importantes cultivos con plantas cultivadas y silvestres. Esa riqueza para ser aprovechada, racionalmente, debe ser: conservada, caracterizada, evaluada y mejorada. Por ello se evaluó las diversas características del cultivo mencionado para conocer material promisorio y futuro sean usadas en programas de fitomejoramiento.

La caracterización morfológica de recursos filogenéticos es un proceso que nos permite determinar por medio de un conjunto de caracteres usando descriptores definidos tales como características cualitativas (color de fruto, flor) y cuantitativas (peso de fruto, tamaño de

fruto), los cuales nos permitirán diferenciar de forma taxonómica a las plantas de las diferentes accesiones de achiote.

Es necesario señalar que estos pueden ser fácilmente observables y expresables, permitiéndonos identificarlas, estudiar su variabilidad genética y conservarla. Además, que estos caracteres se agrupan en dos que son constantes y variables. Los constantes son los que tipifican el taxón (especie o variedad), mientras que los variables son las influenciadas por condiciones ambientales, es decir que pueden ser considerados resultantes de la acción del medio ambiente sobre el genotipo.

Uno de los problemas principales que afronta el departamento de recursos filogenéticos de la EET- Pichilingue es la falta de identificación de sus materiales de siembra, por ello esta investigación se realizó con el fin de conocer la diversidad genética que existe enfocándose precisamente en la caracterización de las 92 accesiones de (*Bixa orellana*).

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP cuenta con un banco de germoplasma de (*Bixa orellana*). Por lo que fue conveniente realizar la caracterización con el fin de identificar materiales promisorios que nos permitieron contribuir al establecimiento de nuevas plantaciones y a mejorar las ya existentes.

Como es de conocimiento, las características de las plantas juegan un papel importante en la selección de los genotipos promisorios, puesto que estos pueden ser utilizados en programas de mejoramiento del cultivo, siendo así necesario realizar esta caracterización del banco de germoplasma procedente de diversas provincias.

Es importante conocer que la caracterización morfológica es el primer paso para un programa de mejoramiento de plantaciones del cultivo aunque este debe ser complementado a futuro con un estudio de caracterización molecular a efecto de validar si efectivamente son materiales genéticos diversos o simplemente son cambios impuestos por el ambiente.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las diversas características morfológicas del cultivo de achiote?

1.1.3. Sistematización del problema

1. ¿Cuántas variedades de achiote existen en INIAP?
2. ¿Existen diferencias entre las características morfológicas de las accesiones del cultivo de achiote de INIAP?
3. ¿Existen genotipos para programas de fitomejoramiento en el cultivo?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Caracterizar morfológicamente 92 accesiones del cultivo de achiote (*Bixa orellana*) del banco de germoplasma en la Estación Experimental Tropical Pichilingue de INIAP.

1.2.2. Objetivos específicos

- Describir características morfológicas de las accesiones utilizando descriptores cuantitativos y cualitativos.
- Establecer los descriptores discriminantes en las variedades del cultivo de achiote.
- Analizar la diversidad genética de las accesiones de achiote.

1.3. Justificación

El achiote es importante no solo por su uso como colorante industrial o por su importancia económica, esta también es significativa por su importancia ecológica y ambiental en la que su hojarasca como cobertura permite la formación de humus o también se usa como barrera contra vientos.

Por ser el achiote un cultivo con valor potencial agronómico y contar en la EET-Pichilingue (INIAP) con una colección que incluye gran variabilidad, se decidió emprender este estudio con el propósito de aportar con información necesaria y actual sobre el cultivo, se realizó la descripción de las variedades que se encuentran en el banco de germoplasma de las provincias de: Manabí, El Oro y Santa Elena.

Esta permitió conocer las diversas variedades que hay en las provincias con el uso de descriptores definidos que pueden ser fácilmente observables en cuanto a caracteres cualitativos y así permitir diferenciarlos, incluso nos permite conocer que variedad de las tres provincias del litoral ecuatoriano tendría mejor rendimiento.

En cuanto a las características constantes son las que tipifican el taxón aunque estas pueden ser influenciadas por condiciones ambientales y el material genético tienda a cambiar, este es el primer paso para que este trabajo de investigación sea complementada por futuras generaciones con información molecular.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Origen del cultivo de achiote

El achiote (*Bixa orellana*) es originaria de América tropical se supone que se originó en el suroeste de la Amazonia. Y se extendió por las áreas tropicales de América desde México hasta Brasil por Argentina y el Caribe, aunque ya lo podemos encontrar en cualquier parte del mundo con climas tropicales (6).

Salguero (7) menciona que el achiote es un arbusto amazónico, originario de América tropical. Es una planta perenne con hojas verdes acorazonadas, posee flores de color blanco y rosado que viven solo unos pocos días y tiene un fruto de forma capsular espinoso el cual tiene diferentes tonalidades de color que van desde amarillo hasta el verde, pero que se tiñen de rojo en estado de madurez.

Esta especie botánica se cultiva principalmente en México, Colombia, Brasil, Perú y Ecuador entre otros y en otras regiones del mundo, como Asia o África, pero el principal productor es el Perú. Después del descubrimiento de América se introdujo a Europa y Asia por el Francés Rochefort en 1659, lo llamo rocou y fue empleado para teñir pieles, lana, seda, huesos, marfil quesos, productos ahumados, mantequillas y una extensa lista de recetas tradicionales. Actualmente su uso está muy extendido, no sólo para fines alimentarios sino por sus propiedades medicinales y múltiples aplicaciones cosméticas (7).

2.1.2. El achiote en el mundo

En los últimos años el achiote (*Bixa orellana*) ha sido un fruto muy demandado en el comercio internacional, esto debido a que en la industria su uso se ha dado en diferentes rubros, aunque su popularidad radica en la semilla, que es utilizada como un colorante natural, en algunas zonas del país, también se utiliza como semilla medicinal, sobre todo para enfermedades respiratorias y dolores renales, así como también algunos fabricantes de cosméticos la emplean en lápices labiales, filtros solares y cremas (8) .

El cultivo del achiote ha tenido importancia desde épocas precolombinas debido a que se ha explotado con la finalidad de obtener una pasta que ha sido utilizada en la elaboración de condimenta, cosméticos, en rituales religiosos y medicamento (9).

2.1.3. *Habitad y distribución*

El achiote se encuentra disperso por toda la región neotropical desde México hasta Perú y Brasil, y se ha extendido a África y Asia (10).

Se le cultiva en zonas con climas tropical y subtropical, en suelos pesados con abundante materia orgánica, permeabilidad, aireación, aunque también se puede adaptar a suelos de baja fertilidad. Requiere suelo bien drenado, prefiriendo los suelos aluviales en las márgenes de los ríos. Se propaga por semillas y se le siembra al inicio de la temporada lluviosa (10).

2.1.4. *Clasificación taxonómica*

Tabla 1

Taxonomía del achiote (Bixa orellana).

Taxonomía del achiote	
Reino	Plantae (vegetal)
Subreino	Tracheobionta
División	Embriofita
Subdivisión	Diploidalia
Sección	<i>Espermatofita (fanerógamas)</i>
Subsección	<i>Angiosperma</i>
Clase	<i>Magnoliopsida (Dicotiledónea)</i>
Subclase	<i>Arquiclamídea</i>
Orden	<i>Violales (Parietales)</i>
Familia	<i>Bixaceae</i>
Genero	<i>Bixa</i>
Especie	<i>Bixa Orellana L. /</i>

Fuente: (11).

2.1.5. *Descripción morfológica*

Es una planta arbustiva perenne que alcanza 3 a 5 m de altura, siendo su copa baja y extendida, como se observa en la Ilustración 1. Su tallo es oscuro y ramificado a poca altura

del suelo. Las hojas simples, grandes, de color verde claro, de bordes lisos, forma acorazonada y con largos peciolo (12).

2.1.5.1. Raíz. La raíz del achiote es pivotante y bien desarrollada, lo que le permite adaptarse a condiciones de suelos pobres (9).

2.1.5.2. Tallo. Según Molina (13) el tronco de la planta de achiote por lo general delgado, cilíndrico, y al realizarle una incisión desprende una sustancia viscosa que es un látex. Ramas jóvenes café claro, delgadas; las puntas verduscas.

2.1.5.3. Flores. Las flores están dispuestas en ramilletes terminales y son hermafroditas, de colores blanco a rosado. El fruto es una capsula de color rojo, erizado de pelos gruesos. En cada valva se encuentra un número variable de semillas, desde 10 hasta 40. En relación con el tamaño de la cápsula. La semilla está recubierta por una sustancia viscosa de color rojo vivo. Características que se puede observar en la Ilustración 2 (12).

2.1.5.4. Frutos. Según Carballo (14) manifestó que el fruto es una cápsula roja, verde, pardos, o morados de 2 a 6 cm de largo. La cápsula presenta espinas cortas o sin ellas, de color verdoso oscuro a morado (según la accesión), dehiscente (fruto abierto) y que al madurar se separan en dos valvas de simetría bilateral, aunque pueden encontrarse accesiones indehiscentes (fruto cerrado); que al madurar pasa a pardo rojizo oscuro Ilustración 3.

La semilla es considerada la parte de la planta con mayor valor comercial ya que es la principal fuente de almacenamiento del pigmento natural, la bixina (14).

2.1.5.5. Polinización. En el achiote según Castañeda (3) manifiesta que la polinización es entomófila, siendo polinizada por abejas, avispa, hormigas, moscas y mariposas; en las poblaciones naturales son las abejas y las mariposas los principales insectos polinizadores. La apertura de las flores se inicia entre las 4 y 5 am y el grano de polen permanece viable durante 10 a 11 horas.

2.1.6. Variedades

El achiote es una especie alógama con un alto porcentaje de polinización cruzada que se acentúa cuando se propaga por semilla y en la descendencia se expresa en variedad de formas, tamaño y coloración de las capsulas y plantas (3).

Según Quiñonez *et al.* (15), las variedades de achiote se diferencian por las características fenotípicas que las plantas expresan al crecer; entre ellas existen diferentes tipos que las

definen e identifican, tales como: flores blancas y cápsulas verdes, flores rosadas y cápsulas con diferentes tonos rojizos. El color de la corteza de los tallos se presenta en gris, rojo, amarillo y verde, sus cápsulas son verdes, rojas, naranjas, café y rojo, con semillas color rojo naranja.



Figura 1

Árbol de achiote (*Bixa orellana*).

Fuente: (12).

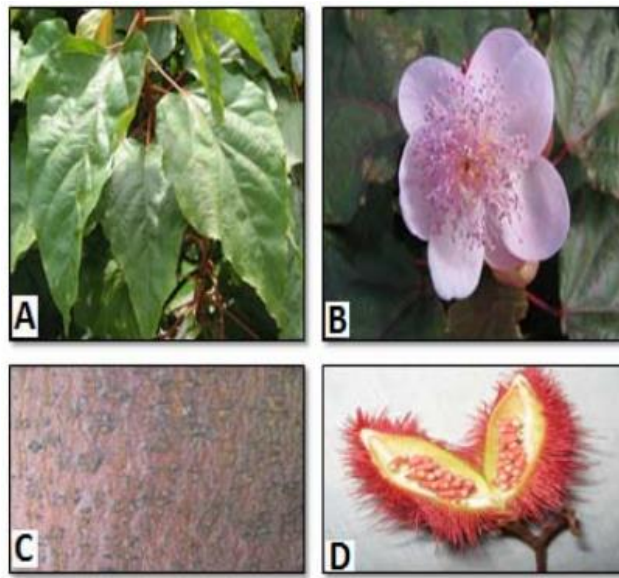


Figura 2

Características de la planta (*Bixa orellana*). 2A .Hojas, 2B. Flores, 2C. Corteza, 2D. Fruto.

Fuente: (12)



Figura 3
Frutos de achiote.
Fuente: (14)

2.1.7. Usos de las Semillas del Achiote

La bixina es una sustancia cristalina de color rojo oscuro, soluble en alcohol, aceites y grasas e insoluble en agua. También se encuentran pequeñas cantidades de isobixina y norbixina; esta última, de color amarillo y soluble en agua e insoluble en grasas, también es un colorante con valor comercial (16).

2.1.8. Características agroclimáticas

El achiote es capaz de adaptarse a distintos tipos de suelos los mismos que deben cumplir con ciertas características necesarias para que permitan un excelente rendimiento y desarrollo de la planta (17).

2.1.8.1. Suelo. Según Castañeda (3) expresa que se adapta a cualquier tipo de clima, suelos ricos en materia orgánica, de textura gruesa y profunda, con pH entre 5.8 y 6.8. Puede crecer en terrenos de altura baja, desde los 100 a 1000 msnm, aunque prospera mejor en zonas planas y relativamente bajas.

2.1.8.2. Temperatura. Soporta temperaturas desde 24 hasta 35° C, sin heladas, y precipitaciones anuales abundantes, de 1000 a 1200 mm al año, en algunas zonas rebasan

los 4000 mm (3). La humedad relativa preferible es entre 60 % y 80 % (si es mayor a 80 % se deben implementar técnicas para prevención de hongos y plagas) (18).

2.1.8.3. Luminosidad. El achiote requiere de una buena luminosidad, distribuida uniformemente sobre su copa para fructificar con mayor uniformidad. Los índices más elevados de horas de sol, corresponden al periodo de floración y fructificación, que coincide con la estación seca. El número de horas luz necesarias es de 10 horas diarias (3).

2.1.9. Recursos fitogenéticos

Los recursos fitogenéticos se conservan para ser utilizados; esto es posible si se conocen sus características y posibles usos. Por ello, es importante la caracterización y evaluación en diversas etapas ya que nos permite conocer el germoplasma y determinar su utilidad

La caracterización y la evaluación son actividades complementarias que consisten en describir los atributos cualitativos y cuantitativos de las accesiones de una misma especie para diferenciarlas, determinar su utilidad, variabilidad genética, estructura, y sus posibles relaciones. Además, permite identificar genes de interés para programas de mejoramiento genético de cultivos o que estimulen su uso en la producción. Es de resaltar que las evaluaciones requieren de un registro de datos y demandan precisión, cuidado y paciencia (19).

2.2. Marco referencial

2.2.1. Caracterización de los principales cultivares de achiote

Arriaza (20) menciona que el grado de similitud entre dos o más cultivares varia, ya que al existir mayor distancia habrá menor similitud, siendo cero la máxima similitud.

Pech (21) manifestó que las características expresadas de la flor, el fruto y la semilla, proporcionaron información congruente sobre el valor agronómico y fueron determinantes en la identificación del material genético disponible dentro de la colección de plantas de achiote.

Peña (22), al caracterizar cacao determinó que mientras más altos sean los niveles de coeficiente de variación mayor variabilidad o diversidad existe dentro de la colección, por lo que mayor será el margen de selección.

La caracterización morfológica de recursos fitogenéticos es la determinación de un conjunto de caracteres mediante el uso de descriptores definidos que permiten diferenciar

taxonómicamente a las plantas. Algunos caracteres pueden ser altamente heredables, fácilmente observables y expresables en la misma forma en cualquier ambiente (23).

Las características morfológicas se utilizan para estudiar la variabilidad genética, para identificar plantas y para conservar los recursos genéticos. Por lo tanto la caracterización es el primer paso en el mejoramiento de los cultivos y programas de conservación (24).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la investigación

La caracterización del achiote se llevó a cabo en una sección de las colecciones del área de recursos Fitogenéticos de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, ubicado en el km 5 de la vía Quevedo-El Empalme, perteneciente al cantón Mocache, provincia de Los Ríos, con coordenadas geográficas de 01°27'27''S y 79°27'42''W, con un suelo de tipo arcilloso y una altitud de 70 m.

Tabla 2

Condiciones meteorológicas de Quevedo.

Factores climáticos	Medias
Temperatura	24.9 °C
Precipitación anual	2295.1 mm
Humedad Relativa	84%

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. ESTACIÓN PICHILINGUE. SERIE 1990-2019.

3.2. Tipo de investigación

El proyecto de investigación es de tipo diagnóstica y fue realizada en condiciones campo, se efectuó una caracterización a nivel morfológico para conocer variedades y características existentes en las tres provincias del Ecuador.

3.3. Métodos de investigación

En esta investigación se emplearon los métodos deductivos y de observación, los cuales permitieron identificar características de las accesiones del banco de germoplasma.

3.4. Fuentes de recopilación de información

Para la investigación se recopiló información de fuentes primarias y secundarias:

- **Fuentes primarias:** Información por medio de la observación directa.
- **Fuentes secundarias:** Información de tesis, revistas, artículos, documentos.

3.5. Análisis estadístico

3.5.1. Análisis de conglomerados

En el caso de las variables cuantitativas se realizó un análisis Multivariado de Componentes Principales y se estableció correlaciones entre las variables analizadas. Los resultados se presentaron mediante gráfico Biplot. Los análisis fueron efectuados con el software estadístico Infostat.

Para complementar los resultados, las variables cualitativas y cuantitativas fueron agrupadas y evaluadas mediante análisis Multivariado de Conglomerados. Este análisis agrupó elementos en grupos homogéneos, en el caso del agrupamiento jerárquico, los datos se ordenaron en niveles de manera que los niveles superiores contienen a los inferiores, utilizando una matriz de distancias u homogeneidad entre los elementos de la muestra.

También se utilizó el coeficiente de similitud de Gower y el método de enlace de Ward. El coeficiente de similitud de Gower permitió evaluar características cuantitativas y cualitativas de forma simultánea. Permitiendo calcular las distancias entre individuos, la similitud o distancia utilizada pues de ello depende en gran medida que los resultados finales tengan la mayor confiabilidad posible. Este índice o coeficiente de similitud se selecciona de acuerdo con las variables medidas.

Por último se elaboró figuras de barras de las variables más discriminantes que nos permitieron conocer los porcentajes de cada una de las variables, estas ayudaron a separar en grupos genéticos.

3.5.2. Distribución de frecuencia

Para los descriptores cualitativos se realizó un análisis de frecuencia para determinar la moda en cada accesión. Para los descriptores cuantitativos se elaboró un análisis de tipo descriptivo: promedio, valor mínimo, valor máximo, desviación estándar y coeficiente de variación.

Coeficientes de variación (CV) menores al 20% fueron considerados como indicadores de baja variabilidad. Se considerara una desviación estándar para determinar las accesiones que tendrán mayor o menor incidencia en el descriptor evaluado.

3.6. Instrumentos de investigación

Se efectuó la valoración de 92 accesiones de achote (*Bixa orellana*) pertenecientes al banco de germoplasma del área de recursos filogenéticos de INIAP.

3.6.1. Variables en estudio

Se utilizó 20 características cualitativas y 6 cuantitativas.

Cuantitativas

- ✓ Longitud del fruto (cm)
- ✓ Ancho del fruto (cm)
- ✓ Peso de 100 semillas (g)
- ✓ Longitud y ancho de las hojas (cm)
- ✓ Número de cápsulas por panícula
- ✓ Número de semillas por cápsula

Cualitativas

- ✓ Ápice de las hojas
- ✓ Color del retoño joven
- ✓ Forma del fruto
- ✓ Forma del ápice del fruto
- ✓ Color del fruto maduro
- ✓ Dehiscencia del fruto
- ✓ Globosidad del fruto
- ✓ Densidad y longitud de las espinas del fruto
- ✓ Color de la semilla
- ✓ Incidencia de mildiú polvoriento y escoba de bruja
- ✓ Vigor del árbol
- ✓ Hábito de crecimiento
- ✓ Ramificación
- ✓ Rendimiento estimado
- ✓ Color del haz de las hojas
- ✓ Color del envés de las hojas
- ✓ Color de la nervadura principal

3.7. Tratamiento de los datos

3.7.1. Recolección de datos

Se recolectaron los datos de este cultivo solo usando descriptores que nos permitieron evaluar características cualitativas y cuantitativas de las accesiones en la Estación Experimental Tropical Pichilingue de INIAP. Estos datos fueron registrados y ordenados en

Excel. Los descriptores que se usó en esta investigación se encuentran detallados a continuación:

Descriptores cuantitativos.

Los datos que se tomaron fueron los siguientes:

- **Diámetro del tallo (cm):** Se midió el tallo a una altura de 20 cm de la superficie del suelo, un total de 2 a 3 individuos de cada accesión que luego se promedió.
- **Longitud de la hoja (cm):** Se midió la hoja madura en cm, desde la base hasta el ápice; en total se procederá a medir un total de 10 hojas maduras y luego se sacó un promedio por accesión.
- **Ancho de la hoja (cm):** Se midió en cm, en la parte más ancha de la hoja madura, se promedió el ancho de 10 hojas.
- **Longitud del fruto (cm):** Se midió en cm con la ayuda de un calibrador y se promedió la longitud de 10 frutos.
- **Ancho del fruto (cm):** Se midió en cm con la ayuda de un calibrador y se realizó el promedio de 10 frutos.
- **Número de cápsulas por panícula:** Se refiere al número de capsulas contadas en una panícula del árbol, se sacó un promedio de 5 panículas.
- **Número de semillas por cápsula:** Se realizó el conteo del número de semillas, luego se realizó el promedio de 10 frutos (capsulas) por accesión.
- **Peso de 100 semillas (g):** Se pesaron por separado tres grupos de 100 semillas cada uno, con aproximadamente 12% de contenido de agua y se obtiene el promedio.

Descriptores cualitativos.

- **Color del tallo.**

1 = Café claro.

2 = Café oscuro.

- **Ataque *Oidium bixae* (hojas).**

0 = Ausente.

1 = Presente.

- **Ataque de insectos (fruto).**

0 = Ausente.

1 = Presente.

- **Color hoja madura.**

1 = Verde claro.

2 = Verde.

3 = Verde oscuro.

- **Color del brote.**

1 = Verde bronceado.

2 = Bronce nervadura verdes.

3 = Bronceado.

- **Color de la flor.**

1 = Blanco.

2 = Rosa jaspe lila.

3 = Lila jaspe rosa.

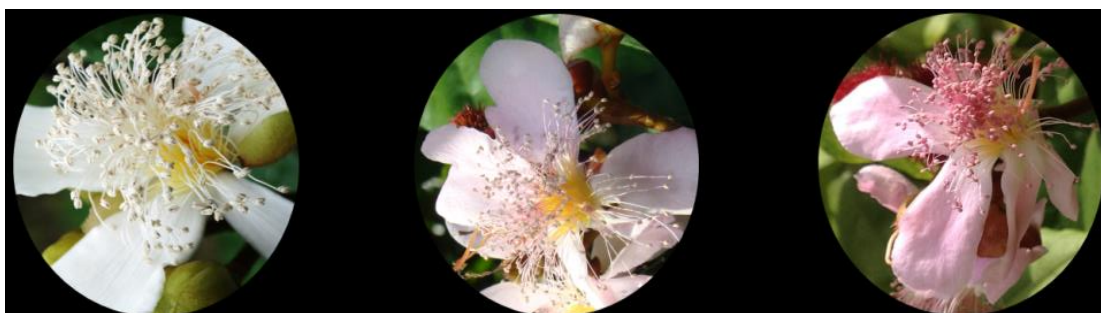


Figura 4

Color de la flor.

Fuente: (31)

- **Forma de la hoja (base).**

1 = Truncada.

2 = Redondeada.

3 = Cordada.

4 = Reniforme.

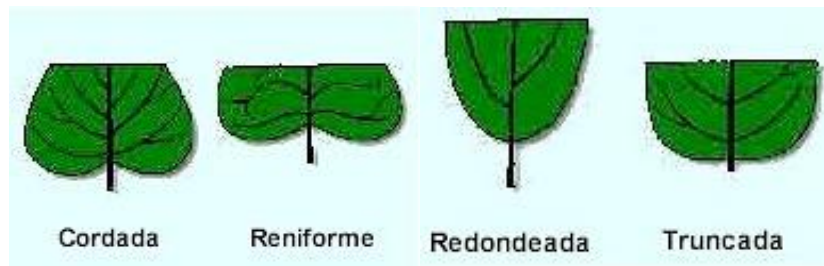


Figura 5

Forma de la hoja (ápice).

Fuente: (25)

- **Forma de la hoja (ápice).**

1 = D. cortamente acuminada.

2 = D. acuminada.

3 = D. largamente acuminada.



1 2 3

Figura 6

Forma del ápice.

Fuente: (32).

- **Color de la base del fruto.**

1 = Verde claro.

2 = Verde.

3 = Verde oscuro.

4 = Vino.

5 = Rojo.

6 = Amarillo.

7 = Marrón.

- **Color del ápice del fruto.**

1 = Verde claro.

2 = Verde.

3 = Verde oscuro.

4 = Vino.

5 = Rojo.

6 = Amarillo.

7 = Marrón.

- **Color de la pubescencia.**

1 = Verde claro.

2 = Verde.

3 = Verde oscuro.

4 = Vino.

5 = Rojo.

6 = Amarillo.

7 = Marrón.



Figura 7

Colores de ápice, base y pubescencia del achiote.

Fuente: (32).

- **Pubescencia.**

0 = Sin pubescencia.

1 = Muy baja.

2 = Baja.

3 = Alta.

4 = Muy alta.

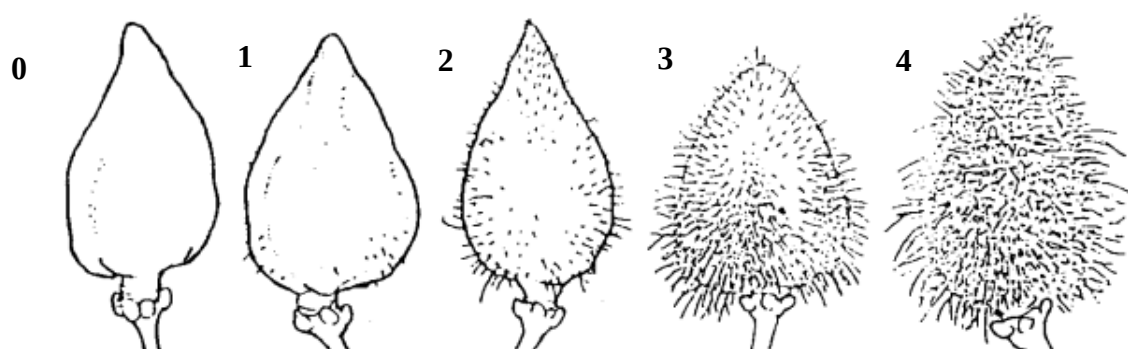


Figura 8

Estado de pubescencia de frutos.

Fuente: (26)

- **Longitud de pubescencia base.**

1 = Muy corta.

2 = Corta.

3 = Largas.

4 = Muy largas.

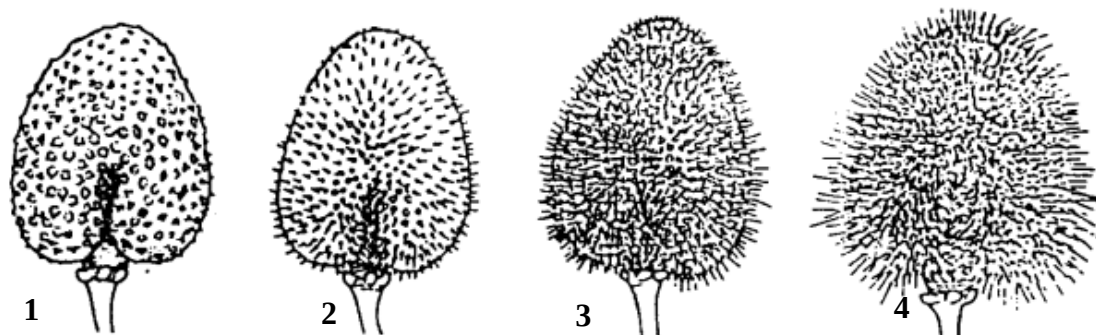


Figura 9

Longitud de la pubescencia.

Fuente: (26).

- **Forma de la base del fruto.**

1 = Redondeada.

2 = Plana.

3 = Semi-ondulada.



Figura 10

Forma de la base de los frutos.

Fuente: (26).

- **Forma del ápice del fruto.**

1 = Redondeada.

2 = Obtusa.

3 = Aguda.

4 = Puntiguda.

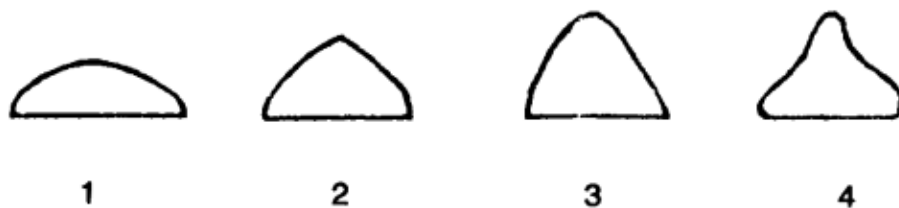


Figura 11

Forma del ápice del fruto.

Fuente: (26).

- **Forma del fruto.**

FCO = Oblonga.

FCA = Aovada.

FCH = Hemisférica.

FCC = Cónica.



Figura 12

Formas del fruto

Fuente: (26).

- **Tonalidad de pigmentación.**

1= Amarillo naranja.

2 = Rojo naranja.

3 = Rojo fuerte.



Figura 13

Diferentes colores de pigmentación del achiote

Fuente: (27)

- **Forma de la copa.**

PE: Porte esférica o globosa.

PO: Porte ovoide.



Figura 14

Formas de la copa.

Fuente: (28).

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. *Material vegetal*

La caracterización se realizó a la totalidad de los individuos de las diferentes accesiones de la colección de achiote establecida en el jardín botánico de INIAP. Esta colección está formada por materiales recaudados en Manabí, El Oro y Santa Elena.

Tabla 3

Material vegetal de las 90 accesiones de achiote establecido en INIAP.

ECU	Provincia	Cantón	Parroquia	Localidad
26562	Manabí	Santa Ana	Santa Ana	Entrada Peminche
26563	Manabí	Santa Ana	Ayacucho	Las Piedras de San Jacinto
26564	Manabí	Santa Ana	Ayacucho	
26565	Manabí	Santa Ana	Ayacucho	El Cauje
26566	Manabí	Santa Ana	Santa Ana	Las Guaijas
26567	Manabí	Santa Ana	Santa Ana	Peminche afuera
26568	Manabí	Santa Ana	Santa Ana	Zapote
26569	Manabí	Santa Ana	Santa Ana	Zapote
26570	Manabí	Santa Ana	Santa Ana	Zapote
26571	Manabí	Santa Ana	Santa Ana	Zapote
26572	Manabí	Portoviejo	San placido	km1 via Quevedo
26573	Manabí	Portoviejo	San placido	La Chorrera
26574	Manabí	Santa Ana	Honorato Vasquez	Guarumo
26575	Manabí	Santa Ana	Honorato Vasquez	Guarumo adentro

Tabla 4

Continuación de la tabla 3.

ECU	Provincia	Cantón	Parroquia	Localidad
26576	Manabí	Santa Ana	Honorato Vásquez	Guarumo
26577	Manabí	Santa Ana	Santa Ana	Chamucame adentro
26578	Manabí	Santa Ana	Santa Ana	Chamucame adentro
26579	Manabí	Santa Ana	Santa Ana	Chamucame adentro
26580	Manabí	Pichincha	San Sebastián	
26581	Manabí	Pichincha	San Sebastián	
26582	Manabí	Portoviejo	San Placido	Los Colorados
26583	Manabí	Portoviejo	Colon	Peminche afuera
26584	Manabí	24 de Mayo	Sucre	Chial abajo
26585	Manabí	24 de Mayo	Sucre	Las Anonas
26586	Manabí	Jipijapa	Jipijapa	Naranjal
26587	Manabí	Jipijapa	Jipijapa	Naranjal
26588	Manabí	Jipijapa	Jipijapa	Chade
26589	Manabí	Portoviejo	Picoaza	Higueron afuera
26590	Manabí	Portoviejo	Picoozo	Miraflores
26591	Manabí	Portoviejo	Picoozo	Cerro azul cantera picoaza
26592	Manabí	Rocafuerte	Rocafuerte	calle Bolívar via hospital
26593	Manabí	Jama	Jama	Bigua
26594	Manabí	Pedernales	Atahualpa	Entrada Atahualpa
26595	Manabí	Pedernales	Atahualpa	Entrada Atahualpa
26596	Manabí	Pedernales	Atahualpa	Esteros seco
26597	Manabí	Pedernales	Atahualpa	Esteros seco
26598	Manabí	El carmen		San Lorenzo
26599	Manabí	Rocafuerte	Rocafuerte	El Cardon
26600	Manabí	Junin	Junin	Pechichal afuera
26601	Manabí	Junin	Junin	Barrio Santo Domingo
26602	Manabí	Junin	Junin	Barrio Santo Domingo
26603	Manabí	Chone	Canuto	Tarugo
26604	Manabí	San Vicente	San Vicente	Portovelo
26605	Manabí	Flavio Alfaro	Zapallo	La Carmelita

Tabla 5

Continuación de la tabla 3.

ECU	Provincia	Cantón	Parroquia	Localidad
26628	Santa Elena	Santa Elena	Simón Bolívar	Juntas del Pacifico
26629	Santa Elena	Santa Elena	Simón Bolívar	
26630	Santa Elena	Santa Elena	Colonche	Limoncito
26631	Santa Elena	Santa Elena		
26632	Santa Elena	Santa Elena	Simón Bolívar	La Frutillas
26633	Santa Elena	Santa Elena	Simón Bolívar	La Frutillas
26634	Santa Elena	Santa Elena	Colon	
26635	Santa Elena	Santa Elena	Colonche	
26636	Santa Elena	Santa Elena	Colonche	
26637	Santa Elena	Santa Elena	Colonche	El Suspiro
26638	Santa Elena	Santa Elena	Manglar alto	Dos Mangos
26639	Santa Elena	Santa Elena	Manglar alto	Vía la morena
26640	Santa Elena	Santa Elena	Manglar alto	Rio Blanco
26641	Santa Elena	santa Elena	Manglar alto	Rio Blanco
26702	El Oro	El Guabo	Rio Bonito	Antiguo peaje
26703	El Oro	El Guabo	Rio Bonito	Brasil
26704	El Oro	El Guabo	El Guabo	5 de Junio
26705	El Oro	Machala	La Iberia	La Iberia
26707	El Oro	Arenillas	La Cuca	Cabo Lampa
26708	El Oro	Arenillas	La Cuca	La 27
26709	El Oro	Arenillas	Palmeles	Constitución
26710	El Oro	Arenillas	Palmeles	Palmeles nuevo
26711	El Oro	Arenillas	Palmeles	Palmales nuevo
26712	El Oro	Santa Rosa	Bellavista	Los Jardines
26713	El Oro	Santa Rosa	Bellavista	La Florida
26715	El Oro	Piñas	Saracay	La Unión
26716	El Oro	Piñas	Saracay	Fatima
26717	El Oro	Balsas	Balsas	1km entrada a Balsa
26718	El Oro	Marcabelí	Marcabelí	
26719	El Oro	Marcabelí	Marcabelí	

Tabla 6

Continuación de la tabla 3.

ECU	Provincia	Cantón	Parroquia	Localidad
26720	El Oro	Zaruma	Zaruma	La Florida
26721	El Oro	Pasaje	La piaña	Vía Pasaje
26722	El Oro	Pasaje	Huizho	Huizho
26723	El Oro	Pasaje	Huizho	Huizho
26724	El Oro	Pasaje	Casacay	Barrio central
26725	El Oro	Pasaje	Casacay	Barrio central
26726	El Oro	Pasaje	Casacay	Rivera de Jubones
26727	El Oro	Pasaje	Progreso	Galayacu
26728	El Oro	Chilla		Limón
26729	El Oro	Chilla		Vía Chilla Limón
26730	El Oro	Pasaje	Buenavista	Aserrio
26731	El Oro	Pasaje	Buenavista	Aserrio
26732	El Oro	Pasaje	Buenavista	Aserrio
26733	El Oro	Machala	El Cambio	Barrio 10 de Agosto
26734	El Oro	Pasaje	Peana	Peana
26763	Manabí	Santa Ana	Honorato Vásquez	San Francisco

3.8.2. Recursos humanos

- Docente director del proyecto de investigación.
- Estudiante responsable de la investigación
- Tutor designado por la empresa.

3.8.3. Recursos materiales**❖ Materiales de campo**

- ✓ Cinta métrica.
- ✓ Fundas plásticas.
- ✓ Calibrador mecánico.
- ✓ Botas de caucho.
- ✓ Gramera.
- ✓ Marcador.

❖ **Materiales de oficina.**

- ✓ Computadora.
- ✓ Programa Infostat.

3.9. Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Estación Experimental Tropical Pichilingue de INIAP- Mocache.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Determinación de la diversidad genética

De los ocho caracteres cuantitativos que fueron evaluados, cinco de estos permitieron determinar la diversidad genética de las accesiones caracterizadas.

Las características que presentaron mayor variabilidad demostrada por sus altos coeficientes de variación (**Tabla 7**) fueron: peso de 100 semillas (CV% 43.16), ancho de la hoja (CV%; 38.16), panícula (CV%; 34.56), longitud de la hoja (CV%; 23.92) y fuste (CV%; 22.29); mientras que las características que obtuvieron menor variabilidad fueron: número de semillas (CV%; 20.39), ancho del fruto (CV%; 19.93) y longitud del fruto (CV%; 16.83).

Tabla 7

Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimos y máximos para las características de la planta, hojas, fruto, fuste y semillas de 90 accesiones de achote (Bixa Orellana.).

Variables cuantitativas	Mín	Máx	Rango	Promedio	D.E.	% CV
Longitud de la hoja **	8.82	28.79	19.97	19.85	4.75	23.92
Ancho de la hoja **	3.46	18.05	14.59	10.12	3.86	38.16
Longitud del fruto *	2.59	7.31	4.72	4.60	0.78	16.83
Ancho del fruto *	2.31	5.84	3.53	4.04	0.81	19.93
Numero semillas por fruto*	4.6	54.30	49.7	37.14	7.57	20.39
Fuste (cm) **	26	68.7	42.7	41.46	9.24	22.29
Panícula **	7.4	36.4	29	17.79	6.15	34.56
Peso de 100 semillas (g) **	1	9	8	4.22	1.82	43.16

Nota. ** Mayor variación genética, * menor variación genética.

Fuente: Autora.

Valdez *et.al* (29) indico que hay una mayor diferencia entre las variables cuantitativas, observando en este trabajo que los CV de; longitud de la hoja, ancho de la hoja, fuste, panícula y peso de 100 semillas son altamente discriminantes. Mientras que los reportes previos por Arce (26) indican que al emplear CV% para determinar la diversidad morfológica del achote utilizaron variables como longitud del fruto, número de semillas por fruto, ancho del fruto en el que presentaron CV % bajos al igual que esta investigación.

Lo que se relaciona con lo investigado por Peña (22), al caracterizar cacao determinó que mientras más altos sean los niveles de coeficiente de variación mayor variabilidad o diversidad existe dentro de la colección, por lo que mayor será el margen de selección.

Mientras que Chumpitaz *et. al* (30) menciona que sus resultados indicaron un nivel moderado de variación como lo demuestran los altos coeficientes de variabilidad (7,87% a 30,54%).

4.1.2. **Determinación del valor discriminante de los caracteres para separar grupos genéticos**

4.1.2.1. Caracteres cuantitativos. En la (Tabla 8) se observa que siete de estas variables (longitud de la hoja, ancho de la hoja, ancho del fruto, números de semillas por fruto, panícula y peso de 100 semillas) de los caracteres cuantitativos cuentan con valores discriminantes presentando un valor de 0.67 seleccionados a través del Índice “D” de Engels *et al.* (1980), por medio de la prueba de significancia de Duncan, en el que los valores muy distintos tendrán un valor “D” máximo de 1 por cuanto las comparaciones posibles serán todas significativas. En los tres grupos genéticos permitieron diferenciar dos de ellos, uno presento valores de Índice de “D” bajos 0.33 de la variable (Fuste) que no es discriminante para separar grupos genéticos.

Tabla 8

Valores promedios para 8 caracteres cuantitativos en tres grupos de achiote obtenidos de las 90 accesiones colectadas de las provincias Manabí, El Oro y Santa Elena.

Variables cuantitativas	Grupo1	Grupo2	Grupo3	Valor P	Valor D
Longitud de la hoja (cm)	21.77 b	21.08 b	12.55 a	<0.0001**	0.67
Ancho de la hoja (cm)	11.59 b	10.71 b	5.31 a	<0.0002**	0.67
Longitud del fruto (cm)	4.76 b	4.29 a	4.94 b	0.0043**	0.67
Ancho del fruto (cm)	3.93 a	3.94 a	4.55 b	0.019*	0.67
Numero de semillas por fruto	35.26 a	36.7 a	42.6 b	0.0037**	0.67
Fuste (cm)	39.62 a	44.24 a	39.59 a	0.0651*	0.33
Panícula	18.05 b	18.71 b	12.68 a	0.0029**	0.67
Peso de 100 semillas (g)	4.50 b	4.36 b	3.25 a	0.0578*	0.67

Nota. ** = Altamente significativo * = Significativo

Fuente: Autora.

4.1.2.2. Caracteres cualitativos. De los 18 caracteres analizados por medio de la prueba del chi cuadrado de Pearson se pudo conocer que siete de estas variables cuentan con alta significancia estadística al 5% de probabilidad (**Tabla 9**).

Tabla 9

Descriptores cualitativos de mayor valor discriminatorio entre los tres grupos de las 90 accesiones de achiote en el agrupamiento jerárquico de Ward.

Variables cualitativas	Chi cuadrado Pearson.	Coeficiente de contingencia Cramer.	Coeficiente de contingencia Pearson.
Forma de la copa	1.52 *	0.09	0.13
Color del tallo	2.89 ^{ns}	0.13	0.18
Ataque oídium	9.87 *	0.33	0.31
Ataque de insectos	9.87 *	0.33	0.31
Color hoja madura	15.03 *	0.24	0.38
Color del brote	18.68 *	0.26	0.41
Forma de la hoja (ápice)	13.07 *	0.22	0.36
Forma de la hoja (base)	7.91 ^{ns}	0.17	0.28
Color de la flor ^D	49.94 **	0.43	0.60
Color de la base del fruto ^D	75.99 **	0.53	0.68
Color del ápice del fruto ^D	69.16 **	0.51	0.66
Color de las pubescencias ^D	69.63 **	0.51	0.66
Pubescencia ^D	33.62 **	0.35	0.52
Longitud de pubescencia base	10.64 ^{ns}	0.20	0.33
Forma de la base del fruto	5.78 ^{ns}	0.15	0.25
Forma del ápice del fruto ^D	32.32 **	0.35	0.51
Forma del fruto ^D	34.43 **	0.36	0.53
Tonalidad de pigmentación	9.27 ^{ns}	0.19	0.31

Nota. D= Variables determinadas como más discriminantes, **= Significativo al 1% de probabilidad, *=Significativa al 5% de probabilidad y ns= No significativo.

Fuente: Autora.

Habiendo valores de chi cudarado con alto valor discriminante que aportaron con información de los caracteres: color de la base del fruto 75.99; color de las pubescencias

69.63; color del ápice del fruto 69.16; color de la flor 49.94; forma del fruto 34.43; pubescencia 33.62 y forma del ápice del fruto 32.32 los cuales permitieron separar los grupos genéticos en la colección. Además estos presentaron altos coeficientes de asociación mostrando los siguientes valores en coeficiente de contingencia Cramer: 0.53, 0.51, 0.51, 0.51 0.43, 0.36, 0.35 y 0.35. Y en coeficiente de contingencia los siguientes valores: 0.68, 0.66, 0.66, 0.60, 0.53, 0.52 y 0.51 respectivamente.

Lo que se relaciona con Pech (21) manifestando que las características expresadas de la flor, el fruto y la semilla, proporcionaron información congruente sobre el valor agronómico y fueron determinantes en la identificación del material genético disponible dentro de la colección de plantas de achiote.

4.1.3. Clasificación de los tres grupos en porcentaje de las características cualitativas del cultivo de achiote.

Se identificaron descriptores que contienen mayor valor discriminante siendo un total de siete de estos descriptores, los cuales permiten comprender su agrupación, como también ayudan a conocer la variabilidad genética que existe entre las accesiones caracterizadas de las tres provincias: El Oro, Santa Elena y Manabí (**Tabla 10**).

Tabla 10

Clasificación de los grupos de acuerdo con los estados de sus caracteres más discriminantes en las 90 accesiones de achiote colectadas en las tres provincias antes mencionadas.

Variables	Grupo 1 %	Grupo 2 %	Grupo 3 %	Total de accesiones
Forma de la copa				
1= Porte esférica o globosa	38 (42.22%)	35 (38.89%)	16 (17.78%)	89 (98.89%)
2= Porte ovoide	0 (0.00%)	1 (1.11%)	0 (0.00%)	1 (1.11%)
Color del tallo				
1 = Café claro	19 (21.11%)	15(16.67%)	4 (4.44%)	38 (42.22%)
2 = Café oscuro	19 (21.11%)	21 (23.33%)	12 (13.33%)	52 (57.77%)
Ataque <i>Oidium bixae</i> (hojas)				
0 = Ausente	38 (42.22%)	36 (40.00%)	16 (17.78%)	90 (100.00%)
1 = Presente	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)

Tabla 11

Continuación de la tabla 10.

Variables	Grupo 1 %	Grupo 2 %	Grupo 3 %	Total de accesiones
Ataque de insectos (fruto)				
0 = ausente	38 (42.22%)	36 (40.00%)	16 (17.78%)	90 (100.00%)
1 = presente	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)
Color hoja madura				
1 = verde claro	1 (1.11%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	1 (1.11%)
2 = verde	17 (18.89%)	22 (24.44%)	1 (1.11%)	40 (44.44%)
3 = verde oscuro	20 (22.22%)	14 (15.56%)	15 (16.67%)	49 (54.45%)
Color del brote				
1 = verde bronceado	8 (8.89%)	19 (21.11%)	0 (0.00%)	27 (30.00%)
2 = bronce nervadura verde	11 (12.22%)	4 (4.44%)	7 (7.78%)	22 (24.44%)
3 = bronceado	19 (21.11%)	13 (14.44%)	9 (10.00%)	41 (45.55%)
Forma de la hoja (ápice)				
1 = D. cortamente acuminada	1 (1.11%)	3 (3.33%)	4 (4.44%)	8 (8.88%)
2 = D. Acuminada	24 (26.67%)	13 (14.44%)	4 (4.44%)	41 (45.55%)
3 = D. Largamente acuminada	13 (14.44%)	20 (22.22%)	8 (8.89%)	41 (45.55%)
Forma de la hoja (base)				
1 = truncada	3 (3.33%)	1 (1.11%)	4 (4.44%)	8 (8.88%)
2 = redondeada	18 (20.00%)	19 (21.11%)	7 (7.78%)	44 (48.89%)
3 = cordada	16 (17.78%)	15 (16.67%)	4 (4.44%)	35 (38.89%)
4 = reniforme	1 (1.11%)	1 (1.11%)	1 (1.11%)	3 (3.33%)
Color de la flor				
1 = blanco	1 (1.11%)	26 (28.89%)	6 (6.67%)	33 (36.67%)
2 = rosa jaspe lila	13 (14.44%)	9 (10.00%)	0 (0.00%)	22 (24.44%)
3 = lila jaspe rosa	24 (26.67%)	1 (1.11%)	10 (11.11%)	35 (38.89%)

Tabla 12

Continuación de la tabla 10.

Variables	Grupo 1 %	Grupo 2 %	Grupo 3 %	Total de accesiones
1 = verde claro	0 (0.00%)	21 (23.33%)	15 (16.67%)	36 (40.00%)
2 = verde	2 (2.22%)	9 (10.00%)	0 (0.00%)	11 (12.22%)
3 = verde oscuro	2 (2.22%)	3 (3.33%)	0 (0.00%)	5 (5.55%)
4 = vino	32 (35.56%)	2 (2.22%)	1 (1.11%)	35 (38.89%)
5 = rojo	1 (1.11%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	1 (1.11%)
6 = amarillo	1 (1.11%)	1 (1.11%)	0 (0.00%)	2 (2.22%)
7 = marrón	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)
Color del ápice del fruto				
1 = verde claro	0 (0.00%)	20 (22.22%)	11 (12.22%)	31 (34.44%)
2 = verde.	1 (1.11%)	11 (12.22%)	0 (0.00%)	12 (13.33%)
3 = verde oscuro	3 (3.33%)	3 (3.33%)	0 (0.00%)	6 (6.66%)
4 = vino	33 (36.67%)	1 (1.11%)	5 (5.56%)	39 (43.34%)
5 = rojo	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)
6 = amarillo	1 (1.11%)	1 (1.11%)	0 (0.00%)	2 (2.22%)
7 = marrón	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)
Color de la pubescencia				
1 = verde claro	0 (0.00%)	17 (16.67%)	9 (10.00%)	26 (26.67%)
2 = verde.	0 (0.00%)	9 (10.00%)	1 (1.11%)	10 (11.11%)
3 = verde oscuro	0 (0.00%)	3 (3.33%)	0 (0.00%)	3 (3.33%)
4 = vino	33 (36.67%)	3 (3.33%)	4 (4.44%)	40 (44.44%)
5 = rojo	2 (2.22%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	2 (2.22%)
6 = amarillo	2 (2.22%)	4 (4.44%)	1 (1.11%)	7 (7.77%)
7 = marrón	1 (1.11%)	0 (0.00%)	1 (1.11%)	2 (2.22%)
Pubescencia				
0 = sin pubescencia	0 (0.00%)	3 (3.33%)	0 (0.00%)	3 (3.33%)
1 = muy baja	6 (6.67%)	6 (6.67%)	1 (1.11%)	13 (14.45%)
2 = baja	19 (21.11%)	20 (22.22%)	1 (1.11%)	40 (44.44%)
3 = alta	13 (14.44%)	7 (7.78%)	11 (12.22%)	31 (34.44%)
4 = muy alta	0 (0.00%)	0 (0.00%)	3 (3.33%)	3 (3.33%)

Tabla 13

Continuación de la tabla 10.

Variables	Grupo 1 %	Grupo 2 %	Grupo 3 %	Total de accesiones
1 = muy corta	0 (0.00%)	4 (4.44%)	0 (0.00%)	4 (4.44%)
2 = corta	20 (22.22%)	22 (24.44%)	7 (7.78%)	49 (54.44%)
3 = largas	17 (18.89%)	10 (11.11%)	9 (10.00%)	36 (40.00%)
4 = muy largas	1 (1.11%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	1 (1.11%)
Forma de la base del fruto				
1 = redondeada	36 (40.00%)	34 (37.78%)	16 (17.78%)	86 (95.56%)
2 = plana	0 (0.00%)	2 (2.22%)	0 (0.00%)	2 (2.22%)
3 = semi-ondulada	2 (2.22%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	2 (2.22%)
Forma del ápice del fruto				
1 = redondeada	3 (3.33%)	14 (15.56%)	11 (12.22%)	28 (31.11%)
2 = obtusa	5 (5.56%)	3 (3.33%)	4 (4.44%)	12 (13.33%)
3 = aguda	4 (4.44%)	7 (7.78%)	1 (1.11%)	12 (13.33%)
4 = puntiaguda	26 (28.89%)	12 (13.33%)	0 (0.00%)	38 (42.22%)
Forma del fruto				
1 = oblonga	0 (0.00%)	11 (12.22%)	0 (0.00%)	11 (12.22%)
2 = aovada	4 (4.44%)	2 (2.22%)	7 (7.78%)	13 (14.44%)
3 = hemisférica	23 (25.56%)	12 (13.33%)	3 (3.33%)	38 (42.22%)
4= cónica	11 (12.22%)	11 (12.22%)	6 (6.67%)	28 (31.11%)
Tonalidad de pigmentación				
1=amarillo naranja	6 (6.67%)	8 (8.89%)	0 (0.00%)	14 (15.56%)
2 = rojo naranja	14 (15.56%)	10 (11.11%)	11 (12.22%)	35 (38.89%)
3 = rojo fuerte	18 (20.00%)	18 (20.00%)	5 (5.56%)	41 (45.56%)

Fuente: Autora.

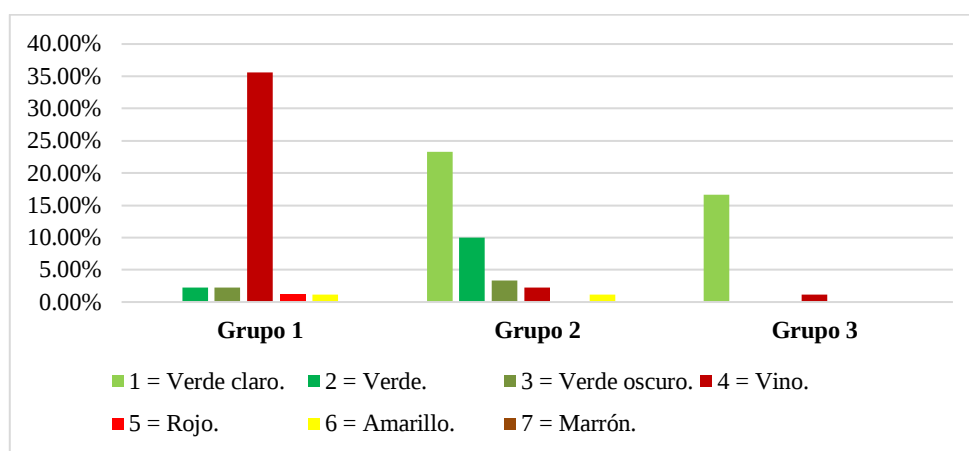
4.1.4. Figuras de las variables más discriminantes

Las variables cualitativas más discriminantes son siete en total pero se tomó solo cuatro de ellos que contengan valores discriminantes muy altos para realizar las figuras. Siendo así color de la base del fruto, color de la pubescencia, color del ápice del fruto y color de la flor.

4.1.4.1. Color de la base del fruto. Este carácter es uno de los que tuvieron gran importancia ya que el valor discriminativo permitió separar en grupos genéticos en la (**Figura 15**), se puede observar que el grupo 1 presento mayor porcentaje 36% en cuanto al color vino de la base del fruto, mientras que el grupo 2 y 3 conforman un valor de 3.33%. Los grupos que obtuvieron más porcentaje en cuanto al color verde claro fueron el 2 y 3 con valores de 23,33 y 16,67 respectivamente.

Figura 15

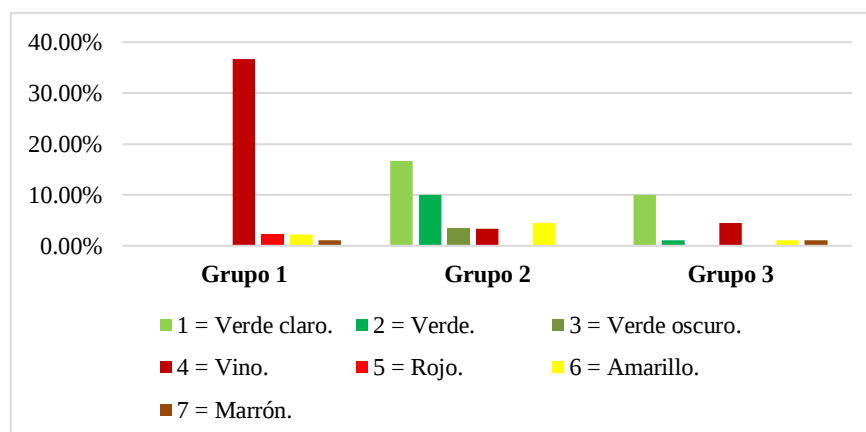
Color de la base del fruto en los tres grupos genéticos de achiote caracterizados en las 90 accesiones colectadas.



4.1.4.2. Color de la pubescencia. En la (**Figura 16**) se puede ver que el grupo 1 cuenta con mayor porcentaje 36,67% de color vino, a diferencia de los grupos 2 y 3 que cuentan con mayor porcentaje el color verde claro con valores 22,2% y 12,22% correspondientemente.

Figura 16

Color de la pubescencia en los tres grupos genéticos de achiote caracterizados en las 90 accesiones colectadas.



4.1.4.3. Color del ápice del fruto. La (Figura 17) muestra que el grupo 1 cuenta con mayor porcentaje que es 36,67% este pertenece al color vino, seguido del grupo 3 que cuenta con un valor de 5,56%, mientras que el grupo 2 y 3 tiene mayor valor el color verde claro con 22,22 % y 12,22%.

Figura 17

Color del ápice del fruto en los tres grupos genéticos de achote caracterizados en las 90 accesiones colectadas.

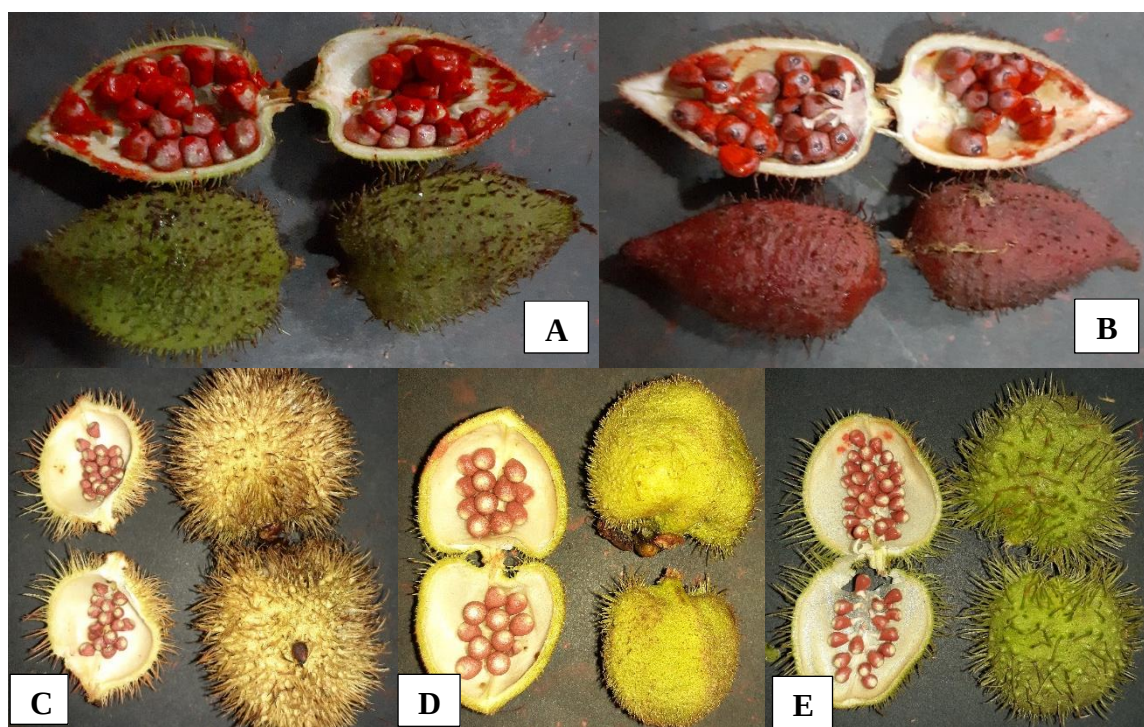
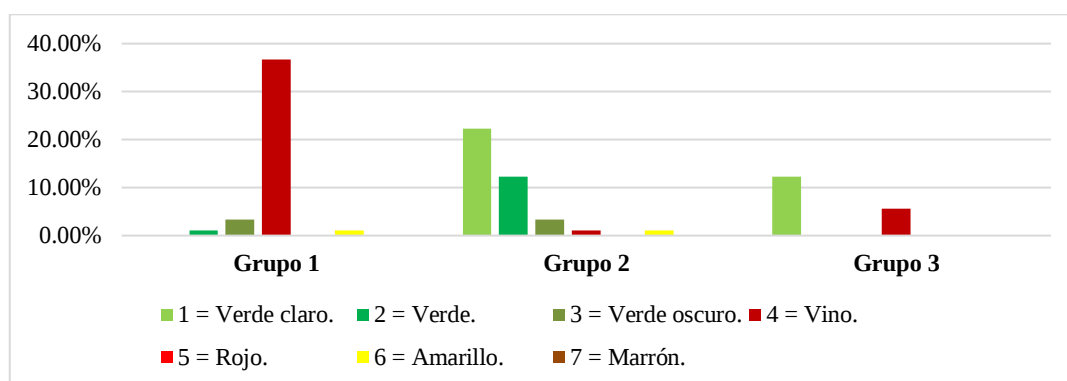


Figura 18

Variedad de colores de fruto en base, ápice, pubescencia y tamaño de pubescencia encontradas en las 90 accesiones de achote.

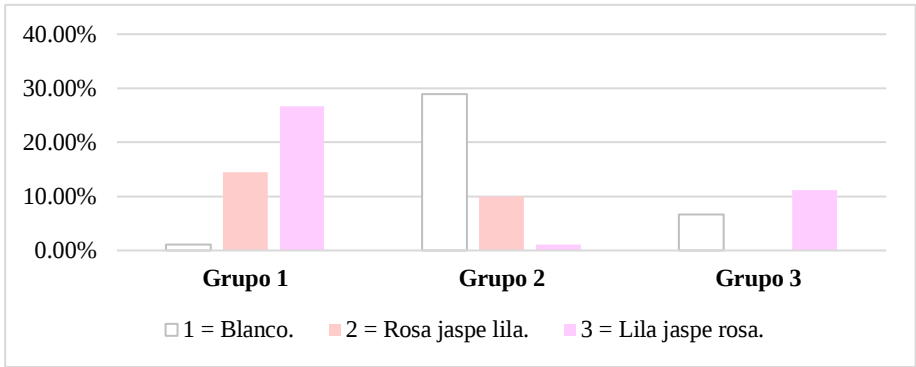
A) Verde oscuro, B) Vino, C) Amarillo, D) Verde claro, E) Verde.

Fuente: Autora.

4.1.4.4. Color de la flor. Se puede observar que el grupo 2 cuenta con un valor superior de 28,89% perteneciente este al color blanco a diferencia de los grupos 1 y 3 restantes que el valor que tiene mayor demanda es el lila jaspe rosa con valores 26,67 y 11,11% respectivamente (**Figura 19**) .

Figura 19

Color de la flor de los tres grupos genéticos de achiote caracterizados en las 90 accesiones colectadas.



4.1.5. *Análisis de agrupamiento de accesiones de achiote*

Se logró identificar la estructura taxonómica en tres grupos para los caracteres cualitativos y cuantitativos de las accesiones de achiote caracterizadas, por medio del algoritmo multivariado del análisis de agrupamiento jerárquico de Ward, sobre la matriz de distancia obtenida con el método de Gower.

Tabla 14

Distribución de las 90 accesiones de achiote colectadas en las provincias de Manabí, Santa Elena y El Oro por grupos mediante el análisis jerárquico de Ward.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
ECU26707	ECU26566	ECU26562
ECU26708	ECU26570	ECU26563
ECU26709	ECU26574	ECU26564
ECU26711	ECU26575	ECU26565
ECU26712	ECU26576	ECU26567
ECU26713	ECU26580	ECU26568
ECU26715	ECU26581	ECU26569
ECU26716	ECU26582	ECU26571

Tabla 15

Continuación de la tabla 14.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
ECU26717	ECU26583	ECU26572
ECU26719	ECU26588	ECU26573
ECU26720	ECU26589	ECU26577
ECU26721	ECU26592	ECU26578
ECU26725	ECU26593	ECU26579
ECU26727	ECU26594	ECU26584
ECU26728	ECU26595	ECU26585
ECU26730	ECU26598	ECU26586
	ECU26599	ECU26587
	ECU26600	ECU26590
	ECU26601	ECU26591
	ECU26603	ECU26596
	ECU26605	ECU26597
	ECU26629	ECU26602
	ECU26632	ECU26604
	ECU26634	ECU26630
	ECU26635	ECU26631
	ECU26638	ECU26636
	ECU26640	ECU26637
	ECU26704	ECU26639
	ECU26710	ECU26641
	ECU26718	ECU26702
	ECU26722	ECU26703
	ECU26723	ECU26705
	ECU26724	ECU26726
	ECU26729	ECU26732
	ECU26731	ECU26733
		ECU26734
		ECU26763

Nota. La tabla muestra tres grupos de genotipos en los que se clasifican las diferentes accesiones de achote nombradas (ECUS) con su respectivo número que fueron establecidos en INIAP.

Fuente: Autora.

El grupo 1 se encuentra conformado por 16 accesiones el cual representa un porcentaje de 17.78%. El grupo 2 cuenta con 36 accesiones presentando así un porcentaje de 40.00%, por último el grupo 3 tiene 38 accesiones que equivalen al 42.22% de accesiones que se caracterizaron de la colección de achioté (*Bixa Orellana*) de las tres provincias ya mencionadas anteriormente.

Se puede observar en la (Tabla 16) el resultado del agrupamiento jerárquico de Ward de los tres grupos en los que se obtuvieron; frecuencia absolutas y relativas de cada grupo respectivo de la colección de achioté, donde se puede visualizar que el grupo 3 presento mayor porcentaje de entradas entre grupos con un 42.22%, continuo el grupo 2 con un 40.00% de equivalencia y por último el grupo 1 que mostro un menor porcentaje de 17.78%.

Tabla 16

Distribución por grupos, frecuencias y porcentajes de variabilidad de las 90 accesiones de achioté.

Grupos	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa %	Frecuencia acumulada	Frecuencia acumulada %
Grupo 1	16	17.78	16	17.78
Grupo 2	36	40.00	52	57.78
Grupo 3	38	42.22	90	100.00

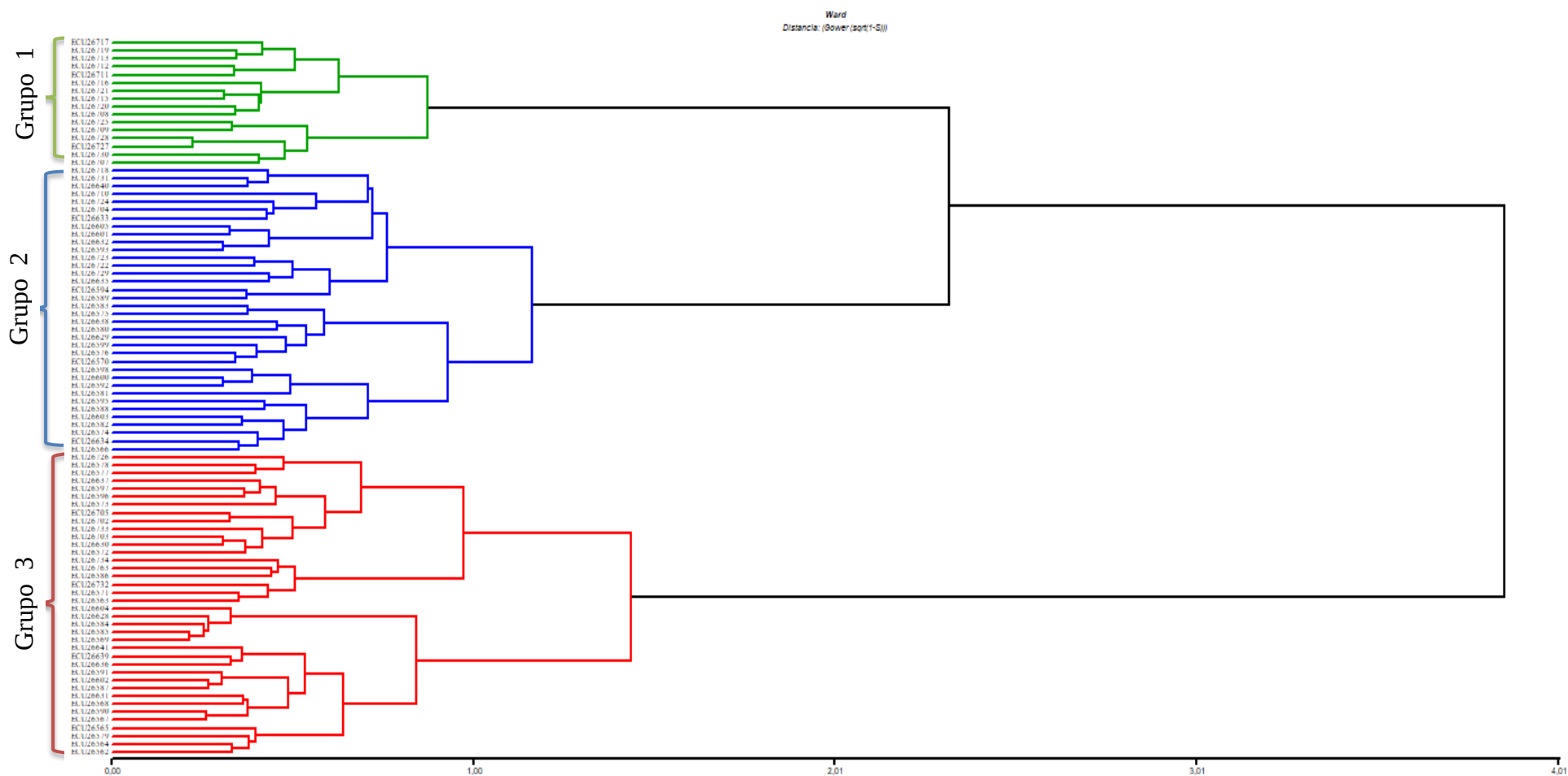
Fuente: Autora.

La (Figura 20) muestra el fonograma construido con el análisis de conglomerados jerárquicos, usando el método de Ward, así muestra la relación del grado de diferencia entre los tres grupos de accesiones que están formados, también el parentesco o similitud genético entre las accesiones de cada grupo. Arriaza (20) menciona que el grado de similitud entre dos o más cultivares varia, ya que al existir mayor distancia habrá menor similitud, siendo cero la máxima similitud.

Las características morfológicas se utilizan para estudiar la variabilidad genética, para identificar plantas y para conservar los recursos genéticos. Por lo tanto la caracterización es el primer paso en el mejoramiento de los cultivos y programas de conservación (24).

Figura 20

Fenograma obtenido por el agrupamiento jerárquico de Ward según la distancia de Gower de las 90 accesiones de achiote colectadas.



4.1.6. *Análisis de componentes principales*

En la (Tabla 17) los coeficientes de los vectores indican el grado de contribución de cada variable original con la que se asocia cada componente principal.

Tabla 17

Variables que representan los componentes principales 1 y 2 que expresan la variación total de las 90 accesiones de achote colectadas.

Variables	Componente principal 1	Componente principal 2
V1:Longitud Hoja (cm)	0.38	-0.03
V2:Ancho Hoja (cm)	0.39	-0.01
V3:Longitud Fruto (cm)	0.25	0.30
V4:Ancho del fruto (cm)	-0.34	0.07
V5:Número de semilla por fruto	-0.29	0.02
V6:Fuste (cm)	0.08	-0.14
V7:Panícula	0.30	-0.14
V8:Peso de 100 semillas	0.10	0.01
V9:Forma de la copa	0.02	-0.15
V10:Color del tallo	-0.10	0.01
V11:Ataque oídium	0.00	0.00
V12:Ataque Insectos	0.00	0.00
V13:Color hoja madura	-0.11	0.07
V14:Color del brote	-0.07	0.20
V15:Forma de la hoja (ápice)	0.05	-0.08
V16:Forma de la hoja (base)	0.09	-0.05
V17:Color de la flor	0.03	0.39
V18:Color de la base del fruto	0.26	0.39
V19:Color del ápice del fruto	0.19	0.42
V20:Color de las pubescencia	0.07	0.39
V21:Pubescencia	-0.27	0.10
V22:Longitud de pubescencia base	-0.10	0.22
V23:Forma de la base del fruto	0.04	0.03
V24:Forma del ápice del fruto	0.30	0.18

Tabla 18.

Continuación de la tabla 17.

Variables	Componente principal 1	Componente principal 2
V26:Tonalidad de pigmentación	0.03	-0.01

Fuente: Autora.

En la **(Tabla 19)** se muestran los autovalores y la variabilidad resultado del Análisis de Componentes Principales (PCA) de las 90 accesiones de achioté.

Tabla 19

Autovalores y variabilidad expresada por los componentes principales de 26 caracteres agronómicos en la caracterización de la colección de achioté.

Componente principal	Valor	Proporción absoluta	Proporción acumulada
1	3.64	0.15	0.15
2	3.40	0.14	0.29
3	1.93	0.08	0.37
4	1.28	0.07	0.44
5	1.44	0.06	0.50
6	1.33	0.06	0.55
7	1.25	0.05	0.61
8	1.16	0.05	0.66
9	1.08	0.04	0.70
10	0.93	0.04	0.74
11	0.91	0.04	0.78
12	0.75	0.03	0.81
13	0.72	0.03	0.84
14	0.63	0.03	0.86
15	0.55	0.02	0.89
16	0.52	0.02	0.91
17	0.46	0.02	0.93
18	0.44	0.02	0.95

Tabla 20

Continuación de la tabla 19.

Componente principal	Valor	Proporción absoluta	Proporción acumulada
20	0.30	0.01	0.97
21	0.22	0.01	0.98
22	0.17	0.01	0.99
23	0.13	0.01	1.00
24	0.09	3,90E-03	1.00
25	0.00	0.00	1.00
26	0.00	0.00	1.00

Fuente: Autora.

Por medio del (PCA) análisis de componentes principales de las 90 accesiones de achiotte mostro que los tres primeros componentes explicaron el 57% de la variación total de los datos. Mientras que Pech (21) al utilizar PCA indica que 4 de sus 16 factores aplicados lograron explicar el 66.7% de la variación.

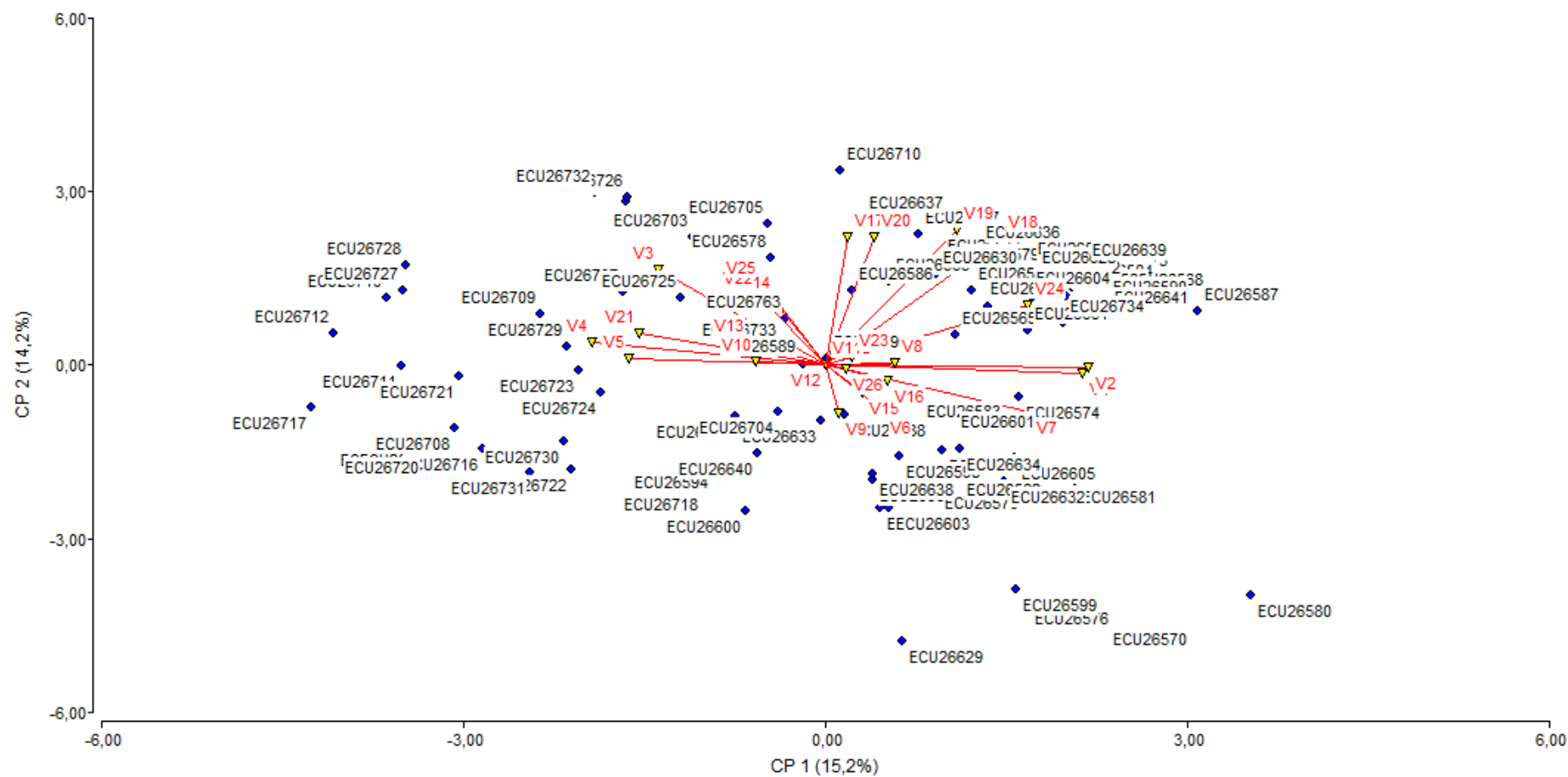
En cambio Arce (26) al usar PCA los tres primeros componentes principales acumulan un porcentaje de variabilidad mayor al 50%.

El primer componente principal explico el 15.2% de la variabilidad que existió por las variables; V1 (Longitud de la hoja), V2 (Ancho de la hoja), V6 (Fuste), V7 (Panícula), V9 (Forma de la copa), V15 (Forma de la hoja ápice), V16 (Forma de la hoja base), V26 (Tonalidad de la pigmentación). En cambio, el segundo componente expreso el 14.2 % de la variabilidad, las que más ayudaron fueron; V8 (Peso de 100 semillas), V11 (Ataque de oídium), V17 (Color de la flor), V18 (Color de la base del fruto), V19 (Color del ápice del fruto), V20 (Color de la pubescencia), V23 (Forma de la base del fruto), V24 (Forma del ápice del fruto).

En la **(Figura 21)** de dispersión la distribución de las accesiones presenta un padrón de agrupamiento bien definido, así mostrando en el cuadrante superior e inferior derecho que pertenecen al grupo 2 y 3, mientras que las demás variables pertenecen al grupo 1 que están del lado izquierdo de la gráfica, así demostrando las diferencias genéticas procedentes de la caracterización morfológica.

Figura 21

Análisis de Componentes principales a partir de 49 características evaluadas en las 90 accesiones de achiote colectadas.



CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La caracterización morfológica de las 92 accesiones de achiote (*Bixa orellana*) permitió conocer la variabilidad genética así logrando identificar tres grupos genéticos, estableciéndose una relación entre los grupos formados en cada agrupamiento.
- Los caracteres cualitativos tales como color de la base del fruto, color de las pubescencias, color del ápice del fruto y color de la flor son los que presentaron mayor variedad genética. En cuanto a los caracteres mostraron valores significativos que no presentaron variedad genética en las variables longitud y ancho de la hoja, ancho del fruto, números de semillas por fruto, panícula y peso de 100 semillas solo uno de ellos expreso índice bajo (fuste).
- Las siete características con mayor valor discriminante permitieron expresar la variabilidad genética de las accesiones caracterizadas y poder separarlas en grupos: color de la base del fruto, color de las pubescencias, color del ápice del fruto y color de la flor.

5.2. Recomendaciones

- Ampliar el estudio con los resultados obtenidos a nivel genético complementando con una caracterización molecular de las accesiones de esta colección, ya que permitirá seleccionar materiales promisorios en función de una particular demanda de la industria.
- Continuar con la caracterización de materiales nuevos que ingresen al banco de germoplasma de achiote (*Bixa orellana*) con el propósito de ampliar la diversidad genética en el Ecuador formando grupos de interés comercial.
- Realizar el estudio con descriptores morfológicos discriminantes que se obtuvieron en esta investigación, en otras caracterizaciones primordialmente si son colecciones grandes ya que ayudará a ahorrar recursos humanos y financieros.
- Efectuar el intercambio de información sobre los resultados de esta investigación con países de origen y poder establecer programas de fitomejoramiento para desarrollar nuevas variedades que ayudarán a contribuir con el sector agroindustrial.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

1. Valadez Villarreal A, López Hernández E, Ruíz Santiago FL, Hernández Becerra JA, Garcá Jiménez R. [Online].; 2020 [cited 2022 Marzo 15. Available from: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/9/120.pdf>.
2. Vega Rincón MI, Gaitan Velez JN. [Online].; 2019 [cited 2021 Enero 14. Available from: https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/10638/T.A_VegaMaritza-GaitanYennyfer_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
3. Castañeda R. [Online].; 2018 [cited 2021 Agosto 11. Available from: <https://es.slideshare.net/raulcc1950/el-cultivo-del-achiote>.
4. La Hora. [Online].; 2019 [cited 2021 Agosto 12. Available from: [En Ecuador el achiote crece principalmente en la selva y su nombre científico \(Bixa Orellana\) se debe al descubridor del río Amazonas: Francisco de Orellana. Prácticamente todas las etnias indígenas están familiarizadas con su uso como tinte facial y cosm.](#)
5. Freire Cuesta M. [Online].; 2015 [cited 2022 Marzo 10. Available from: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/10381/Monograf%C3%ADa%20IFC%20PUCE%202015-2-2.pdf?sequence=1>.
6. Michel Bocanegra A. [Online]. [cited 2022 Febrero 16. Available from: http://ri.ujat.mx/bitstream/20.500.12107/3509/1/Tesis_DIEGO.pdf.
7. Salguero Cruz VA. [Online].; 2017 [cited 2021 Febrero 16. Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/143463232.pdf>.
8. Huaroto Neyra M. [Online].; 2017 [cited 2021 Septiembre 07. Available from: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/1776/Huaroto_NM.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
9. Bonilla Murillo JC. cenida.una.edu.ni. [Online].; 2009 [cited 2021 Enero 12. Available from: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01B715mc.pdf>.
10. Huamán Hurtado. [Online].; 2018 [cited 2021 Enero 22. Available from: <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/3384/MONOGRF%C3%8DA%20-%20HUAM%C3%81N%20HURTADO.pdf?sequence=5&i>.
11. Sánchez Alvarez VA. [Online].; 2015 [cited 2021 Enero 20. Available from: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2835/3/CD000026-TRABAJO%20COMPLETO.pdf>.

12. Troncoso Vargas HA. tesis.ucsm.edu.pe. [Online].; 2014 [cited 2021 Febrero 22. Available from: <file:///C:/Users/User/Downloads/42.0102.IB.pdf>.
13. Molina Barriga G. [Online].; 2017. Available from: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8332/1/T-UCE-0015-490.pdf>.
14. Carballo Ubicab VM. repositorioinstitucional.mx. [Online].; 2019 [cited 2021 Enero 20. Available from: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1516/1/PCB_D_Tesis_2_019_Victor_Manuel_Carballo_Uicab.pdf.
15. Quiñones Bravo X, Yunda Romero C. [Online]. [cited 2022 03 10. Available from: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/646-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2799-1-10-20210719%20\(9\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/646-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2799-1-10-20210719%20(9).pdf).
16. Sánchez Alvarez VA. [Online].; 2015 [cited 2021 Marzo 23. Available from: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2835/3/CD000026-TRABAJO%20COMPLETO.pdf>.
17. Artieda Reyes DS. repositorio.ute.edu.ec. [Online].; 2010 [cited 2021 Marzo 15. Available from: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11516/1/40848_1.pdf.
18. Narciso Reyes LJ. [Online]. [cited 2022 06 02. Available from: <https://www.contextoganadero.com/agricultura/conozca-las-propiedades-del-achiote>.
19. Paredes Andrade. [Online].; 2021. Available from: https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/u/0/?ui=2&ik=019244c377&attid=0.1&permmsgid=msg-f:1718642626038688730&th=17d9d85cd4e16bda&view=att&disp=inline&sadnir=1&sadbat=ANGjdJ_ITZMr4Nf64eKBeIgTgYSCEoXPfhqElZhpqoi-SqHLPtWb9_izlrTdHnc1gFauZR.
20. Arriaza Meza AD. [Online].; 2012 [cited 2022 Febrero 22. Available from: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1130.pdf.
21. Pech Hoil R. [Online].; 2020 [cited 2022 Marzo 15. Available from: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1826/1/PCB_D_Tesis_2_020_Rodolfo_Pech_Hoil.pdf.
22. Peña M. [Online].; 2003 [cited 2022 Marzo 16. Available from: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4302/1/imiaptP349c.pdf>.
23. Hernández Villarreal A. [Online]. [cited 2022 03 20. Available from: <https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=95481>.

24. Hernández Villarreal A. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE RECURSOS. REVISTA BIO CIENCIAS. 2013;; p. 113.
25. López Lillo A, Sánchez de Lorenzo-Cáceres JM. [Online].; 2001 [cited 2021 Agosto 11. Available from: <https://www.arbolesornamentales.es/index.htm>.
26. Arce Portuguez. [Online].; 2002 [cited 2021 Junio 01. Available from: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/90019483.pdf>.
27. Color Amazonia. [Online].; 2011 [cited 2022 Marzo 15. Available from: <https://coloramazonia.com/plantas/achiote-2/>.
28. Méndez. [Online].; 2014 [cited 2021 Mayo 28. Available from: <https://www.lamagiadelpaisaje.com/2014/07/diferentes-formas-de-los-arboles.html>.
29. Valdez Ojeda R, Hernández Stefanoni, JL, Aguilar Espinosa M, Rivera Madrid , Ortiz , Quiros CF. [Online].; 2008 [cited 2022 Marzo 16. Available from: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/43/7/article-p2013.xml>.
30. Chumpitaz JN, Ccoyllo Llacsa P, Koc Sánchez , Medina Morales. [Online].; 2020 [cited 2022 Marzo 16. Available from: file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/marilynbuendia,+PJA+2020+VOL+4+NRO+3_4+JUAN+NOLASCO.en.es.pdf.
31. Escobar Turriza P. [Online].; 2017 [cited 2021 Noviembre 20. Available from: file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/PCB_BBM_M_Tesis_2017_Escobar_Pedro.pdf.
32. Avendaño Arrazate CH, Pinzón López LL, Mendoza López A, Campos Rojas E, Correa Navarro PJ, Godoy Hernández G, et al. [Online].; 2020 [cited 2022 Marzo 15. Available from: <https://1library.co/document/q75kn8nz-rescate-conservacion-achiote-bixa-orellana-l-mexico.html>.

CAPITULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos.

Anexo A. Registro de datos cualitativos.



Anexo B. Medición de la hoja del achiote.



Anexo C. Conteo de numero de semillas por capsula.



Anexo D. Peso de 100 semillas.



Anexo E. Conteo de número de panículas.



Anexo F. Captura con datos de programa Infostat.

InfoStat/L - Nueva tabla

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

Nueva tabla

Resultados

Nueva tabla : 14/6/2022 - 14:06:40 - [Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

LH

Variable	N	R²	R² A	CV
LH	90	0,52	0,51	16,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1048,03	2	524,02	47,55	<0,0001
Grupo	1048,03	2	524,02	47,55	<0,0001
Error	958,79	87	11,02		
Total	2006,83	89			

Test:Duncan Alfa=0,05
Error: 11,0206 gl: 87

Grupo	Medias	n	E.E.
3	12,55	16	0,83 A
2	21,08	36	0,55 B
1	21,77	38	0,54 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

AH

Variable	N	R²	R² A	CV
AH	90	0,35	0,34	31,12

ANAVA

A-R Port = disabled [1]