

**CARACTERIZACION MORFOLOGICA IN SITU DE ARBOLES REGIONALES
SOBRESALIENTES DE CACAO *Theobroma cacao* L, EN LOS NUCLEOS
PRODUCTIVOS DEL MUNICIPIO DE TUMACO – NARIÑO.**

JOSE ERLING ESCOBAR TENORIO

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
PASTO-COLOMBIA
2008**

**CARACTERIZACION MORFOLOGICA IN SITU DE ARBOLES REGIONALES
SOBRESALIENTES DE CACAO *Theobroma cacao* L, EN LOS NUCLEOS
PRODUCTIVOS DEL MUNICIPIO DE TUMACO – NARIÑO.**

JOSE ERLING ESCOBAR TENORIO

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el titulo de
INGENIERO AGROFORESTAL**

PRESIDENTE

WILLIAM BALLESTEROS POSSÚ, I. AF., M.Sc.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
PASTO-COLOMBIA
2008**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado, son responsabilidad exclusivas de su autor”

**Artículo 1° del Acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1996,
Emanado del Honorable Consejo Académico de la Universidad de Nariño.**

NOTA DE ACEPTACIÓN

William Ballesteros Possú, I. AF., M.Sc.
Presidente

Tulio Cesar Lagos Burbano, I.A., Ph.D
Jurado

Oscar Checa Coral, I.A., Ph.D
Jurado

Jorge Vélez Lozano, I. AF., M.Sc.
Jurado

San Juan de Pasto, Febrero de 2008

DEDICATORIA:

A DIOS indispensable compañero en todos los momentos de mi vida.

Mi madre a quien después de DIOS le debo todo incluso la vida misma

Mi padre a quien le agradezco mucho por todos sus consejos, por su paciencia y comprensión

Mis hermanos: Carlos Alberto, Edwin Edward, Elkin Eudoro, Rocío Angélica y Agustín Arnulfo. Quienes con su apoyo constante e incondicional me han brindado todo.

Mis abuelitas: Angélica fuente de energía para mi y Rosa Maria q.e.p.d.

Mis sobrinos: Carlos Alberto, José Andrés y Luz Angélica, con mucho amor y cariño.

Mis tías, tíos, primos, primas, demás familiares, amigas y amigos que siempre estuvieron ahí

JOSE ERLING ESCOBAR TENORIO

AGRADECIMIENTOS

A William Ballesteros Possú, I.AF., M.Sc, Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

A Tulio Cesar Lagos Burbano, I.A., Ph.D, Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

A Oscar Checa Coral, I.A., Ph.D, Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

A Jorge Vélez Lozano, I.AF., M.Sc Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

A Bismarck Preciado Saya, I.A. Director ejecutivo de Cordeagropaz

A Germán Arteaga Meneses, I.A., M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

A Álvaro Castillo Marín, I.A., Esp., Secretario general de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

A Hernando Criollo Escobar, I.A M.Sc Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño (FACIA)

A la Corporación para el Desarrollo Agroempresarial de Tumaco
CORDEAGROPAZ

A la Compañía Nacional de Chocolates

A los agricultores de los núcleos productivos de cacao de Tumaco

A todas aquellas personas que de una u otra forma participaron en la realización y culminación del presente trabajo

CONTENIDO

	Pag.
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
I. INTRODUCCIÓN	16
II. MARCO TEORICO	18
2.1 Cacao	18
2.1.1 Origen y distribución	18
2.1.2 Clasificación botánica	19
2.1.3 Biología del cacao	19
2.1.4 Domesticación del cacao	20
2.2 Mejoramiento genético convencional	21
2.3 Características morfológicas	22
2.4 Estudios sobre caracterización en cacao	23
2.4.1 Selección de árboles de cacao en el departamento de Santander	23
2.4.2 Recolección de materiales de alto rendimiento en Colombia caracterización morfoagronómica y molecular	24
2.4.3 Descriptores de cacao	24
2.4.4 Caracterización morfoagronómica de 10 clones de cacao <i>Theobroma cacao</i> L en el municipio de Arauquita Departamento de Arauca	27
III. MATERIALES Y METODOS	28
3.1 Localización	28
3.2 Metodología	28
3.2.1 Socialización del proyecto a los agricultores	28

3.2.2 Identificación de los árboles élite de cacao en los núcleos productivos de Tumaco	29
3.2.2.1. Identificación de árboles sobresalientes	29
3.2.2.2. Marcación en campo de los árboles sobresalientes	29
3.2.3 Caracterización morfológica in situ de los árboles regionales sobresalientes	30
3.2.3.1 Individuos caracterizados	30
3.2.3.2 Descripción y caracterización morfológica	31
3.2.3.3 Análisis estadístico	34
3.2.4 Colección de germoplasma	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1 Variables cuantitativas	36
4.1.1 Análisis de componentes principales	36
4.2 Variables cualitativas	44
4.2.1 Análisis de correspondencia múltiples	44
4.2.2 Análisis e interpretación del dendrograma para variables cualitativas y las clases	45
V. CONCLUSIONES	49
VI. RECOMENDACIONES	50
VII BIBLIOGRAFÍA	51
VII ANEXOS	55

LISTA TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Nomenclatura utilizada para identificar los genotipos en los núcleos productivos	29
Tabla 2. Valores propios de los componentes principales obtenidos del ACP para las variables cuantitativas de los genotipos sobresalientes de cacao <i>Theobroma cacao</i> L en los núcleos productivos de Tumaco	36
Tabla 3. Aporte de las variables cuantitativa a los componentes principales	37
Tabla 4. Matriz de correlación de cada variable cuantitativa	38
Tabla 5. Características de mayor importancia en las variables cuantitativas en el clúster 1 (19 genotipos)	40
Tabla 6. Características de mayor importancia en las variables cuantitativas en el cluster 3 (5 genotipos)	40
Tabla 7. Características de mayor importancia en las variables cuantitativas en el cluster 3 (5 genotipos)	41
Tabla 8. Características de mayor importancia en las variables cuantitativas en el cluster 4 (9 genotipos)	42
Tabla 9. Valores propios o factores de las variables cualitativas	44
Tabla 10. Correlación de cada variable cualitativa con los valores propios	45

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diseño del banco de germoplasma de cacao con los materiales regionales combinados con los clones universales.....	34
Figura 2. Dendrograma de 50 genotipos de cacao <i>Theobroma cacao</i> L para las variables cuantitativas	38
Figura 3. Características sobresalientes de los genotipos del grupo 4	42
Figura 4. Dendrograma de 50 genotipos de cacao <i>Theobroma cacao</i> L para variables cualitativas	45

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Formato para la identificación de árboles de cacao de alto rendimiento presentes en las fincas de los productores.....	56
Anexo 2. Formas predeterminadas de las mazorcas propuestas por Bartley et al (1980).....	57
Anexo 3. Formato para la evaluación morfológica de genotipos de cacao regionales.....	58
Anexo 4. Relación de los propietarios, ubicación y la numeración de los árboles de cacao seleccionados en los núcleos productivos del municipio de Tumaco.	62
Anexo 5. Valores Propios de los componentes principales obtenidos del ACP para las variables cuantitativas de los genotipos de cacao en los núcleos productivos de Tumaco	65
Anexo 6. Correlación de cada variable con los componentes principales	66
Anexo 7. Valores propios o factores principales de las variables cualitativas	67
Anexo 8. Correlación de cada variable cualitativa con los factores principales o valores propios.....	68
Anexo 9. Estadígrafos de las variables cuantitativas en cacao regional de Tumaco	70
Anexo 10. Localización de los núcleos productivos en el municipio de Tumaco Nariño.	71

GLOSARIO

Alógama: Son aquellas plantas en donde los gametos que se unen para formar el embrión provienen de diferentes individuos.

Autógama: plantas en las cuales el proceso de polinización se realiza en la misma flor; se acepta como plantas autógamas aquellas que poseen menos del 5% de polinización cruzada natural.

Componente Principal: es una macro variable que contiene otras variables, pero es sintética

Dendrograma: son usados para visualizar la secuencia anidada de los clusters que resultan en un conglomerado jerárquico

Descriptor: El término es sinónimo de carácter, Engels (1980)¹ define descriptor como término descriptivo, que expresa elementos de información.

Distancia euclidiana: índice cuantitativo que mide la separación existente entre dos unidades de observación según los valores que ellas posean en un conjunto de variables

Incompatibilidad: se manifiesta cuando el polen de una flor de una planta no consigue fecundar los óvulos de las flores de la misma planta.

Genotipo: Es la constitución genética de un organismo; conjunto de factores hereditarios que regulan en conjunto la forma de reacción de un organismo ante los factores del ambiente

Morfología: Estudia la forma de las plantas o descripción de la forma de los diversos órganos vegetales

Pedicelo: es el tallito de las flores de una inflorescencia; tallo que une a la flor con el eje u otra parte de la inflorescencia.

Pedúnculo: tallito de la flor solitaria o de la inflorescencia. Dicho de otra forma corresponde al tallo que une a la inflorescencia con la rama o tallo principal.

Pistilo: es la estructura femenina de la flor. Consta de estigma, estilo y ovario, que es donde se encuentra los óvulos.

¹ ENGELS, J; BARTLEY, B; ENRIQUEZ, G. Cacao descriptors, their status and modus operandi. CATIE. 1980. p 209 217

RESUMEN

Se caracterizaron morfológicamente cincuenta (50) genotipos de cacao (*Theobroma cacao L.*), en los núcleos productivos del municipio de Tumaco, departamento de Nariño, Colombia, ubicados en la llanura costera de 0 - 50 msnm, donde se registra una temperatura media de 27° C, precipitación anual media de 2.800 mm. y humedad relativa del 85%, perteneciente a la zona de vida bosque húmedo tropical (bh -T). Se utilizaron las metodologías de centros de investigación en Costa Rica (CATIE) y Trinidad para el mejoramiento por selección individual de árboles superiores, y la caracterización con base en Engels Bartley y Enríquez (1980). Los árboles fueron denominados con las letras STN (Selección Tumaco Nariño) y con los números desde el 1 hasta el 50.

Se evaluaron las variables: longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, grosor de la cáscara, peso seco de la semilla, peso fresco de la semilla, número de cojines por rama, número de flores por cojín, largo y ancho de la hoja, largo del estaminoide, número promedio de granos por mazorca, arquitectura de la planta, vigor de la planta, base de las hojas, ápice de las hojas, presencia de antocianina en el botón floral y en estaminoide, forma de la mazorca, color superficial de la mazorca, color del grano y forma del grano .

Los datos se analizaron con el programa SPAD versión 3.5, mediante el procedimiento de Componente Principales (CP) y Análisis Cluster para establecer las diferencias entre los materiales. Los genotipos identificados como STN32, STN36, STN37, STN39, STN40, STN41, STN43 y STN44, se destacaron por presentar mazorcas grandes y peso seco de semilla superior al promedio general de los materiales caracterizados, siendo promisorios para un programa de mejoramiento genético de la especie.

Palabras Clave: *Theobroma cacao*, caracterización morfología, genotipo, cacao regional, análisis multivariado, Tumaco, Nariño, Colombia.

ABSTRACT

In the cocoa productive nucleus of Tumaco municipality, Nariño were morphologically characterized fifty (50) genotypes, located in the coastal plain through 0 - 50 msnm, where it registers 27° C average temperature, precipitation annual average 2.800 mm. and 85% relative humidity, belonging to the area of life tropical humid forest (bh -T). The methodologies of investigation centers in Costa Rica (CATIE) and Trinidad for the improvement for individual selection of superior trees, and the characterization with base in Engels Bartley and Enríquez (1980) were used. The trees were denominated with the letters STN (Tumaco Nariño Selection) and with the numbers from the 1 up to the 50.

The traits ear longitude, ear diameter, peel' s thick, dry weight of the seed, fresh weight of the seed, flowers number for branch, flowers number for bouquet, long and wide of the leaf, long of the estaminoide, number average of grains for ear, plant architecture, plant vitality, leave's base, leave's apex, antocianina in the floral button and estaminoide, ear shape, pod's color , shape color and shape.

The data were analyzed with the program SPAD version 3.5, by means of main component procedure (CP) and cluster analysis, to establish the differences among cocoa regional materials. The identified genotypes as STN32, STN36, STN37, STN39, STN40, STN41, STN43 and STN44, were the better because they presented big pods and seeds with highest dry weight between characterized materials, This genotypes are promissory for a local genetic improvement program.

I. INTRODUCCIÓN

En Colombia dentro de la apuesta exportadora agropecuaria para los años 2006 – 2020 (MADR, 2006)² se destaca el cacao como uno de los cultivos de largo rendimiento, con alto potencial exportador donde sobresalen cinco regiones aptas para el desarrollo del cultivo, estando el departamento de Nariño en la cuarta región . En dicho documento se plantea un área sembrada de 216.141 ha, con un rendimiento promedio de 1,15 ton /ha, lo que implica triplicar los rendimientos actuales y duplicar el área sembrada de cacao para el año 2006 (meta no cumplida). Así mismo, en lo concerniente a la inteligencia de mercados, se pretende estudiar nichos con énfasis en los de productos de alto valor agregado; desarrollo de estrategias para promoción de exportaciones de productos intermedios y la investigación en productos funcionales (ICCO, citado por UNAL COLOMBIA, COLCIENCIAS, MINAGRICULTURA, 2007)³.

En el municipio de Tumaco el cultivo de cacao se ha constituido en la principal fuente de ingresos de muchos agricultores, el cual ocupa un área cercana a las 10.400 hectáreas, distribuidas principalmente en los núcleos productivos como San Luís Robles, Río Chagüí, Río Mira; Río Rosario, Río Tablón Salado y Carretera y Ramales, siendo la región con mayor producción de cacao en el Departamento de Nariño, el cual ocupa el tercer puesto en área sembrada en el País.

De estas hectáreas, el 90% son cacaotales viejos, con sombríos improductivos, severamente atacados por moniliasis *Moniliophthora roreri* y escoba de bruja *Crinnipellis pernicioso*, técnicamente mal establecidos con bajas densidades de siembra, árboles distribuidos al azar, sin un manejo adecuado de las podas e inadecuado manejo de la postcosecha, generando un rendimiento promedio de 275 kg de cacao/ha/año, que es bajo si se compara con el promedio Nacional de 550 kg /ha (UNAL, COLCIENCIAS, Minagricultura, 2007)⁴.

Como consecuencia de lo anterior, las fincas tradicionales cacaoteras no son competitivas debido a sus bajos rendimientos, por tanto, están siendo reemplazadas por ganadería, rastrojos, abandonadas o en el peor de los casos se convierten en cultivos de coca generando los problemas económicos, sociales y ambientales que este cultivo de uso ilícito trae consigo.

² MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). Apuesta exportadora agropecuaria 2006 – 2020, Bogotá, MADR, 2006. 120p.

³ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, COLCIENCIAS, MINAGRICULTURA, 2007. Estudio prospectivo y de vigilancia tecnológica para la definición de la agenda de investigación en la cadena productiva del cacao – chocolate. Bogotá, D.C., Informe de trabajo No.1, enero de 2007. 124 p. on line: www.agrocadenas.gov.co

⁴ Op. cit..

FEDECACAO (2005)⁵ Anota que otros factores como la baja calidad genética de los materiales sembrados y la falta de una atención adecuada y oportuna al cultivo por parte del productor, son consideradas las causas principales del problema que está relacionado con el bajo rendimiento por hectárea y la vida productiva del cultivo. Un resultado de la circunstancia descrita se refleja en el deterioro progresivo de una fuente importante de ingreso para el productor y por ende en la disminución del flujo de recursos de reinversión para la rehabilitación de cultivos improductivos, la renovación de plantaciones viejas o la siembra de nuevas áreas.

Preocupados por esta problemática, diferentes instituciones como CORPOICA, FEDECACAO y las compañías LUKER y Nacional de Chocolates han introducido cambios en la tecnología, representados en el uso de materiales genéticos diferentes a los tradicionalmente utilizados especialmente híbridos, propagación por métodos vegetativos, uso de clones universales, y finalmente se está recomendando el uso de clones regionales, a los que no se les ha hecho una evaluación de su comportamiento en la región.

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo se realizó con el objetivo de caracterizar morfológicamente in situ árboles regionales sobresalientes de cacao *Theobroma cacao* L, en los núcleos productivos del municipio de Tumaco-Nariño, para generar árboles élite y establecer una colección de estos materiales en bancos de germoplasma.

⁵ FEDECACAO. 2005. Transferencia de tecnología, Santa Fé de Bogotá, On line: <http://www.fedecacao.com/pages/estd/Nacionales.html?pic=%22nacionales/3.htm%22>

II. MARCO TEORICO

2.1 Cacao

2.1.1 Origen y distribución

El género *Theobroma* es originario de América Tropical, específicamente de la cuenca alta del río Amazonas. El género posee algunas especies de gran relevancia económica en los trópicos, principalmente *Theobroma cacao* y en mucho menor grado *T. grandiflorum* y *T. bicolor*. Las semillas de *T. cacao* se han empleado a lo largo de la historia para la preparación de bebidas y otros alimentos, como moneda, bebida ceremonial y tributo a reyes. Esta especie se encuentra actualmente distribuida a lo largo de las regiones lluviosas de los trópicos, desde los 20° LN hasta los 20° LS (ICCO, 2003)⁶.

Soria (1970)⁷ indica que la distribución natural de la especie avanza hasta 15° de latitud sur, en los ríos Alto Beni y Mamoré, en el territorio boliviano y por el norte, hasta cerca de los 10° en los límites de los llanos venezolanos y por las vertientes bajas de las sierras de Parima y Paraima, que dividen Venezuela de Brasil.

Por su parte Hardy (1961)⁸ confirma la teoría que el centro de origen del cacao se sitúa en la cuenca del Amazonas, y además propone la existencia de dos subespecies correspondiente a los Criollos y los Forasteros, sugiriendo también que la subespecie correspondiente a los criollos son originarios de América Central, y a la subespecie de los forasteros le atribuyen como su centro de origen el bajo amazonas mencionando que evolucionaron independientemente.

Finalmente a partir de estudios realizados con ayuda de diferentes tipos de marcadores moleculares, Laurent *et al.* (1994)⁹ proponen un esquema de diferenciación de poblaciones de cacao. De acuerdo con la hipótesis de Palencia (2006)¹⁰ quien indica que los forasteros serían dispersados a partir del alto Amazonas dando lugar al forastero, mientras que el criollo evolucionaría independientemente del otro lado de la cordillera andina.

⁶ ICCO. (Organización Internacional del Cacao) Programa de Cacao Sostenible, UK (boletín de cacao de la. SIN 1353-4572). Londres, Inglaterra 2003.

⁷ SORIA, VJ. Tendencia de la variabilidad de algunas características de los frutos, flores y semilla en los cacao nativos de la hoya amazónica. Cacao Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas OEA Centro de Enseñanza e Investigación. Turrialba-Costa Rica vol XV: 1. 1970b.

⁸ HARDY, F. Manual del cacao, Instituto interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba Costa Rica 1989. 362p

⁹ LAURENT *et al.*, Lanaud, C Variability for nuclear ribosomal genes within *Theobroma cacao* Heredity 71 1993. 96 – 103 p

¹⁰ PALENCIA, C. G. Selección de árboles sobresalientes de cacao, en Santander, una estrategia para incrementar la productividad en. Fitotecnia CORPOICA Colombia 2006

2.1.2 Clasificación botánica

Hardy (1961)¹¹ indica que el cacao es una planta tropical que pertenece a la familia de las Esterculiáceas, Orden: Malvales, Género: *Theobroma* el cual comprende unas veintidós especies; *Theobroma cacao* L, es la especie más conocida por su importancia económica y social. Otras especies como *T. bicolor* (conocido en el Ecuador como “cacao blanco” o “patas”), y *T. angustifolia* se utilizaron en América Central, desde la época anterior a la conquista, para la preparación del chocolate.

Por mucho tiempo ha existido confusión en la clasificación taxonómica del cacao comercial, debido a su variabilidad genética respecto a caracteres de color, forma y dimensiones de las distintas partes de la flor, del fruto y la semilla. Sin embargo como punto de partida se admite que la mayor parte del cacao comercial pertenece a una sola especie *T. cacao*, que comprende tres complejos genéticos; los criollos, forasteros o amazónicos, y trinitarios, este último se originó por el cruce de los dos anteriores Cuatrecasas (1964)¹².

2.1.3 Biología del cacao

El cacao es una planta alógama, de ciclo vegetativo perenne y diploide $2n=2x=20$. El árbol de cacao alcanza alturas desde 2 m hasta 20 m cuando tiene condiciones óptimas de crecimiento (sombra intensa, temperatura, viento, agua y suelos apropiados). La planta proveniente de semilla presenta un tronco vertical que puede desarrollarse en forma muy variada dependiendo de las condiciones ambientales, el cual empieza su etapa de producción a los dos años después de establecido en el campo. Las plantas de origen clonal obtenidas mediante injerto o estacas presentan una conformación diferente sin el predominio de un eje principal Enríquez (1987)¹³.

El tronco del árbol es vertical de crecimiento continuo, su brotación es discontinua, así como su floración. La flor de cacao es hermafrodita y se da en racimos llamados cojines en las partes viejas de planta (cauliflora), pentámera con cinco lóculos dentro de los cuales existen de 6 a 12 óvulos Hardy (1961)¹⁴.

La polinización natural es esencialmente entomófila, el polen una vez liberado es viable durante 48 horas, una planta puede producir alrededor de 100 000 a 150 000 flores por año de las cuales solo el 0,1 al 0,3% es fecundada, sin embargo, existen un sinnúmero de factores que afectan el número final de frutos, uno de estos es el “Cherelle Kilt” o muerte prematura que afecta a estos

¹¹ HARDY, Op Cit. P 71.

¹² CUATRECASAS, estudio del origen del cacao (*Theobroma cacao* L), 1964. 87p.

¹³ ENRIQUEZ; SALAZAR, C. Manual del Cacao para agricultores. 1ra Edición San José CR. EUNED. Coedición: CATIE-ACRI-UNED. 150 p. Costa Rica 1987.

¹⁴Op. Cit.

en su etapa temprana y puede reducirlos en un sistema de auto incompatibilidad del cacao, o por efecto de estrés. Es cotiledonar cubierta de una pulpa mucilaginoso de color blanco, los cotiledones pueden ser de blanco a violeta, contienen una media del 50% de lípidos que una vez extraídos constituyen la manteca del cacao. La semilla seca generalmente posee un peso de entre 0,8 a 1,5g. Cope (1976)¹⁵.

La autocompatibilidad es un carácter genético de alguna frecuencia en cacao y en algunos cultivos alógamos, consiste en que ciertos genes influyen para que el propio polen de algunas plantas no puedan fecundar sus óvulos, la primera explicación genética que se ha dado para este fenómeno es que la fecundación es controlada por una serie de cinco alelos en el mismo locus, que se ha denominado S, con el siguiente orden de dominancia: S1 mayor que S2 =S3 mayor que S4 mayor que S5 Knight y Roger (1955)¹⁶.

Posteriormente, propusieron la presencia de un sexto alelo S6 recesivo a los otros, y de dos factores adicionales, diferentes e independientes a los que se llamó A y B. Se cree que estos últimos tienen que ver con la producción de alguna sustancia o sustancias sobre las que actúan los factores S para producir sus respectivos antígenos y anticuerpos Cope (1958)¹⁷.

2.1.4 Domesticación del cacao

El centro de origen de *Theobroma* es el alto Amazonas Mariaca y Hernández (1992)¹⁸, y su domesticación comenzó en el sur de México, y América Central con los Mayas, que fue el primer pueblo conocido que se dio cuenta de las valiosas cualidades de la almendra de cacao hace más de 2000 años Nosti, 1953; Cope, 1976; Bradeau (1981)¹⁹.

Los forasteros que fueron localizados en la cuenca del río Amazonas, es el genotipo que sienta las bases del cultivo en América del Sur y se cree que fueron parcialmente domesticados por los nativos del Amazonas en la época precolombina Figueira *et al.* (1994)²⁰, cuyo grupo según el origen geográfico que lo conforman, han sido subdivididos en Forasteros del alto Amazonas (silvestre y semi silvestres) y forasteros del bajo Amazonas (cacaos

¹⁵ COPE, FW.. Cacao. *Theobroma cacao* L. (Sterculiaceae), IM: simmonds N. W. (ed). Evolution of Crop plants Longman, London and new York, 1976 pp – 285 – 289.

¹⁶ KNIGHT, R Y ROGERS, HH. 1955. Incompatibility in *Theobroma cacao* Heredity (1955): 69 – 77.

¹⁷ COPE, FW. Incompatibility in cacao. Unpublished paper. 1958. 12p.

¹⁸, MR; HERNÁNDEZ, XE. Origen y Domesticación del cacao (*Theobroma cacao* L), Tierra y Agua La Antropología en tabasco 3: 1992. 7-16p

¹⁹ BRADEAU, J.. El cacao, México, Edit. Blume 1981.30-56 pp.

²⁰ FIGUEIRA, AJ; JANICK, J; LEVY, M; GOLDSBROUGH, P.. Reexamining the classification of *Theobroma cacao* L. Using molecular markers. J. Amer. Soc. Hort. Sic 119 (5): 1994 1073 – 1082.

amelonados) siendo estos últimos los que predominan en los cacaos cultivados mundialmente.

Los trinitarios, son considerados un tipo intermedio entre los criollos y forasteros Warren (1994)²¹, y su origen se ubica en el siglo XVIII, donde debido a la destrucción del cacao criollo – semilla blanca existente en Trinidad fue sustituido por material forastero llevado desde Venezuela el cual se cruzó naturalmente con el remanente criollo. Otra hipótesis señala que el cacao trinitario se originó de cruzamientos realizados por poblaciones indígenas ubicados en la cuenca del bajo Orinoco, entre el criollo suramericano y el forastero amazónico cuyas generaciones fueron introducidas a Trinidad Yamada (1991)²².

2.2. Mejoramiento genético convencional

El mejoramiento genético del cacao actualmente está dirigido a alcanzar dos grandes objetivos, incremento del rendimiento de cultivares y resistencia a enfermedades. El rendimiento medio para América Latina es de 300 Kg/ha/año (FAO, 1988)²³. La mayoría de los países informan de pérdidas de aproximadamente el 50% de la producción por ataque de enfermedades y del 21% por plagas.

Actualmente están disponibles diferentes métodos de mejoramiento: selección de clones y selección genealógica por producción de híbridos.

La selección clonal fue muy empleada al inicio del año de 1940; consiste en propagar vegetativamente, individuos superiores seleccionados a partir de descendencias híbridas. Este método permite aumentar los rendimientos y la homogeneidad de las plantaciones, sin embargo, presenta algunas limitantes, dependiendo de la técnica de propagación usada (injertos, estacas). Por ejemplo, si se toman ramas plagiotrópicas, el crecimiento de las plantas será lateral lo que obliga al uso de un tutor para sostener la planta, también su sistema radical será superficial no permitiendo un adecuado anclaje a la planta Browman (1950)²⁴.

El mejoramiento genético por selección presenta algunos problemas, los descendientes son muy heterogéneos, probablemente debido al grado de heterocigocidad de los padres Laurent *et al* (1993)²⁵,

²¹WARREN, JM. Isozyme variation in a number of population of *Theobroma cacao* L. Obtained through various sampling regimens. *Euphytica* 72: 1994. 212- 126

²²YAMADA, M. Genetic studies in cacao (*Theobroma cacao* L.), ph, D. Thesis University of Wisconsin-Madison 1991. 179p.

²³FAO, Annuaire de la production. Collection FAO statistiques # 88. XVII. Rome Italie 1988

²⁴BOWMAN, G. Quality in cacao. 1950 203p

²⁵LAURENT, Op. Cit. 103.

2.3 Características morfológicas

La mayoría de las plantas cultivadas con importancia económica tienen sus patrones de identificación, caracterización y evaluación, para llevar a estos protocolos se han realizado estudios de las características en el sentido de conocer la variabilidad de los caracteres dentro y entre plantas, luego se ha seleccionado aquellas características cualitativas o cuantitativas que han resultado ser más útiles para la descripción. Enríquez y Soria (1996)²⁶. Este autor concluyó que el peso seco de la almendra de cacao es el rasgo más confiable para la descripción morfológica.

Los órganos más importantes para la descripción morfológica son aquellos que están menos influenciados por el ambiente, entre estos órganos quizás los más importantes son la flor y el fruto, le siguen en importancia las hojas, tronco, ramas, raíces y los tejidos celulares que muchas veces son difíciles de caracterizar Enríquez y Soria (1996)²⁷.

Pound (1932)²⁸ fue uno de los primeros investigadores en señalar que algunas características de la flor y la semilla son útiles en la caracterización de clones de cacao.

Enríquez y Soria (1996)²⁹ presentaron una lista de 11 caracteres descriptivos de la flor, así como el tamaño de muestra, las mismas que fueron descritas por Engels *et al.* (1980)³⁰ e incluidos dentro del grupo de descriptores que actualmente recomiendan para cacao.

Pound (1932)³¹ realizó los primeros estudios acerca de la forma de la semilla tomando como base el largo, ancho y espesor de esta para describir algunas poblaciones de cacao, indicó que el tamaño de la semilla es un carácter muy variable requiriéndose una muestra muy grande para su estimación.

²⁶ ENRIQUEZ, G. A. SORIA, V. J. Estudio de Variabilidad de varias características de las mazorcas de cacao (*Theobroma cacao L.*).1996.

²⁷ *Ibid.*, p 80

²⁸ POUND, Op. Cit p96

²⁹ ENRÍQUEZ Y SORIA Op. Cit p 32

³⁰ ENGELS, J; BARTLEY, B; ENRIQUEZ,G. Cacao descriptors, their status and modus operandi. CATIE 1980. p 209 217

³¹ POUND, Op. Cit. P 34.

2.4 Estudios sobre caracterización en cacao

2.4.1 Selección de árboles de cacao en el departamento de Santander

En el estudio realizado en Santander por Palencia (2006)³² para la escogencia de los genotipos tuvieron en cuenta las siguientes variables:

1. Árboles mayores de 15 años de edad en competencia completa.
2. Buena distribución de los cojines florales en troncos y ramas primarias
3. Árboles vigorosos, con ramas fuertes y bien formados
4. Producción superior a 60 frutos por árbol, dos meses antes del pico de la cosecha principal.
5. Índice de mazorca: menos de 18 mazorcas por kilo de cacao seco e índice de semilla mayores de 1.5g por grano.
6. Alta tolerancia a plagas y enfermedades.
7. Tolerantes al estrés de sequía y humedad Palencia (2006)³³.

Debido a que los árboles seleccionados no tenían una identificación específica, optaron por utilizar la sigla SCC que significa, Selección Colombia CORPOICA, más un número, para los árboles seleccionados antes del 2002; para los seleccionados posteriormente se utilizó la sigla CCS que significa Colección CORPOICA la Suiza y un número Palencia (2006)³⁴.

Se hizo una colecta de 286 materiales, los que presentaron un coeficiente de variación de 1,07 los cuales son significativos, indicando que hay variabilidad entre las clases evaluadas Palencia (2006)³⁵.

2.4.2 Recolección de materiales criollos de alto rendimiento en Colombia caracterización morfoagronómica y molecular (Corpoica – Fedecacao-MADR 2004)³⁶.

Corpoica –Fedecacao-MDADR. 2004³⁷, realizaron el estudio de caracterización morfoagronómica y molecular de materiales criollos de alto rendimiento de cacao en Santander, utilizando una ficha en la que plasmaron información suficiente para la localización, identificación y caracterización para cada árbol seleccionado. (Ver anexo3). La nomenclatura o identificación del árbol que utilizaron en este estudio fue la siguiente: Magdalena: 1 – 20, Cesar: 21 – 40 y la Guajira: 41 – 60. Debido a que los árboles seleccionados no tenían una

³² Ibid., p26

³³ Ibid., p18

³⁴ Ibid., p53

³⁵ Ibid., p44

³⁶ CONVENIO CORPOICA – FEDECACAO – MDADR. Recolección, Caracterización Morfoagronómica y Molecular de Materiales Criollos de alto rendimiento. Bucaramanga. Colombia. 2004. P 67.

³⁷ CORPOICA, Op. Cit p 35

identificación específica, optaron por utilizar la sigla SCC que significa Selección Colombia Corpoica y un número.

En las conclusiones, encontraron 12 componentes principales de importancia en la variación total. Las 4 agrupaciones de los clones élites de cacao encontrados en el trabajo se pudieron realizar mediante, técnicas multivariadas, como es el análisis de componentes principales expresado en el dendrograma. El estudio mostró que hay variabilidad genética representada por 4 agrupaciones genéticas por parámetros morfoagronómicos, (Corpoica – Fedecacao-MADR. 2004)³⁸.

2.4.3 Descriptores de cacao

Engels *et al.* (1980)³⁹, describen los siguientes atributos en una lista que permite dar una idea de las partes de la planta que deben tomarse en cuenta para una descripción.

Debido a que los descriptores por sí solos no son auto explicatorios los autores hacen una explicación de cómo deben tomarse los datos, lo cual ayuda para completar su realización.

- Características de la planta

Arquitectura de la planta.

Se la expresa como una observación del ángulo de las ramas del árbol con relación a un eje central hipotético. Si el ángulo es igual o menor de 90°, la designación es erecta. Si el ángulo está entre 90 y 135°, la denominación es de intermedia; y, si el ángulo es mayor de 135° se le llamará pendulaza. Engels *et al.* (1980).⁴⁰

Si la descripción se refiere a la de árbol (híbrido), hay que hacer las categorías con referencia al tronco como eje central. Engels *et al.* (1980).⁴¹

Vigor.

Se refiere a la apariencia general de la planta y debe ser tomada observando varios árboles y comparándolos con un patrón preestablecido.

³⁸ PALENCIA, C. G, E. Selección de árboles sobresalientes de cacao, en Santander, una estrategia de para incrementar la productividad en. Fitotecnia CORPOICA Colombia 2006

³⁹ PALENCIA, C. Op. Cit. P 56.

⁴⁰ ENGELS, et al. Op.Cit, p 43

⁴¹ ENGELS, et al. Op.Cit. p 51

- Características de la hoja.

Para determinar las características de la hoja se realiza sobre la base de 30 hojas secundarias por árbol. Engels *et al.* (1980)⁴²

- Características de la floración

Intensidad de floración.

Tanto el número de cojines florales por metro lineal de las ramas principales, como el número de flores por cojín floral, se describen, tomando el promedio de 4 ramas. Engels *et al.* (1980)⁴³

Patrón de floración.

- Características de las flores

Las características de las flores son posiblemente los órganos más eficientes para la caracterización de los clones. Para determinar los caracteres cuantitativos y cualitativos de la flor se tomaron al azar 20 flores frescas por cada material. Para la evaluación de auto compatibilidad, se tomaron 20 flores por árbol, las cuales fueron entubadas, al día siguiente se fecundaron y se le retiraron los tubos. Las lecturas de desarrollo de la flor se efectuaron a los 7 días, considerándose 6 como número mínimo de fecundaciones exitosas para un clon auto compatible. Engels *et al.* (1980).⁴⁴

- Características de la fruta

Se necesita describir la coloración de los frutos inmaduros (4 meses de edad) y de frutos bien maduros. Para la descripción de la forma se acompaña de dibujos representativos para cada caso. En algunos ocasiones se hace referencia a otra fruta para describir su forma aproximada o a una figura geométrica. Se realizaron sobre 30 frutos. Engels *et al.* (1980)⁴⁵

Dureza de la cáscara.

Para este caso se recomienda tomar la mazorca por lo menos de cuatro meses de edad o cuando está madura. Como es difícil de expresar, debe primar la objetividad durante la calificación tomando como patrón un clon bien determinado o conocido. Engels *et al.* (1980)⁴⁶

⁴² ENGELS, et al. Op. Cit. P32

⁴³ ENGELS, et al. Op.Cit. p24

⁴⁴ ENGELS, et al Op. Cit p 14

⁴⁵ ENGELS, et al Op. Cit p 73

⁴⁶ ENGELS, et al Op. Cit p 37

- Características de la semilla

Para tomar datos de la semilla es necesario tener 20 mazorcas de las cuales se debe estudiar 5 semillas de cada una (n=100), éstas deben ser peladas y puestas en un lugar húmedo mientras se hace el estudio, dado que la semilla se deshidrata rápidamente. Terminadas las mediciones se debe secar en una estufa a 110° por 24 horas. Engels *et al.* (1980)⁴⁷

Forma de la semilla en corte longitudinal.

La forma de la semilla puede variar mucho dentro de una misma mazorca, por lo tanto es necesario observar varias semillas de cada mazorca y hacer el corte de una semilla promedio o de la forma que más se repita. Engels *et al.* (1980)⁴⁸

- Evaluación agronómica general

Para realizar esta descripción tuvieron en cuenta las condiciones ambientales donde se encontraba el árbol. En cuanto a la reacción de enfermedades se tomaron datos quincenales del número de mazorcas afectadas por *Monilia* durante un período de 2 años, buscando un porcentaje el cual mediante una escala preestablecida proporciona la reacción a la enfermedad. Con relación a escoba de bruja, mal del machete, *Phithophthora*, *Rosellinia* y el insecto *monalonium* la reacción se dio considerando la infestación del sitio donde se encuentra el árbol. Engels *et al.* (1980)⁴⁹

2.4.4 Caracterización morfoagronómica de 10 clones de cacao *Theobroma cacao L.* en el municipio de Arauquita, Departamento de Arauca.

El trabajo de Rojas en el 2002⁵⁰ tuvo como finalidad caracterizar morfoagronómicamente diez (10) clones de cacao *Theobroma cacao L.* CAU-37, FTA-1, FTA-2, FSA-11, FSA-12, FSA-13, FAR-12, ICS-1, ICS 95 y CCN-51 y se realizó durante 22 semanas en el Centro Experimental Santa Elena ubicado en el municipio de Arauquita, departamento de Arauca, Colombia

El trabajo se desarrolló en el centro experimental Granja Santa Elena de Fedecacao, ubicado en el departamento de Arauca, al Nordeste de Colombia, entre 6° de latitud Norte y 70° de longitud Este. La granja está ubicada al norte del departamento en el Km 4 vía Arauquita-El Troncal, a una altitud de 138 m.s.n.m., temperatura media de 28° C, precipitación media anual de 3.000 mm

⁴⁷ ENGELS, et al Op. Cit p 65

⁴⁸ ENGELS, et al Op. Cit p 45

⁴⁹ ENGELS et al, Op. Cit p 48.

⁵⁰ ROJAS, F. Caracterización morfoagronómica de 10 clones de cacao *Theobroma cacao L.* en el Municipio de Arauquita, departamento de Arauca, Federación Nacional de Chocolate FEDECACAO 2002.

y humedad relativa de 83%, condiciones correspondientes a la zona agroecológica bosque húmedo tropical (b-HT) que presenta dos períodos marcados (lluvia y sequía). Los suelos empleados para cacao provienen, en su mayoría, de las vegas de los ríos en especial el Arauca; estos suelos presentan profundidad efectiva superior a 1,2 m. con texturas francas de mediana a alta fertilidad; en su mayoría el contenido de materia orgánica es mediano (3 %), el de fósforo bajo (15 ppm), y el pH está entre 5,5 a 6,5. Rojas (2002).⁵¹

Luego de efectuar el análisis estadístico simple a los 10 clones de cacao encontró que tres de las variables evaluadas (V4 número promedio de granos/mazorca, V6 índice de mazorca y V5 longitud promedio de la mazorca.) presentaban coeficientes de variación altos, lo cual es indicativo de la existencia de variabilidad entre los clones en los aspectos que representan estas variables. Los demás valores se comportaron de manera casi constante, lo cual fue corroborado después al realizar los análisis multivariados. Según los diferentes valores de correlación entre las variables se aprecian diferentes grados de variación entre ellas, por lo cual no se debían analizar de manera separada y requirieron, por lo tanto, un análisis grupal mediante estadística multivariada de componentes principales para conocer el aporte de las variables y su contribución en la magnitud de la variabilidad total entre los clones Rojas (2002)⁵²

⁵¹ Ibíd, p87.

⁵² ROJAS, F. Op. Cit. P89.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización.

La investigación se realizó en los núcleos productivos de cacao (San Luís Robles, Río Rosario, Río Mira, Río Changüí, Río Caunapí, Carretera y Ramales y Río Tablón Salado.) del Municipio de Tumaco (Figura 1), en fincas de agricultores de estas zonas; situadas a una altura entre 0 y 50 m/s/n/m, con una precipitación media anual de 2800 mm, una temperatura media de 26°C , humedad promedio del 88% y brillo solar de 1000 horas/año, la zona pertenece al bosque húmedo tropical Vallejo y Peña (2006)⁵³.

3.2 Metodología.

Para la caracterización por selección individual de árboles superiores que sobresalen en las fincas tradicionales, se utilizó la metodología empleada por el CATIE en Costa Rica y Trinidad Enríquez y Soria (1996)⁵⁴.

Los árboles seleccionados se caracterizaron mediante el registro de 32 variables cualitativas y cuantitativas (16 para cada una); con descriptores en: hoja, flor, fruto y semilla de la metodología propuesta por Engels, *et al.* (1980)⁵⁵.

3.2.1 Socialización del proyecto a los agricultores

Inicialmente se hizo una reunión con los líderes de los diferentes núcleos productivos, a estos les hizo una presentación formal del proyecto, con el ánimo de que sirvieran de multiplicadores a los demás agricultores cacaoteros en los núcleos productivos.

Luego en cada núcleo productivo se realizó otra reunión con el fin de apoyar a los líderes y explicar nuevamente el proyecto, aclarar dudas expresadas a los líderes por la comunidad y en esta misma reunión, definir los agricultores interesados en participar de las actividades de caracterización morfológica de los árboles de cacao.

Los agricultores formaron parte activa en el desarrollo de la metodología de investigación, ya que los árboles están en sus fincas y algunos han convivido más de 50 años con ellos, por tanto, conocen su ubicación, su comportamiento a las plagas y enfermedades y especialmente su producción.

⁵³ VALLEJO, G; PEÑA. E. Centro Regional de Investigación el Mira. Plegable promocional N° 47 CORPOICA Tumaco-Nariño. 2006

⁵⁴ ENRIQUEZ, G. A.; SORIA, V. J. Estudio de Variabilidad de varias características de las mazorcas de cacao *Theobroma cacao* L.1996

⁵⁵ ENGELS, J. N.; BARTEY, B. G.; ENRIQUEZ, G. Cacao descriptores, Their Status and Modus Operando. Turrialba. Costa Rica. 1980.

3.2.2 Identificación de los árboles élite en los núcleos productivos de Tumaco.

3.2.2.1 Identificación de árboles sobresalientes

Para identificar los árboles de cacao sobresalientes se tuvo en cuenta el conocimiento tradicional de los agricultores, los cuales diligenciaron un formato (Anexo 1). En el cual se especificó la existencia y ubicación de los árboles de cacao de alto rendimiento en sus fincas.

3.2.2.2 Marcación en campo de los árboles sobresalientes:

Con la ayuda de aerosoles de color rojo y amarillo; se pintaron los árboles a una altura de 1 metro desde la base del suelo, con números de 15 cm de altura aproximadamente. La numeración se hizo en forma consecutiva, correspondiendo a cada árbol un único valor.

Para especificar la denominación de los árboles identificados y caracterizados se utilizó la numeración descrita en la Tabla 1. a los cuales se anteponen las letras STN, que corresponden a la Selección Tumaco Nariño, obtenida en los núcleos productivos de cacao. Los árboles marcados, su ubicación y el nombre del propietario se relacionan en el Anexo 3.

Tabla 1. Nomenclatura utilizada para identificar los genotipos en los núcleos productivos de cacao

ZONA	NUMERACION
Robles	STN1 - STN5
Río Tablón Salado	STN6 - STN10
Río Rosario	STN11 - STN20
Río Mira	STN21 - STN30
Río Chagüí	STN31 - STN40
Carretera (Mascarey Cajapí y Caunapí)	STN41 - STN50

Fuente: Esta investigación

3.2.3 Caracterización morfológica in situ de los árboles regionales sobresalientes.

- ◆ La caracterización se realizó en cada zona con base en los descriptores propuestos por Engels, *et al* (1980) adaptados a la zona.

3.2.3.1 Individuos caracterizados.

Los genotipos estudiados corresponden a materiales de Cacao *Theobroma cacao* L. ubicados en los núcleos productivos del municipio de Tumaco, en las siguientes zonas: Río Chagüí, Río Rosario, Río Mira, Río Caunapí, Carretera y Ramales, Robles y Río Tablón Salado. Las cuales están localizadas en el área rural del municipio.

A los árboles propuestos por los agricultores, se les hizo una evaluación preliminar consiste en:

1. Número de semillas por mazorcas:

Con base en el trabajo Selección de Plantas Matrices realizado por Mejía y Arguello (2000)⁵⁶, quienes aseguran que en épocas de producción con tres registros que se realicen es suficiente para identificar árboles productivos. Se tomaron 10 mazorcas en tres ocasiones, a las cuales se les contó el total de semillas frescas y se comparó con el índice definido por los mismos.

2. Sanidad

Descrita como la tolerancia a *Monilia Monilliophthora roreri* y Escoba de bruja *Crinipelis pernicioso*: para esto se tuvo en cuenta el conocimiento del productor, es decir la identificación por parte de ellos de aquellos árboles que han presentado alguna tolerancia a estas enfermedades y la observación directa en campo. Para monilia se tuvo en cuenta una Infección de mazorcas menor del 30% en cualquier época de cosecha según estudio realizado por Arguello (1996)⁵⁷.

En árboles con una edad superior a 15 años, se tomaron 100 mazorcas al azar, de estas se identificaban las mazorcas sanas y las mazorcas enfermas atacadas por monilia y/o escoba de bruja; para esta última además de las 100

⁵⁶MEJIA, F; ARGUELLO, C. Aspectos ecofisiológicos relacionados con cacao en Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao – CORPOICA Regional siete. Bucaramanga 2000. 29 p – 50,56p

⁵⁷ARGUELLO, C. O. Manejo integrado de Monilia en Cacao en Santander Corpoica. Memorias segundo seminario Técnico Regional 7 Bucaramanga Colombia. 1996.

mazorcas se seleccionaron 10 ramas donde se contabilizó los cojines florares y las ramitas afectadas, como lo proponen Mejía y Arguello (2000).⁵⁸ (Anexo 9).

En este estudio los agricultores relacionaron inicialmente 130 árboles, de los cuales después del recorrido de campo y evaluación in situ se descartaron 80 por no cumplir con los parámetros de sanidad y producción, quedando 50 árboles a los que se les realizó la caracterización morfológica

3.2.3.2 Descripción y caracterización morfológica

A los 50 árboles seleccionados en cada zona se les hizo una caracterización morfológica, de acuerdo con el (Anexo 3). Los cuales fueron construidos con base en los descriptores morfológicos mencionados en el estudio realizado por Engels *et al.* (1980)⁵⁹, y que se listan a continuación:

◆ Descriptores de cacao utilizados

1. Características de la planta

1.1 Arquitectura de la planta

- 1= Erecta
- 2= Intermedia
- 3= Pendulosa

1.2 Vigor

- 3= Débil
- 5= Intermedia
- 7= Vigorosa

2. Características de las hojas

2.1 Forma de las hojas

2.1.1 Largo en cm.

2.1.2 Ancho en cm.

2.1.3 Relación L/A

2.2 Base de las hojas

- 1= Aguda
- 2= Obtusa
- 3= Redondeada

2.3 Ápice de las hojas

- 1= Puntiguda
- 2= Acuminado corto

⁵⁸MEJÍA, Op Cit., p 45.

⁵⁹ENGELS, Op Cit., p 209 217

3= Acuminado largo

2.4 Pecíolo de las hojas

- 1 0= Sin un pulvinus notable
- 2 2= Con un pulvinus que se puede notar

3. Características de la floración

3.1 Número de flores por cojín (35 lecturas)

3.2 Número de cojines por rama (10 lecturas)

3.3 Patrón de floración

- 1= Continúa con picos
- 2= Discontinua

4. Características de las flores

4.1 Color del pedúnculo floral

- 1= Verde
- 2= Verde con pigmentación rojiza
- 3= Rojizo

4.2 Presencia de antocianina en el botón

- 1= Ausente
- 2= presencia

4.3 Largo del estaminoide en cm.

4.4 Presencia de antocianina en el estaminoide

- 1= Ausencia
- 2= presente

5. Características del fruto

5.1 Forma de la fruta

- 1= Cundeamor
- 2= Amelonada
- 3= Angoleta
- 4= Calabacillo

5.2 Forma de botella en la constricción basal

- 1= Ausente
- 2= presente

5.3 Forma del ápice de la mazorca

- 1= Atenuado
- 2= Agudo
- 3= Obtuso
- 4= Redondeado
- 5= En forma de mama

- 5.4 Largo del fruto en cm. (35 lecturas)
- 5.5 Ancho del fruto en cm. (35 lecturas)
- 5.6 Relación L/A del fruto
- 5.7 Dureza de la cáscara
 - 1= Suave
 - 2= Intermedio
 - 3= Duro
- 5.9 Color básico de la superficie de la mazorca
 - 1= Verde
 - 2= Rojo
 - 3= Otro
- 5.10 Antocianina en los frutos maduros
 - 1= Ausente
 - 3= Presente
- 5.11 Longitud arista en cm.
- 6. Características de las semillas
 - 6.1 Peso fresco en gramos
 - 6.2 Peso seco en gramos
 - 6.3 Largo en cm.
 - 6.4 Ancho en cm.
 - 6.5 Forma de la semilla en corte longitudinal
 - 1= Aplanada
 - 2= Ovoide
 - 3=Cilíndrica
 - 6.6 Número almendras / mazorca (20 lecturas)
 - 6.7 Color
 - 1= Blanco
 - 2= Púrpura
 - 3= Intermedio
- 8. Reacción a enfermedades fungosas
 - 1= Susceptible (61 a 100%)
 - 2= Moderadamente susceptible (41 a 60%)
 - 3= Moderadamente resistente (16 a 40%)
 - 4= Resistente (01 a 10%)
- 8.1 Monilia
- 8.2 Escoba de bruja

3.2.3.3 Análisis estadístico

Los resultados de las 32 variables, 16 cualitativas y 16 cuantitativas se sometieron al procedimiento de análisis multivariado con el programa SPAD versión 3.5. Se realizaron los análisis de correspondencias múltiples para variables cualitativas, componentes principales para las variables cuantitativas. Además se realizó para los dos tipos de variables el análisis de clasificación jerárquica y correlación entre las diferentes variables cualitativas y cuantitativas. El método de componentes principales permitió reducir la dimensión de las variables propuestas y crear un grupo de variables sintéticas para explicar la variación existente en las variables cuantitativas. De esta manera fue posible reducir la dimensionalidad del problema de estudio y establecer posibles explicaciones de cual o cuales de las variables o características de los genotipos pudieran incidir más en el mejoramiento futuro del cacao.

3.2.4. Colección del Jardín Clonal.

Después de la identificación y caracterización de los genotipos, se procedió a establecer el banco de germoplasma por zonas o núcleos productivos, con base en los resultados preliminares; estos se diseñaron bajo la asesoría de los expertos de la Compañía Nacional de Chocolates, teniendo en cuenta la compatibilidad sexual. Por tanto, se utilizaron polinizadores universales como los clones IMC 67, CCN 51, ICS 95, debido a la incertidumbre de autoincompatibilidad de los genotipos regionales (Figura 5).

Cabe resaltar que se estableció el jardín con los materiales propios de cada zona.

Figura 5. Diseño del banco de germoplasma de cacao con los materiales regionales combinados con los clones regionales

R1	CCN51	R2	R	R3	R	R4	CCN51	R5	
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	R	R	R	CCN51	R	R	R	R	R
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TSH565	R	R	R	R	R	CCN51	R	R	R
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	R	R	TSH565	R	R	R	R	R	TSH565
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
R	R	R	R	R	TSH565	R	R	R	R
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	R	IMC67	R	R	R	R	R	TSH565	R
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
R	R	R	R	IMC67	R	R	R	R	R
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	ICS95	R	R	R	R	R	IMC67	R	R
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
R	R	R	ICS95	R	R	R	R	R	IMC67
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	R	R	R	R	R	ICS95	R	R	R
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
R	R	CCN51	R	R	R	R	R	ICS95	R
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	R	R	R	R	CCN51	R	R	R	R
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
R2	CCN52	R3	R	R4	R	R5	CCN52	R6	

CONVENCIONES

R = Clones Regionales

R1: STN 1-5, R2: STN 6-10, R3: STN 11-20, R4: STN 21-30, R5: STN 31-40, R6: STN 41-50.

ISC = Clones Universales:

CCN – 51: Colección Castro Naranjal, TSH – 565: Trinidad Selection Hybrid

IMC – 67: Iquitos Marañon Colección, ICS – 95: Imperial Collage Selection

Distancias de siembra del cacao 3,5 metros al triángulo.

Fuente: Esta investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables cuantitativas

4.1.1 Análisis de componentes principales.

El análisis por componentes principales para las 16 variables cuantitativas permitió agruparlas en cinco Componentes Principales (CP) los cuales explican 67.57% de la variabilidad total, el primer componente explica el 25.12%, el segundo 14.06%, el tercero el 11.56%, el cuarto 9.32% y el quinto 7.51% (Tabla 2).

Tabla 2. Valores propios de los componentes principales obtenidos del ACP, para las variables cuantitativas de los genotipos sobresalientes de cacao *Theobroma cacao L* en los núcleos productivos de Tumaco.

Componente Principal	Varianza explicada (%)	Varianza acumulada (%)
I	25.12	25.12
II	14.06	39.18
III	11.56	50.74
IV	9.32	60.06
V	7.51	67.57

Fuente: Esta investigación

En la Tabla 3 se relacionan las variables que más aportan a los componentes principales (CP). Por tanto, al CP I, la variable 26 (peso fresco de semilla) aporta con un valor absoluto de 0.56, la variable 9 (número de cojines por rama) aporta con un valor de 0.59, la variable 3 (largo de las hojas) aporta con un valor de 0.60, la variable 20 (ancho del fruto) aporta con 0.77 ; al CP II: la variable 19 (largo del fruto) aporta con un valor de 0.52, la variable 22 (grosor de la cascara) aporta con un valor de 0.68, la variable 21 (Relación largo - Ancho del fruto) con 0.77 ; al CP III : la variable 3 (largo de las hojas) aporta con un valor de 0.56, la variable 27 (peso seco de semilla) con 0.59, la variable 28 (Largo de la semilla) con 0.60. al CP IV : la variable 10 (número de flores por cojín) aporta con un valor de 0.49, la variable 14 (Largo del estaminoide de la flor) con 0.68 ; al CP V : la variable 4 (Ancho de la Hoja) con 0.42, la variable 31 (Número de almendras o semillas por Mazorca) con el 0.40. Estos valores son similares a lo encontrado por Pound (1938)⁶⁰, cuando reporta que el peso

⁶⁰POUND, FJ, The genetic constitution of the cacao Crop In: Imperial college of Tropical Agriculture, Trinidad. Annual report on cacao Research. 1932. II P. 27-29

seco de la semilla es el más confiable para la descripción e identificación de un genotipo de cacao; por su parte Morera y Paredes (1991)⁶¹ corroboran dicha información cuando indican que uno de los caracteres a tener en cuenta para la caracterización de la especie *Theobroma cacao* es el número de semillas por mazorca y peso seco de la semilla. De igual manera se encuentran concordancias con lo planteado por Quiroz y Soria (1994)⁶², quienes observaron que las variables (relación largo – ancho de la mazorca) y ancho del fruto son las más discriminantes para el cacao Nacional del Ecuador.

Tabla 3. Aporte de las variables cuantitativas a los componentes principales.

Variables	1	2	3	4	5
LH	0.60	0.16	0.53	0.06	0.24
AH	0.55	0.24	0.18	0.35	0.42
R L/A H	0.30	0.20	0.29	0.26	0.24
NCR	0.59	0.41	0.30	0.05	0.31
NFC	0.54	0.14	0.19	0.49	0.13
LE	0.25	0.20	0.17	0.68	0.31
LF	0.55	0.52	0.29	0.13	0.16
AF	0.77	0.25	0.04	0.08	0.26
R L/A F	0.27	0.77	0.35	0.12	0.10
GCF	0.20	0.68	0.35	0.31	0.04
LAM	0.41	0.33	0.33	0.15	0.24
PFS	0.56	0.36	0.10	0.23	0.36
PSS	0.41	0.17	0.59	0.14	0.15
LS	0.41	0.29	0.60	0.07	0.21
AS	0.24	0.45	0.15	0.46	0.24
NSM	0.38	0.18	0.30	0.38	0.40

LH= Largo de la Hoja, AH= Ancho de la hoja, RL/AH= Relación Largo Ancho de la Hoja, NCR= Numero de Cojines por Rama, LE= Largo de Estaminoide, LF= Longitud del fruto, AF= Ancho del Fruto, RL/A F= Relación Largo Ancho del fruto, GCF= Grosor de la Cascara del Fruto, LAM= Longitud de Arista de la Mazorca, PFS= Peso Fresco de Semilla, PSS= Peso Seco de la Semilla, LS= Longitud de Semilla, AS= Ancho de Semilla, NSM= Número de Semilla por Mazorca

Fuente: Esta investigación

La Tabla 4 muestra la correlación de cada una de las variables cuantitativas, donde se observa que la Variable relación largo/ancho de la hoja (RL/AM) están correlacionadas con la Variable largo de la hoja (LH) y la Variable ancho de la hoja (AH), también la Variable Relación ancho de la mazorca (AM) esta correlacionada con la Variable número de cojines por rama (NCM), la Variable

⁶¹MORERA, J; PAREDES, A. Germoplasma de cacao en en CATIE 1947-1982 IICA 1991. S.C 19p.

⁶²QUIROZ, J; SORIA, J. Caracterización fenotípica del cacao Nacional del Ecuador. Quito, Ecuador. INIAP Estación Experimental Tropical Pichilingue. Boletín Técnico # 74. 1994

(RLAM) con la Variable (AM) y la Variable largo de la semilla (LS) se correlaciona con la Variable peso seco de la semilla (PSS). Las correlaciones con un asterisco son significativas.

Tabla 4. Matriz de correlación de cada variable cuantitativa

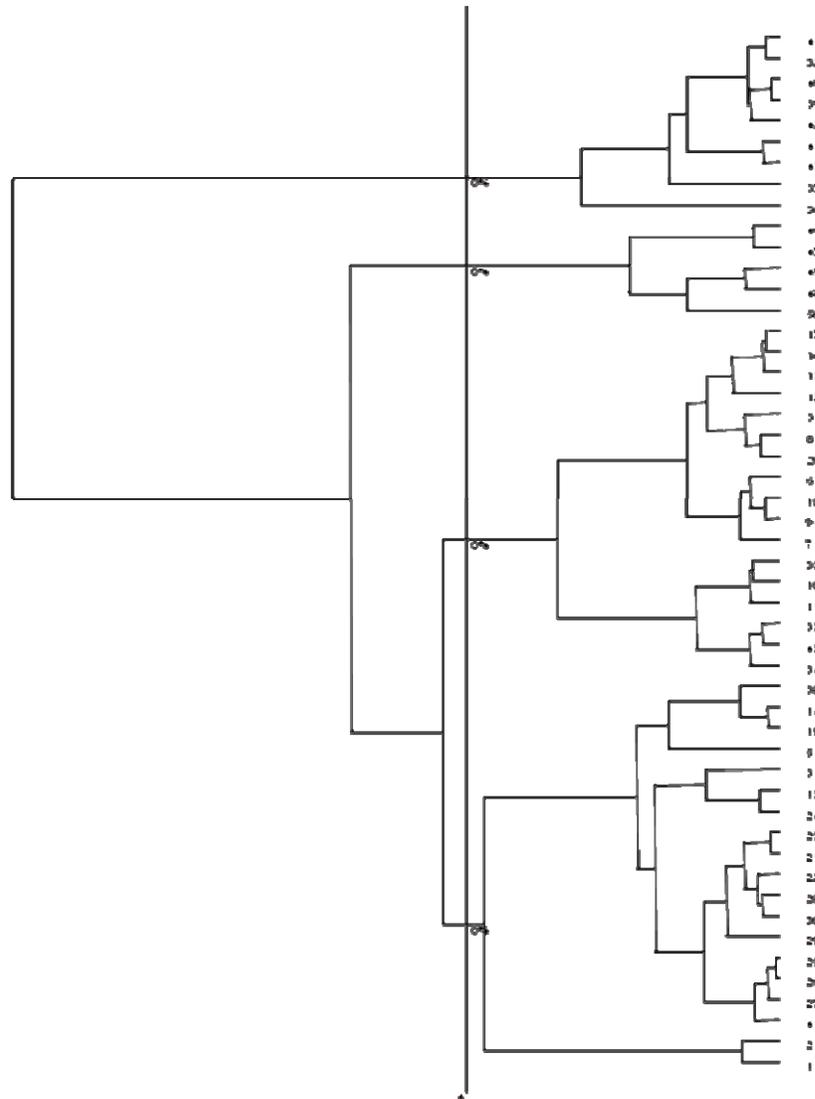
	LH	A H	RL /A H	NC R	NFC	LE	LF	AF	RL/ AF	GC M	LA M	PF S	PSS	LS	AS	NA M
LH	1.0															
AH	.08	1.0														
(RL/ AH	.79*	.66*	1.0													
NC R	.32	.23	.38	1.0												
NF C	.32	.10	.31	.32	1.0											
LE	.10	.07	.11	.06	.25	1.0										
LF	.41	.20	.43	.19	.30	.02	1.0									
AF	.31	.36	.46	.50*	.37	.21	.48	1.0								
RL/ AF	.14	.29	.08	.35	.03	.21	.34	.56*	1.0							
GC M	.15	.08	.16	.42	.12	.27	.28	.06	.26	1.0						
LA M	.20	.23	.30	.04	.03	.04	.24	.19	.03	.25	1.0					
PFS	.36	.01	.28	.38	.42	.08	.35	.29	.10	.19	.24	1.0				
PS S	.07	.29	.25	.02	.11	.12	.01	.13	.07	.12	.31	.21	1.0			
LS	.00	.16	.11	.03	.17	.07	.22	.29	.07	.18	.38	.34	.56*	1.0		
AS	.05	.14	.11	.20	.24	.23	.23	.21	.36	.15	.10	.05	.07	.01	1.0	
NA M	.04	.24	.18	.20	.04	.11	.14	.36	.30	.05	.13	.10	.23	.24	.01	1.0

LH= Largo de la Hoja, AH= Ancho de la hoja, RL/AH= Relación Largo Ancho de la Hoja, NCR= Numero de Cojines por Rama, LE= Largo de Estaminoide, LF= Longitud del fruto, AF= Ancho del Fruto, RL/A F= Relación Largo Ancho del fruto, GCF= Grosor de la Cascara del Fruto, LAM= Longitud de Arista de la Mazorca, PFS= Peso Fresco de Semilla, PSS= Peso Seco de la Semilla, LS= Longitud de Semilla, AS= Ancho de Semilla, NSM= Número de Semilla por Mazorca

De acuerdo con el análisis de clasificación, se formaron cuatro clúster (Figura 2): en el primero se encuentran 19 genotipos caracterizados por poseer frutos más cortos y hojas más cortas; conformados por los siguientes individuos :STN1, STN2, STN3, STN4, STN5 localizados en la zona de Robles ; STN14, STN15, STN19 localizados en el Río Rosario ; STN21, STN22, STN23, STN24, STN25, STN26, STN27, STN28, STN29, STN30 localizados en el Río Mira ; STN38 localizado en el Río Chagüí.

En este clúster existe una relación directamente proporcional entre el tamaño de fruto y el tamaño de la hoja (Tabla 5), lo cual es confirmado por Bradeau (1995)⁶³ cuando reporta que los frutos pequeños corresponden a árboles con hojas pequeñas y frutos grandes a árboles con hojas grandes.

Figura 2. Dendrograma de 50 genotipos de Cacao (*Theobroma cacao* L.) para variables cuantitativas



Fuente: Esta investigación

⁶³BRADÉAU, J.. El cacao 2 da. Ed (trad) Angel Hernandez. Madrid, España, Blune pp 26 – 58; 236 – 297. 1995

Tabla 5. Características de mayor importancia en las variables cuantitativas en el clúster 1 (19 Genotipos)

Variables	Prob	Promedio de las variables		Promedio de La desviación		Valor de t
		Clase	General	Clase	General	
Largo del fruto(LF)	0.001	28.00	30.10	2.40	2.69	-3.07
R L/A de la hoja(RL/AH)	0.001	0.25	0.49	0.25	0.49	-5.17
Largo de hojas (LH)	0.001	2.34	3.68	2.34	3.68	5.35

Fuente: Esta investigación.

El segundo clúster agrupa 17 genotipos los cuales se diferencian de los otros materiales caracterizados por poseer una relación largo ancho del fruto (3.22) mayor y Número de cojines por rama (16.11), Ancho del fruto (9,63), ancho de semilla (1,04) y número de almendras por mazorcas (38,74) inferior a los demás genotipos (Tabla 6). Lo conforman los individuos: STN6, STN7, STN8, STN9, STN10 localizados en la zona de Tablón Salado; STN11, STN12, STN13, STN16, STN17, STN18, STN20, localizados en el Río Rosario; STN31, STN33, STN34, STN35 localizado en el Río Chagüí, STN45 localizado en la Carretera y Ramales (Figura 2). Aun que este grupo presenta el número de semilla inferior a los demás materiales, se considera que están dentro del margen para un programa de selección, propuesto por Fedecacao (2006)⁶⁴

⁶⁴ CONVENIO CORPOICA – FEDECACAO – MDADR. Recolección, Caracterización Morfoagronómica y Molecular de Materiales Criollos de alto rendimiento. Bucaramanga. Colombia. 2004.

Tabla 6. Características de mayor importancia en las variables cuantitativas en el clúster 2 (17 Genotipos)

Variables	Prob	Promedio de las variables		Promedio de la desviación		Valor de t
		Clase	General	Clase	General	
R L/A del fruto (RL/AF)	0.001	3.22	2.96	0.29	0.32	4.53
Cojines por rama (CR)	0.005	16.11	17.26	1.92	2.47	-2.56
Ancho de la semilla (AS)	0.001	1.04	1.19	0.07	0.25	-3.22
Ancho del fruto (AF)	0.001	9.63	10.28	0.81	1.07	-3.33
Semillas por mazorca (SM)	0.001	38.74	41.36	3.46	4.07	-3.53

Fuente: Esta investigación.

El tercer clúster tiene 5 genotipos los cuales se diferencian de los otros materiales caracterizados por poseer el grosor de la cascara de la mazorca más gruesa, mayor número de cojines por rama, la relación largo ancho de la hoja mayor y el ancho de la semilla mayor; pero longitud de arista de la mazorca más corta y un peso fresco de la semilla menor (Tabla 7). Este grupo lo conforman los siguientes individuos: STN46, STN47, STN48, STN49, STN50 localizados en la zona de Carretera y Ramales. Mejía (2006)⁶⁵ manifiesta que el número de cojines por rama es importante pero no determinante para la producción de frutos puesto que existen otros factores como la autoincompatibilidad, que pueden limitar el número final de mazorcas.

Del mismo modo Cadavid (2005)⁶⁶ quien manifiesta que un árbol puede llegar a producir hasta 150.000 flores de las cuales solo son viables el 0,1%, esto puede ser ocasionado por la autoincompatibilidad.

⁶⁵ MEJÍA, L. Op. Cit, p37.

⁶⁶ CADAVID Op. Cit, p23.

Tabla 7. Características de mayor importancia en las variables cuantitativas en el clúster 3 (5 Genotipos)

Variable	Prob	Promedio de las variables		Promedio de la desviación		Valor de t
		Clase	General	Clase	General	
Grosor cáscara (GC)	0.001	1.82	1.58	0.12	0.14	4.32
Cojines por rama (CR)	0.004	19.83	17.26	1.07	2.47	2.69
R L/A de la hoja (RL/AH)	0.007	4.00	3.54	0.12	0.49	2.44
Ancho de semilla (AS)	0.009	1.42	1.19	0.43	0.25	2.35
Longitud de arista (LA)	0.008	14.83	17.56	2.48	2.90	-2.43
Largo de semilla (LS)	0.002	2.12	2.35	0.15	0.21	-2.96

Fuente: Esta investigación.

El cuarto clúster agrupa 9 genotipos los cuales se diferencian de los otros materiales caracterizados por poseer hojas más largas y delgadas, mayor valor en relación largo ancho de las hojas, mayor número de flores por cojín floral, frutos más grandes tanto de largo como de ancho, mayor longitud de arista, mayor peso fresco y seco de la semilla y granos más largos Como se ilustra en la Tabla 8. Este grupo lo conforman los siguientes individuos : STN32, STN36, STN37, STN39, localizados en la zona del Río Chagüí ; y los genotipos STN40, STN41, STN42, STN43, STN44 localizados en la zona de Carretera y Ramales. Los primeros estudios para la caracterización de materiales superiores se hicieron considerando los índices de mazorca y semilla POUND, (1932)⁶⁷. Lo cual nos permite identificar este grupo como promisorio para un programa de mejoramiento.

Este grupo merece mucha atención puesto que presenta características deseables para una plantación comercial de cacao ya que poseen frutos grandes, granos largos y peso seco de semilla en promedio de 1,63 g, por encima del promedio general obtenido por genotipos caracterizados en esta investigación que es de 1,32, (Figura 7). En Colombia la Federación Nacional de Cacaoteros (Fedecacao)⁶⁸ en estudios de parámetros físico – químicos del grano determinaron que granos con peso mayor a 1,2 gramos son considerados grandes.

Tabla 8 Características de mayor importancia en las variables cuantitativas en el clúster 4. (9 Genotipos)

⁶⁷ POUND Op. Cit, p77.

⁶⁸ FEDECACAO Op. Cit, p31.

Variables	Prob	Promedio de las variables		Promedio de la desviación		Valor de t
		Clase	General	Clase	General	
Longitud arista (LA)	0.001	20.82	17.56	1.80	2.90	4.18
Largo de semilla (LS)	0.001	2.58	2.35	0.20	0.21	4.16
Ancho del fruto (AF)	0.001	11.45	10.28	0.89	1.07	4.07
R L/A de la hoja (RL/AH)	0.001	4.07	3.54	0.15	0.49	4.06
Peso seco semilla(PSS)	0.001	1.63	1.32	0.52	0.32	3.63
Largo del fruto (LF)	0.002	32.18	30.10	1.64	2.69	2.88
Peso fresco semilla (PFS)	0.003	3.59	3.36	0.38	0.31	2.74
Largo de las hojas (LH)	0.006	39.27	36.80	1.71	3.68	2.50
Flores por cojín (FC)	0.009	5.27	4.74	0.75	0.84	2.35
Ancho de las hojas (AH)	0.001	9.64	10.43	0.48	0.88	-3.35

Fuente: Esta investigación.

Figura 7. Características sobresalientes de los genotipos del clúster 4.



Fuente: Esta investigación.

4.2 Variables cualitativas

4.2.1 Análisis de correspondencias múltiples (ACM)

En la Tabla 11 de Valores propios, los primeros cinco factores aportan el 60,53 % de la variabilidad total, en este orden de ideas el primero aporta con el 20.78%, el segundo con el 13.09%, el tercero con el 10.42%, el cuarto con el 8.93% y el quinto con el 7.31%.

Tabla 9 Valores propios o factores principales de las variables cualitativas

Nº	Valor Propio	Varianza (%)	Varianza Acumulada (%)
1	0.3037	20.78	20.78
2	0.1913	13.09	33.87
3	0.1522	10.42	44.28
4	0.1306	8.93	53.22
5	0.1069	7.31	60.53

Fuente: Esta investigación.

Las variables que más aportan a los valores propios son: En el factor I la variable 16 (forma de la mazorca) con un valor de 18,0 siendo la cualidad que más aporta la forma cundeamor con 13,7. resultados similares reportan Quiroz y Soria (1994)⁶⁹ al indicar que el fruto de cacao es un carácter discriminante, con la variedad criollo diferenciado por la forma cundeamor; la variable 30 (forma de la semilla en corte longitudinal) con un valor de 13,6 siendo la cualidad que más aporta la forma aplanada de la semilla, en 1998 Stockdale⁷⁰ observo cuatro características discriminantes entre las que se encuentra la forma de la semilla ; la variable 32 (color del grano o semilla) con un valor de 14,8, siendo la cualidad que más aporta el color violeta intermedio con un valor de 13,0, el mismo Stockdale menciona el color de la semilla como un carácter que determina la variedades, es amazónico (Tabla 10).

En el factor II: la variable 16 (forma de la mazorca) con un valor de 29,1, siendo la cualidad que más aporta la forma cundeamor con un valor de 19,5; la variable 30 (forma de la semilla en corte longitudinal) con un valor de 22,6 con la cualidad forma cilíndrica de la semilla como la mayor aportante con un valor de 17,7 (Tabla 10).

⁶⁹ STOCKDALE, FA. An examination of the fruit present in the progeny of a simple forasteros cacao. Tropical agriculturist 71, 1998. (6): 328 – 342.

⁷⁰ Ibid., p 298.

En el factor III: la variable 8 (peciolo de las hojas) con un valor de 17,0 con la cualidad con pulvinus notable como la más aportante con 9,0; la variable 15 (presencia de antocianina en el estaminoide) con un valor de 18,4 siendo la cualidad presencia de antocianina en el estaminoide la de mayor aporte con 8,5 (Tabla 10).

En el factor IV: la variable 13 (presencia de antocianina en el botón floral) con un valor de 24,8, con la cualidad presencia de antocianina en el botón floral con un valor de 18,6. (Tabla 14). Lo cual concuerda con lo descrito por Fowler (1952)⁷¹, Soria y Enríquez (1996)⁷² los cuales lo reportan como una característica útil para discriminar clones de cacao (Tabla 10).

En el factor V: la variable 15 (presencia de antocianina en el estaminoide) con un valor de 51,0 con la cualidad presencia de antocianina en el estaminoide como la más aporte con un valor de 28,3 (Tabla 10).

Tabla 10 Correlación de cada variable cualitativa con los factores o valores propios

V/VP	1	2	3	4	5
AP	0.6	4.8	8.5	12.5	0.1
VP	0.5	2.6	0.1	8.2	16.1
BH	1.3	5.0	8.3	6.4	2.7
AH	10.6	2.7	0.8	11.8	3.8
PH	8.9	10.9	17.0	7.1	11.3
PABF	3.3	6.5	0.9	24.8	1.2
PAE	1.1	1.1	18.4	1.2	51.0
FM	18.0	29.1	5.1	3.1	1.2
FBCB	11.5	2.6	12.9	1.9	1.2
FAM	8.0	7.7	9.4	10.6	4.1
CSM	7.8	3.9	0.3	0.1	5.8
FSCL	13.6	22.6	8.6	12.5	0.3
CS	14.8	0.5	9.6	0.1	1.3

AP= Arquitectura de la planta, VP= Vigor de la planta, BH= base de las hojas, AH= ápice de las hojas, PH= peciolo de las hojas, PABF= presencia de antocianina en el botón floral, PAE= presencia de antocianina en el estaminoide, FM= forma de la mazorca, FBCB= forma de botella en la constricción basal, FAM= forma del ápice de la mazorca, CSM= color de la superficie de la mazorca, FSCL= forma de la semilla en corte longitudinal, CS= color de la semilla

Fuente: Esta investigación.

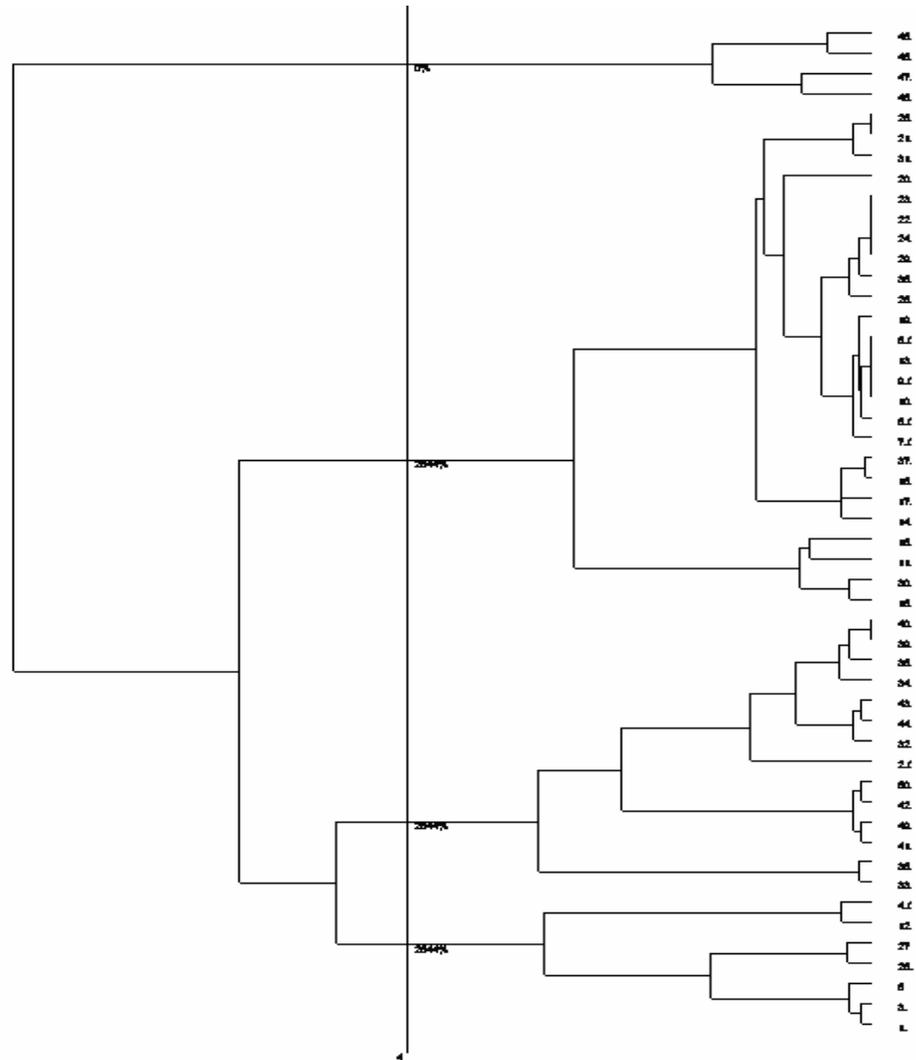
⁷¹ FLOWLER, RL; GH.. The cacao industry of Ecuador. In foreign Agriculture Report Office of Foreign Agricultura Relations U.S. Departament of Agriculture Washinton, D.C. (34): 1- 48. 1949.

⁷² ENRIQUEZ et al, Op. Cit. P36.

4.2.2 Análisis e interpretación del dendrograma para variables cualitativas.

El dendrograma permitió formar cuatro grupos los cuales están asociados por cercanías genéticas y por ende comparten algunas características cualitativas (Figura 7).

Figura 4. Dendrograma de 50 genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L) para variables cualitativas.



Fuente: Esta investigación.

En el grupo I se encuentran los genotipos STN1, STN2, STN4, STN5 del núcleo productivo de Robles ; STN26, STN27 del núcleo productivo del Río Mira ; STN12 del núcleo productivo del Río Rosario (Figura 3), los cuales comparten las variables 17-2 (forma de botella en la constricción basal, presencia ligera), la variable 18-1 (forma del ápice de la mazorca, atenuado), la variable 16-2 (forma de la mazorca, angoleta). Lo cual nos afirma que este tipo de cacao pertenece a los forasteros, de acuerdo con lo planteado por Motamayor (2001)⁷³ cuando reporta que este tipo de cacao poseen frutos de forma angoleta.

En el grupo II se encuentran los genotipos STN2 del núcleo productivo de Robles; STN32, STN33, STN34, STN35, STN38, STN39, STN40 del núcleo productivo del Río Chagüí; STN41, STN42, STN43, STN44, STN49, STN50 del núcleo productivo de Carretera y Ramales. Los cuales comparten las variables: v16-1 (mazorca cundeamor), v30-3 (semilla cilíndrica), v8-1 (peciolo de las hojas sin pulvinus), v17-3 (forma de botella en la constricción basal). De lo cual se puede decir que este grupo presenta características cercanas al cacao criollo de acuerdo con lo planteado por Enríquez (2004)⁷⁴ cuando dice que los cacaos criollos se caracterizan por sus frutos de forma cundeamor, granos de color blanco y de forma cilíndrica.

En el grupo III se encuentran los genotipos STN6, STN7, STN8, STN9, STN10 del núcleo productivo Tablón Salado ; STN11, STN13, STN14, STN15, STN16, STN17, STN18, STN19, STN20 del núcleo productivo Río Rosario ; STN21, STN22, STN23, STN24, STN25, STN28, STN29, STN30 del núcleo productivo Río Mira ; STN31, STN36, STN37 del núcleo productivo del Río Chagüí (figura 3), los cuales comparten las siguientes variables : V16-3(mazorcas amelonadas), V18-2(mazorcas con ápice agudo), V30-2 (semilla ovoide), v8-2 (peciolo de las hojas con pulvinus), V17-3 (forma de botella de la mazorca en la constricción basal), V7-2(ápice de las hojas acuminado largo), V6-2 (base de las hojas obtusa) (Tabla 13).

En el grupo IV se encuentran los genotipos STN45, STN46, STN47, STN48 del núcleo productivo de Carretera y Ramales, los cuales comparten las siguientes variables: v32-3 (semilla de color violeta oscuro), v30-1 (semilla de forma aplanada), V16-2 (mazorcas de forma angoleta), v17-2 (mazorcas con ligera presencia de botella en la constricción basal), v23-2 (mazorcas de color rojo).

⁷³ MOTAMAYOR, JC. Etude de la diversité génétique et de la domestication des cacaoyers du groupe criollo (*Theobroma cacao* L.) à l'aide de marqueurs moléculaires. Le grade de Docteur en Sciences. Université Paris XI. 177 p. 2001.

⁷⁴ ENRÍQUEZ Cacao Orgánico: Guía para productores ecuatorianos.. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (Manual 54). Quito, Ecuador. 360p. 2004.

4.2.2.1 Análisis de dendrogramas para componentes principales y correspondencia múltiple.

De acuerdo con el análisis de clasificación se formaron cuatro clúster en el dendrograma para las variables cuantitativas, de las cuales sobresalen los genotipos del grupo cuatro (STN32, STN36, STN37, STN39, STN40, STN41, STN42, STNE43, STN44) con fruto grande, granos grandes y peso seco de semilla superior al de los demás. De estos materiales encontramos que los STN32, STN39, STN40, STN41, STN42, STN43, STN44, presentan características cualitativas sobresalientes puesto que poseen mazorcas, cundeamor, semilla cilíndrica, características deseables para el mercado internacional del cacao – chocolate, siendo así promisorios para un programa de mejoramiento, ya que según Mejía (2001)⁷⁵ y Palencia (2005)⁷⁶, las mazorcas de tipo cundeamor son propias la variedad criollo, los cuales son considerados como cacao de calidad, lo cual representa el 10% de coincidencia entre los componentes principales y las correspondencias múltiples.

⁷⁵MEJÍA, Op. Cit. p36.

⁷⁶PALENCIA, Op. Cit. P132.

V. CONCLUSIONES

5.1 Las variables cuantitativas que más aportan a la formación de los primeros cinco componentes principales (CP) fueron: ancho de la mazorca, Relación largo/ancho de la mazorca, peso seco de la semilla, largo de la semilla, largo del estaminoide, ancho de las hojas y número de semillas por mazorcas.

5.2 Las variables cualitativas que más aportan a la formación de los primeros cinco valores propios (VP) fueron: peciolo de las hojas con pulvinus notable, presencia de antocianina en el botón floral, forma de la mazorca angoleta, forma de la semilla en corte longitudinal ovoide, color del grano o semilla violeta intermedio.

De acuerdo con el análisis de clasificación para las variables cualitativas y cuantitativas se formaron cuatro custer para cada una, las cuales tuvieron un porcentaje de coincidencia del 10% en el grupo cuatro con los genotipos STN39, STN40, STN41, STN43, STN44.

5.3 Las variables cuantitativas número de almendra por mazorca, largo de la semilla, peso seco de la semilla, ancho de fruto, largo del estaminoide y las variables cualitativas semilla de color violeta oscuro, semilla cilíndrica, mazorca de tipo cundeamor, presencia de antocianina en el estaminoide y en el botón floral, son las más discriminantes.

5.4 Los genotipos identificados como STN32, STN36, STN37, STN39, STN40, STN41, STN43 y STN44 se destacaron por presentar mazorcas grandes y peso seco de semilla superior.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar la caracterización bromatológica de grano de cacao a todos los genotipos regionales sobresalientes, para determinar calidad y características funcionales.

Evaluar la adaptación y estabilidad del rendimiento de los materiales a los diferentes núcleos productivos.

Implementar pruebas de compatibilidad genética entre los materiales regionales y los clones universales

Determinar la susceptibilidad de los clones regionales a la monilia *Moniliophthora roreri* y escoba de bruja *Crinnipellis perniciososa* en diferentes zonas agroecológicas.

Continuar con el programa de mejoramiento del cacao en la zona realizando investigaciones que contribuyan a la conservación de la biodiversidad de los clones regionales.

VII. BIBLIOGRAFIA

ARDÍ, F. Manual del cacao Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas 1961. 362p

ARGUELLO, O; MEJIA, F; CONTRERAS, N; TOLOZA, J. Variabilidad Morfoagronómica de 59 árboles elite de cacao (*Theobroma cacao* L) en Santander, Bucaramanga 2006.

ARGUELLO, C. O. Manejo integrado de Monilia en Cacao en Santander Corpoica. Memorias segundo seminario Técnico Regional 7 Bucaramanga Colombia. 1996.

ARGUELLO, C.O. MEJIA, F; CONTRERAS, N; TOLOZA, J. Manual de caracterización morfoagronómica de clones élite de cacao (*Theobroma cacao* L) en el nororiente Colombiano. CORPOICA Bucaramanga, Colombia. 1999

ARANZAZU, H., CASTILLO, O., ZULUAGA, A. Recomendaciones Técnicas para el Manejo del cacao en Colombia 2000 p 20 – 33.

BRADEAU, J.. El cacao , México, Edit. Blume 1981.30-56 pp.

BRADEAU, J.. El cacao 2 da. Ed (trad) Angel Hernandez. Madrid, España, Blune pp 26 – 58; 236 – 297. 1995.

BOWMAN, G. Quality in cacao. 1950. 203p

CONVENIO CORPOICA – FEDECACAO – MDADR. Recolección, Caracterización Morfoagronómica y Molecular de Materiales Criollos de alto rendimiento. Bucaramanga. Colombia. 2004.

CORPOICA (Corporación colombiana de investigación agropecuaria) plan de investigación para el cultivo de cacao. Bucaramanga – Colombia 2004. 34 p.

CORDEAGROPAZ, Acuerdo de Competitividad de la cadena de cacao chocolate del sur occidente (Nariño – Cauca - Valle). CORDEAGROPAZ. Corporación para el Desarrollo Agroempresarial de Tumaco. 2005.

COPE, FW. Incompatibility in cacao. Unpublished paper. 1958. 12p.

COPE, FW.. Cocoa *Theobroma cacao* L. (Sterculiaceae), IM: simmonds N. W. (ed). Evolution of Crop plants Longman, London and new York, 1976 pp – 285 – 289.

- CHEESMAN, EE. Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cacao populations. Trop, Agric (Trinidad), 21 (8), 1944. 144-159.
- CUATRECASAS, estudio del origen del cacao (*Theobroma cacao* L), 1964. 87p.
- ENRÍQUEZ, G. A; SALAZAR, C. Manual del Cacao para agricultores. 1ra Edición San José CR. EUNED. Coedición: CATIE-ACRI-UNED. 150 p. Costa Rica 1987.
- ENRIQUEZ, G. A.; SORIA, V. J. Estudio de Variabilidad de varias características de las mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L).1996.
- ENRÍQUEZ Cacao Orgánico: Guía para productores ecuatorianos.. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (Manual 54). Quito, Ecuador. 360p. 2004.
- ENGELS, J; BARTLEY, B; ENRIQUEZ,G. Cocoa descriptors, their status and *modus operandi*. CATIE 1980. p 209 217
- ENGELS, J. N.; BARTEY, B. G.; ENRIQUEZ, G. Cacao descriptors, Their Status and Modus Operando. Turrialba. Costa Rica. 1980.
- FAO, Annuaire de la production. Collection FAO statistiques # 88. XVII. Rome Italie1988,
- FEDECACAO. 2005. Transferencia de tecnología, Santa Fé de Bogotá, On line: <http://www.fedecacao.com/pages/estd/Nacionales.html?pic=%22nacionales/3.htm%22>.
- FIGUEIRA, A. J; JANICK, J; LEVY, M y GOLDSBROUGH, P.. Reexamining the classification of *Theobroma cacao* L. Using molecular markers. J. Amer. Soc. Hort. Sic 119 (5): 1994 1073 – 1082.
- FLOWLER, RL; GH.. The cocoa industry of Ecuador. In foreign Agriculture Report Office of Foreign Agricultural Relations U.S. Department of Agriculture Washington, D.C. (34): 1- 48. 1949
- HARDY, F. Manual del cacao, Instituto interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba Costa Rica1989. 362p.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL CACAO (ICCO). Programa de Cacao Sostenible, UK (boletín de cacao de la.SIN 1353-4572). Londres, Inglaterra 2003.

KNIGHT, R Y ROGERS, HH. 1955. Incompatibility in *Theobroma cacao* Heredity (1955): 69 - 77

LAURENT, *et al.* Variability for nuclear ribosomal genes within *Theobroma cacao*. Heredity 71: 1993 96-103

MARIACA, MR; HERNÁNDEZ, XE. Origen y Domesticación del cacao (*Theobroma cacao* L), Tierra y Agua La Antropología en tabasco 3: 1992. 7-16p.

MEJIA, F; ARGUELLO, C. Aspectos ecofisiológicos relacionados con cacao en Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao – CORPOICA Regional siete. Bucaramanga 2000. 29 p – 50,56p.

MARTINEZ, W, O. Evaluación de treinta y cuatro variedades de maní mediante técnicas multivariadas. In: Revista ICA 18 (1): 67-76. Bogotá, Colombia. 1983
MARTINEZ, W, O. Métodos estadísticos multivariados en biología molecular y su aplicación en investigación agrícola. Agronomía Colombiana: 7(1): 66-71. 1995.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). Apuesta exportadora agropecuaria 2006 – 2020, Bogotá, MADR, 2006. 120p.
MORERA, M. J. A. Descripción sistemática de la colección Panama de pejibaye (*Bactris gasipaes* H. B. K.) de CATIE, 1981. 122p

MORERA, J; PAREDES, A. Germoplasma de cacao en en CATIE 1947-1982 IICA 1991. S.C 19p

NOSRI, NJ. Cacao, Café y Te. Barcelona, España, Salvat. 1953 P 1- 137p.

MUNICIPIO DE TUMACO, Plan de Ordenamiento Territorial (POT), Plan de Manejo Integral Ambiental proyecto Consejos Comunitarios 203. Tumaco – Nariño, Colombia. Sp.

PALENCIA, C., G. Selección de árboles sobresalientes de cacao, en Santander, una estrategia de para incrementar la productividad en. Fitotecnia CORPOICA Colombia 2006

POUND, FJ, The genetic constitution of the cacao Crop In: Imperial college of Tropical Agriculture, Trinidad. Annual report on cacao Research. 1932. II P. 27-29

POUND, F. J. Cacao and witch broom disease *Marasmius perniciosus* of south America with notes on other species of *Theobroma*. Yuilles Printery pot of – Spain, Trinidad and Tobago. Reprinted 1982 in Arch. Cacao Res; 1:20-72.

QUIROZ, J; SORIA, J. Caracterización fenotípica del cacao Nacional del Ecuador. Quito, Ecuador. INIAP Estación Experimental Tropical Pichilingue. Boletín Técnico # 74. 1994.

REYES, G. F. Informe sobre algunos aspectos del cultivo de cacao. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Centro Nacional de investigación del Café Chinchiná Caldas, Colombia 1970 107p.

ROJAS, F; Caracterización morfoagronómica de 10 clones de cacao *Theobroma cacao* L, en el Municipio de Arauquita, departamento de Arauca, Federación Nacional de Chocolate FEDECACAO 2001.

SORIA, VJ. Tendencia de la variabilidad de algunas características de los frutos, flores y semilla en los cacao nativos de la hoya amazónica. Cacao Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas OEA Centro de Enseñanza e Investigación. Turrialba-Costa Rica vol XV: 1. 1970

STOCKDALE, FA. An examination of the fruit present in the progeny of a simple forastero cacao. Tropical agriculturist 71, 1998. (6): 328 – 342.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, COLCIENCIAS, MINAGRICULTURA, 2007. Estudio prospectivo y de vigilancia tecnológica para la definición de la agenda de investigación en la cadena productiva del cacao – chocolate. Bogotá, D.C., Informe de trabajo No.1, enero de 2007. 124 p. on line: www.agrocadenas.gov.co

VALLEJO, G; PEÑA. E. Centro Regional de Investigación el Mira. Plegable promocional N° 47 CORPOICA Tumaco-Nariño. 2006.

WARREN, JM. Isozyme variation in a number of population of *Theobroma cacao* L Obtained through various sampling regimens. Euphytica 72: 1994. 212- 126

WORD G. AR; B. A, DTA. El cacao en Ecuador. In Notes on Three cacao Diseases, Cacao- Growing in Venezuela, Colombia and Ecuador Cadbury Brothers LTD. Bournville. 1959. Pp 35 – 52.

YAMADA, M. Genetic studies in cacao (*Theobroma cacao* L.), ph, D. Thesis University of Wisconsin-Madison 1991. 179p.

ANEXOS

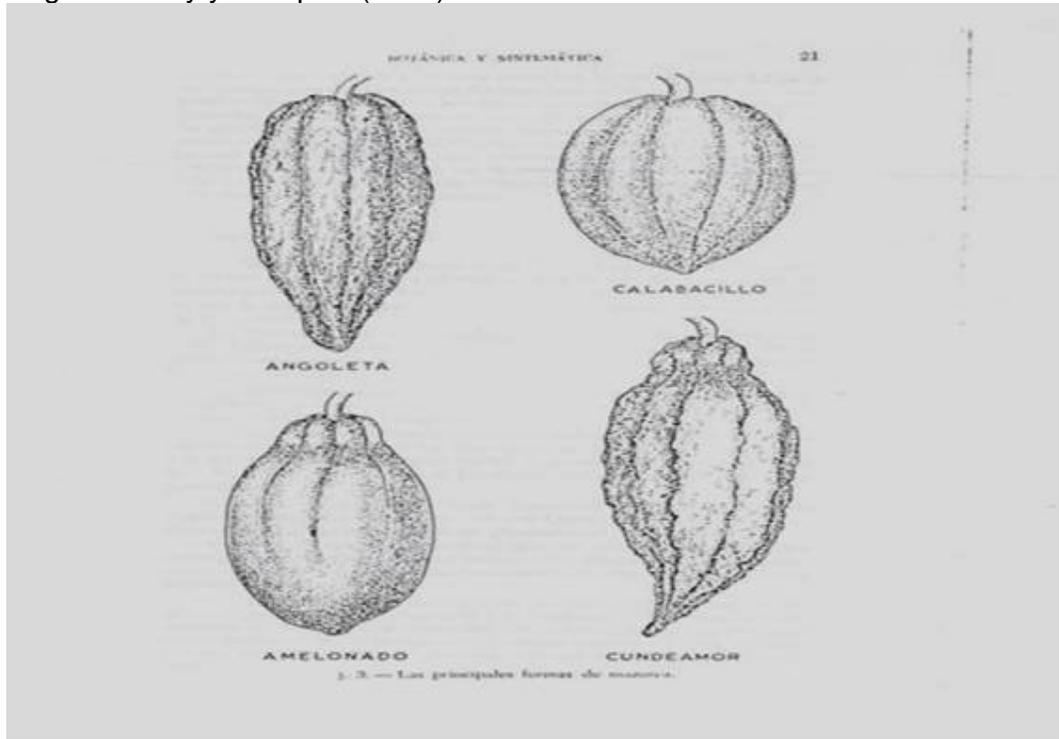
Anexo 1. Formato para la identificación de árboles de cacao de alto rendimiento presentes en las fincas de los productores

Fecha _____
 Nombre productor _____ Finca _____
 Núcleo Productivo _____
 Numero del árbol _____

Fecha de la toma de datos	Numero de mazorcas totales	Numero de mazorcas buenas	Numero de mazorcas enfermas

Tamaño del fruto:	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Número de granos
Fruto 1	_____	_____	_____
Fruto 2	_____	_____	_____
Fruto 3	_____	_____	_____
Fruto 4	_____	_____	_____
Fruto 5	_____	_____	_____
Fruto 6	_____	_____	_____
Fruto 7	_____	_____	_____
Fruto 8	_____	_____	_____
Fruto 9	_____	_____	_____
Fruto 10	_____	_____	_____

Anexo 2. Formas predeterminadas de las mazorcas por propuestas por Engels Bartley y Enríquez (1980).



Anexo 3. Formato para la evaluación morfológica de genotipos de cacao regionales

.Fecha_____ Lugar_____

Núcleo Productivo_____ No. Árbol_____

Coordenadas_____

ARBOL		
Descriptores morfológicos de cacao utilizados		
1. Características de la planta		V1
1.1 Arquitectura de la planta		
1= Erecta		
2= Intermedia		
3= Pendulosa		
1.2 Vigor		V2
1= Débil		
2= Intermedia		
3= Vigorosa		
2. Características de las hojas		
2.1 Forma de las hojas		
2.1.1 Largo en cm.		V3
2.1.2 Ancho en cm.		V4
2.1.3 Relación L/A		V5
2.2 Base de las hojas		V6
1= Aguda		
2= Obtusa		
3= Redondeada		
4= Otra		
2.3 Ápice de las hojas		V7
1= Puntiguda		
2= Acuminado corto		
3= Acuminado largo		
2.4 Pecíolo de las hojas		V8
1= Sin un pulvinus notable		

... Continuación Formato

2= Con un pulvinus que se puede notar		
3. Características de la floración		
3.1 Número de cojines por rama		V9
3.2 Número de flores por cojín		V10
3.3 Patrón de floración		V11
1= Continúa con picos		
2= Discontinua		
4. Características de las flores		V12
4.1 Color del pedúnculo floral		
1= Verde		
2= Verde con pigmentación rojiza		
3= Rojizo		
4.2 Presencia de antocianina en el botón		V13
1= Ausente		
2= Ligera presencia		
3= Intensa pigmentación		
4.3 Largo del estaminoide en cm.		V14
4.4 Presencia de antocianina en el estaminoide		V15
1= Ausencia		
2= Pigmentación intermedia		
3= Pigmentación intensa		
5. Características del fruto		V16
5.1 Forma de la fruta		
1= Cundeamor		
2= Angoleta		
3= Amelonada		
4= Calabacillo		
5= Otra		

... Continuación Formato

5.2 Forma de botella en la constricción basal		V17
1= Ausente		
2= Cuello ligeramente presente		
3= Cuello intermedio		
4= Cuello bien acentuado		
5.3 Forma del ápice de la mazorca		V18
1= Atenuado		
2= Agudo		
3= Obtuso		
4= Redondeado		
5= Otra		
5.4 Largo del fruto en cm 30 lecturas		V19
5.5 Ancho del fruto en cm 30 lecturas		V20
5.6 Relación L/A del fruto		V21
5.8 Grosor de la cascara en cm		V22
5.9 Color básico de la superficie de la mazorca		V23
1= Verde		
2= Rojo		
3= Otro		
5.10 Antocianina en los frutos maduros		V24
1= Ausente		
2= Intermedia		
3= Intensa		
5.11 Longitud arista en cm.		V25
6. Características de las semillas		
6.1 Peso fresco en gramo		V26
6.2 Peso seco en gramo		V27

... Continuación Formato

6.3 Largo en cm.		V28
------------------	--	-----

6.4 Ancho en cm.		V29
------------------	--	-----

6.5 Forma de la semilla en corte longitudinal		V30
1= Aplanado		
2= Ovoide		
3= Cilíndrica		

6.6 Número almendras / mazorca (20 lecturas)		V31
--	--	-----

6.7 Color		V32
1= Blanco		
2= Violeta intermedio		
3= Violeta		

Anexo 4. Relación de los propietarios, ubicación y la numeración de los árboles de cacao seleccionados en los núcleos productivos del municipio de Tumaco.

ROBLES

Nombre del agricultor	Identificación	# del árbol	Georeferenciación
ANGULO CESAR	98428304	1,	
ANGULO MEDARDO	12906786	2,3	01°40'09.5"N 078°42'00.1"W
GONGORA AURIA	59667897	4	01°41'06.7"N 078°42'20.8"W
QUIÑONES PRIMITIVO	18977801	5	01°40'17.1" N 078°41'36.6" W

RÍO TABLÓN SALADO

Nombre del agricultor	Identificación	# del árbol	Georeferenciación
CARLOS OBANDO	1290693	6	01°30'27.0"N 078°31'45.3W
MAURO POLO OBANDO	5634684	7	01°31'29.7"N 078°29'42.6W
EFREN MORENO	12906413	8	01°29'37.6"N 078°30'44.7W
JUAN DE LA CRUZ ESPAÑA	12904410	9	01°28'32.8"N 078°31'32.4W
PEDRO QUIÑONES	1895849	10	01°30'24.0"N 078°30'46.5W

RÍO ROSARIO

Nombre del agricultor	Identificación	# del árbol	Georeferenciación
CORTES ISAIAS	12908903	11	01°38'16.9" N 078°35'44.4W
CUERO DIMAR LORENZO	1898050	12,13,14	01°37'02.3" N 078°36'29.5" W
ESTACIO CARLOS	12915010	15,16	01°36'16.4" N 078°36'45.4W
GUERRERO CRUCELINO	1897836	17,18	01°36'55.7"N 078°36'30.5 W
MAIRONGO JESUS VICENTE	13053006	19,20	01° 40'05.0" N 078° 38'9.6" W

...Continuación Anexo 4.

RÍO MIRA

Nombre del agricultor	Identificación	# del árbol	Georeferenciación
ALFONSO TABORDA	1898516	21,22,23	01°23'55.9" N 078° 41'12.0" W
JOSE ABERCIO PRECIADO	12911034	24	01° 25'29.9" N 078° 40'15.6" W
EFRAIN BENAVIDES	19296459	25,26	01° 28'14.0" N 078° 41'13.9" W
MATILDE VILLAREAL	27503512	27,28, 29, 30	01° 21'16.3" N 078° 41'18.0" W

RÍO CHANGÜÍ

Nombre del agricultor	Identificación	# del árbol	Georeferenciación
SOILO RAMO	5364694	31	01°28'17.9" N 078°25'34.4W
HUGO PORFIRIO RODRIGUEZ	1898240	32	01°27'16.29" N 078°21'31.4"W
OMAR PRECIADO	2723927	33	01°26'18.39" N 078°19'21.4"W
GUSTAVO PRECIADO	12905658	34	01°26'18.20" N 078°29'34.5"W
JESUS ARAUJO	98429068	35	01°25'17.28" N 078°27'41.0"W
JHON JANER VALENCIA	87949277	36	01°26'18.28" N 078°21'32.4"W
RUFINA VALENCIA	27516514	37	01°26'15.29" N 078°22'30.4"W
JAMER CAJARE	87948042	38	01°25'16.33" N 078°21'32.6"W
ROKER ARAUJO CAJARE	5364527	39	01°25'19.30" N 078°20'33.9"W
CRUZ AIDE SAYA	27492678	40	01°29'18.66" N 078°23'34.8"W

... Continuación Anexo. 4.

CARRETERA y RAMALES (mascarey Caunapí)

Nombre del agricultor	Identificación	# del árbol	Georeferenciación
MANUEL BARREIRO	12910743	41	01°39'53.4" N 078°43'04.4" W
SOLEDAD QUIÑONES	58667802	42	01°38'54.9" N 078° 42'54.8"W
PEDRO BARREIRO	12912182	43	01° 39'53.9" N 078° 43'11.8" W
JANER CORTES	94466133	44	01°39'46.5" N 078° 43'38.3" W
MARIO VALENCIA	12914149	45	01° 39'52.9" N 078° 43'15.5" W
ALVARO QUIÑONES	87945076	46	01° 39'22.9" N 078° 43'13.1"
NICOLAS BARREIRO	5356245	47	01°39'52.8" N 078° 43'49.2" W
MERY MARTINEZ	36910070	48	01° 39'55.4" N 078° 43'05.0 W
ALFREDO QUIÑONES	13053445	49	01° 38'21.2" N 078° 43'11.8" W
ALBERTO PRADO	9050182	50	01° 33'37.8" N 078° 41'57.5" W

Anexo 5 Valores propios de los componentes principales obtenidos del ACP, para las variables cuantitativas de los genotipos sobresalientes de cacao *Theobroma cacao L* en los núcleos productivos de Tumaco.

Componente Principal	Varianza	Varianza acumulada
1	25.12	25.12
2	14.06	39.18
3	11.56	50.74
4	9.32	60.06
5	7.51	67.57
6	6.71	74.28
7	4.93	79.22
8	4.33	83.55
9	4.12	87.67
10	3.40	91.07
11	2.69	93.76
12	2.52	96.28
13	2.08	98.36
14	1.30	99.66
15	0.32	99.98
16	0.02	100.00

Anexo 6. Correlación de cada variable cuantitativa con los componentes principales.

Variables	1	2	3	4	5
V3	0.60	0.16	0.56	0.06	-0.24
V4	0.55	0.24	0.18	-0.35	0.32
V5	0.40	-0.02	0.29	0.26	-0.42
V9	0.59	-0.41	0.30	-0.05	0.31
V10	0.54	0.14	0.19	-0.49	0.13
V14	-0.25	-0.02	-0.17	0.68	-0.31
V19	0.55	0.52	0.29	0.13	0.16
V20	0.77	-0.25	-0.04	-0.08	0.26
V21	0.27	0.77	0.35	0.12	-0.10
V22	-0.02	0.68	0.35	0.31	0.04
V25	-0.43	0.33	-0.33	0.15	-0.24
V26	0.56	0.36	0.10	-0.23	0.36
V27	-0.41	0.17	0.59	0.14	-0.15
V28	-0.44	0.29	0.60	0.07	0.21
V29	-0.24	-0.45	-0.15	0.46	-0.24
V31	-0.38	-0.18	-0.30	0.38	0.40

Anexo 7. Valores propios o factores principales de las variables cualitativas

V.P	PROPE	VARIANZA	VARIANZA AC	UMULADA
1	0.3037	20.78	20.78	*****
2	0.1913	13.09	33.87	*****
3	0.1522	10.42	44.28	*****
4	0.1306	8.93	53.22	*****
5	0.1069	7.31	60.53	*****
6	0.0992	6.79	67.32	*****
7	0.0900	6.16	73.48	*****
8	0.0745	5.10	78.58	*****
9	0.0614	4.20	82.78	*****
10	0.0517	3.54	86.32	*****
11	0.0473	3.24	89.55	*****
12	0.0342	2.34	91.90	*****
13	0.0307	2.10	93.99	*****
14	0.0263	1.80	95.79	*****
15	0.0218	1.49	97.28	*****
16	0.0166	1.14	98.42	****
17	0.0114	0.78	99.20	***
18	0.0082	0.56	99.77	**
19	0.0034	0.23	100.00	*

Anexo 8. Correlación de cada variable cualitativa con los factores o valores propios

	1	2	3	4	5
V1 1	0.4	2.9	5.1	7.5	0.0
V1 2	0.3	1.9	3.4	5.0	0.0
1 V1	0.6	4.8	8.5	12.5	0.0
V2 1	0.5	2.4	0.1	7.6	14.8
V2 2	0.0	0.2	0.0	0.7	1.3
2 V2	0.5	2.6	0.1	8.3	16.1
V6 1	0.8	3.3	5.5	4.2	1.8
V6 2	0.4	1.7	2.8	2.2	0.9
3 V6	1.3	5.0	8.3	6.4	2.7
V7 1	6.3	1.6	0.5	7.1	2.3
V7 2	4.2	1.1	0.3	4.7	1.5
4 V7	10.5	2.7	0.8	11.8	3.8
V8 1	6.4	6.7	8.0	2.8	0.9
V8 2	2.5	3.8	0.0	0.0	1.4
V8 3	0.0	0.4	9.0	4.3	9.0
5V8	8.9	10.9	17.0	7.1	11.3
V13 1	2.4	1.3	0.3	3.1	0.0
V13 2	0.3	0.0	0.0	3.1	0.0
V13 3	0.7	5.1	0.7	18.6	1.2
6V13	3.3	6.5	0.9	24.8	1.2
V15 1	1.0	1.0	7.7	0.7	22.7
V15 2	0.1	0.0	2.1	0.1	0.1
V15 3	0.0	0.1	8.5	0.4	28.3
7V15	1.1	1.1	18.4	1.2	51.0
V16 1	0.0	19.5	1.7	1.1	0.2
V16 2	13.7	1.0	3.5	2.0	0.9
V16 3	4.3	8.6	0.0	0.0	0.0
8V16	18.0	29.1	5.1	3.1	1.2
V17 1	8.5	1.9	9.5	1.4	0.9
V17 2	3.0	0.7	3.3	0.5	0.3
9V17	11.5	2.6	12.9	1.9	1.2
V18 1	2.2	3.9	5.6	6.4	1.6
V18 2	2.2	0.5	0.9	1.1	1.3
V18 3	3.6	3.3	2.9	3.2	1.3
10V18	8.0	7.7	9.4	10.7	4.2
V23 1	0.9	0.5	0.0	0.0	0.7
V23 2	6.9	3.5	0.3	0.0	5.1
11V23	7.8	3.9	0.3	0.0	5.8
V30 1	12.6	1.4	5.5	3.3	0.2
V30 2	0.4	3.4	1.7	3.2	0.0
V30 3	0.6	17.7	1.4	6.0	0.1

... Continuación

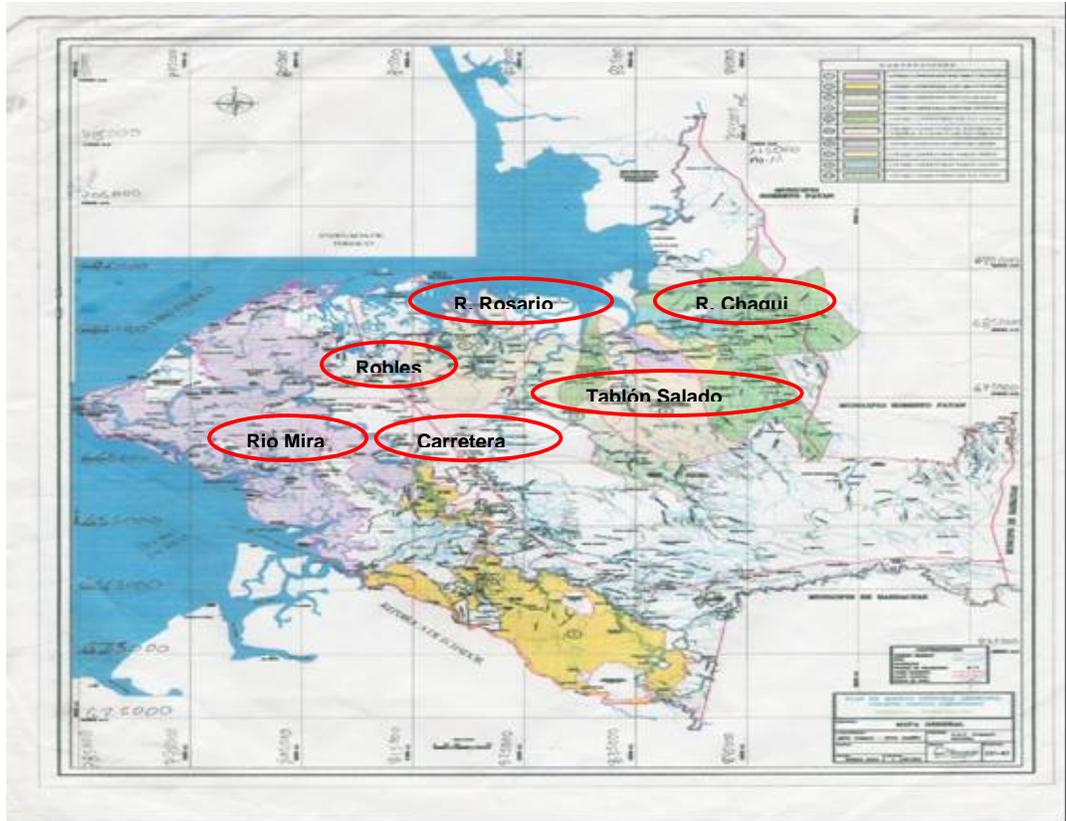
12V30	13.6	22.6	8.6	12.5	0.3
V32 1	1.8	0.1	1.2	0.0	0.2
V32 2	13.0	0.4	8.5	0.0	1.1
13V32	14.8	0.5	9.6	0.0	1.3

Anexo 9. Estadígrafos de las variables cuantitativas en cacao regional en Tumaco.

Num	Iden	Clases	Media	desviación standar	mínimo	Máximo
1	V3	50	36.80	3.68	28.00	43.00
2	V4	50	10.43	0.88	9.00	12.00
3	V5	50	3.54	0.49	2.60	4.30
4	V9	50	17.26	2.47	12.00	23.00
5	V10	50	4.74	0.84	3.00	6.00
6	V14	50	0.52	0.11	0.30	0.80
7	V19	50	30.10	2.69	23.00	36.00
8	V20	50	10.28	1.07	8.00	13.00
9	V21	50	2.96	0.32	2.40	3.80
10	V22	50	1.58	0.14	1.40	2.00
11	V25	50	17.56	2.90	10.00	24.00
12	V26	50	3.36	0.31	2.50	4.00
13	V27	50	1.32	0.32	1.00	3.20
14	V28	50	2.35	0.21	2.00	3.00
15	V29	50	1.19	0.25	1.00	2.00
16	V31	50	41.36	4.07	34.00	50.00

Fuente : Esta investigación.

Anexo 10. Localización de los núcleos productivos de cacao en el municipio de Tumaco.



POT de Tumaco.