

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA COLECCIÓN
DE *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt DE LA
UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

**MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION *Cyphomandra betacea*
(Cav.) Sendt COLLECTION OF THE UNIVERSITY OF NARIÑO**

Rubén Valencia M.¹, Overman Torres Q.², Carlos Benavides C.³, Oscar Checa C.⁴,
Tulio César Lagos B.⁵

Fecha de recepción: Marzo 3 de 2013

Fecha de aceptación: Mayo 2 de 2013

RESUMEN

Cincuenta introducciones de la colección de tomate de árbol, *C. betacea*, de la Universidad de Nariño fueron caracterizadas morfológicamente durante el periodo de junio de 2009 - diciembre de 2010 mediante descriptores altamente discriminativos, bajo condiciones del municipio de Pasto en la vereda Caldera Bajo, que presenta una temperatura de 18 °C, 1600 mm de precipitación al año y altura de 1900 m.s.n.m. El Análisis de Componentes Principales indicó que los cuatro primeros factores, explicaron el 84,07% de la variabilidad total y la clasificación jerárquica identificó cuatro clases que junto con el ACP revelaron una alta contribución de los caracteres a la variación existente. El Análisis de Correspondencias Múltiples, reveló la formación de cinco factores que explicaron el 75,84% de la variación total de la población. Las características que más contribuyeron a la conformación de los factores fueron el Color de brotes apicales, el color de la nervadura en la haz y en el envés de la hoja,

1 Universidad de Nariño, Ingeniero Agroforestal. Pasto, Colombia. valmos24@yahoo.com.

2 Universidad de Nariño, Ingeniero Agroforestal. Pasto, Colombia. overagroforestal@gmail.com.

3 Profesor Tiempo completo ocasional, I.A M.Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. carlosandresbenavidesc@yahoo.es.

4 Profesor Tiempo completo, I.A.Ph.D. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. cicagrarias@hotmail.com.

5 Profesor Asociado. I.A.Ph.D. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. tclagos3@yahoo.com.

color de la hoja en la haz y en el envés, color del cáliz de la flor, el hábito de crecimiento de la copa, color del fruto maduro, forma del fruto, densidad de la copa y tamaño del fruto. El Análisis de Clasificación para caracteres cualitativos determinó tres grupos, diferenciados principalmente por el color de la placenta y tamaño de fruto.

Palabras clave: Componentes principales, correspondencia múltiple, genotipo, accesión.

ABSTRACT

Fifty introductions of the collection of tree tomato *C. betacea*, University of Nariño, were morphologically characterized, during the period June, 2009 - December, 2010, by means of highly discriminant descriptors, under de Municipality of Pasto (Nariño) in the village of Caldera Low. The place of study is located to 1900 masl, average temperature of 18°C and a rainfall of 1600mm per year. The Principal Component Analysis revealed that the first four factors accounted for 84.07% of the total variation, and the hierarchical classification identified four classes that which united to the Principal Component Analysis, presented a high contribution of the characters to the variation. Multiple correspondence analysis showed five factors with an explanation of 75.84% of the total variation of population. Characters of high contribution to conform the factors were: color of apical buds, color of nervation in both the front and the back sides of leaves, color calyx, growth habit of tree top, color of mature fruit, fruit shape, fruit size and density of the tree top. Hierarchical classification analysis for qualitative characters made possible three different groups for the characters: color of placenta and size fruit respectively.

Key words: Principal Components, Multiple correspondence, genotype, accession.

INTRODUCCIÓN

Los frutales andinos comprenden especies con diversos grados de desarrollo y con potencial importante en los países del área, su cultivo generalmente se realiza con materiales de agricultor heterogéneos sin aplicación de tecnologías con enfoque sistémico (Lobo, 2006). Un ejemplo de ellos es el tomate de árbol *C. betacea*, especie que hace parte de un conjunto de especies, distribuidas en los bosques mésonicos de América tropical en latitudes que van desde los 20° L N hasta los 30° L S, con dispersión especialmente en Sur América. La especie

presenta un centro de diversidad importante en la región amazónica de Brasil, área en la cual se encuentran 19 especies, de las cuales ocho son endémicas de dicho país. Por otro lado, existen indicios que *C. betacea* está estrechamente relacionada con un complejo de taxa bolivianas, con base en estudios moleculares, morfológicos y datos de campo, lo cual hace presumir que el taxón sembrado se originó en dicho país (Bohs, 1991, 1994, 1995).

El tomate de árbol es un cultivo importante en Colombia, con un área de siembra cercana a 7.000 hectáreas, la producción de la fruta se concentra

en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Boyacá, Huila, Valle del Cauca, Tolima, Nariño y los Santanderes, destacándose como el primer productor Antioquia, con cerca de 2.000 hectáreas y un rendimiento cercano a 30 t/ha⁻¹, el cual supera el promedio nacional calculado en 16 t/ha⁻¹ (Bernal *et al.*, 2003). Por su parte Nariño, para el año 2009 presentó una producción de 3250,2 toneladas, obtenidas de 465,9 hectáreas, registrándose un rendimiento de 7t/ha⁻¹, según datos del Consolidado Agropecuario de Nariño (Secretaria de Agricultura y Medio Ambiente de Nariño, 2009).

Morfológicamente el tomate de árbol es un arbusto, que alcanza alturas entre 1,5 a 2 m, cuando tienen entre 8 y 10 meses de edad, hojas grandes de 20 a 35 cm de longitud y 15 a 20 cm de ancho, de consistencia coriácea de color verde oscuro en la haz y verde pálido en el envés, alternas, sencillas y enteras de formas acorazonadas (Albornoz, 1992). El fruto, es una baya de cáscara gruesa en tonos rojos, anaranjados y amarillos. Las semillas son pequeñas circulares o reniformes planas, lisas de color amarillo oscuro, cubierta por un arilo de diferente color dependiendo de la variedad. El sabor de la fruta difiere del balance agridulce según la variedad. Se consume como jugo, conserva en almíbar, ensaladas de frutas, helados, jaleas, mermeladas, dulces y en platos de carnes con sabores combinados (Girard y Lobo, 1987). Posee cualidades nutricionales, especialmente sus propiedades de reducción de colesterol, su alto contenido de fibra, β -Caroteno (pro-vitaminas A), vitamina B6, vitamina C (ácido ascórbico), vitamina E, hierro, potasio, magnesio, fósforo con un contenido de nitrógeno y aminoácidos libres muy alto y su bajo nivel de calorías. Fortalece el sistema inmunológico y la visión, además de funcionar como antioxidante. Es además una buena fuente de pectina (Reyes y Sanabria, 1993).

La caracterización de los bancos de germoplasma se ha realizado tradicionalmente mediante

el uso de descriptores morfológicos evaluados en relación con el comportamiento agronómico. Cuando la diversidad genética entre especies y dentro de especies es fácilmente observable, los descriptores morfológicos suministran información que puede evitar duplicaciones del mismo material y minimizar la sobreestimación de la diversidad existente (Becerra y Paredes, 2000).

En la actualidad la Universidad de Nariño cuenta con una colección de trabajo en *C. betacea* con accesiones provenientes de las zonas productoras de Nariño, Putumayo y norte del Ecuador, esta presenta variabilidad en tipo y calidad de fruto, respuesta a enfermedades y capacidad de carga; pero dicha variación en características aún no ha sido documentada.

El objetivo de esta investigación fue caracterizar 50 introducciones de la colección de trabajo de tomate de árbol de la Universidad de Nariño, a partir de descriptores morfo agronómicos, con el fin de identificar genotipos con características deseables para ser utilizados en programas de mejoramiento genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en diferentes etapas, la primera se ejecutó durante Junio de 2009 - Agosto de 2009 en el invernadero de la Universidad de Nariño, ubicado en la ciudad universitaria Torobajo - Pasto a 2460 msnm y una temperatura promedio de 14°C, se realizó la siembra de semillas de cada introducción en bandejas con turba comercial. Una vez obtenidas plántulas en un periodo de 45 días, estas se trasplantaron a bolsas de polietileno de 12 cm de alto por 6 cm de diámetro, donde permanecieron durante 30 días hasta ser llevadas a sitio definitivo.

La segunda etapa realizada entre septiembre de 2009 - diciembre de 2010, en la vereda Caldera Bajo, del municipio de Pasto. Esta zona

presenta una temperatura promedio de 18 °C y una precipitación promedio de 1600 mm/año (UMATA Pasto, 1996). El lote de evaluación fue establecido a una altura de 1900 msnm. Las plantas fueron sembradas a distancias de 2,5 m entre plantas y 3 m entre surco, sembrando seis plantas por introducción, constituyendo la parcela de observación y el área experimental de 2250 m². Los datos fueron tomados durante todo el ciclo de la planta hasta las 4 primeras cosechas.

La caracterización se llevó a cabo en 50 introducciones las cuales se observan en la Tabla 1. Se utilizaron los descriptores morfológicos propuestos por Medina (2008), obtenidos en el marco del proyecto "Tomate de árbol fru-

to promisorio para la diversificación del agro andino", el cual fue financiado por IICA, PROCIANDINO y UCLA. Se adicionaron algunos descriptores cualitativos identificados en el proceso de evaluación como altamente discriminativos para determinar la variabilidad en términos fenotípico (Tab. 2 y 3). Los descriptores físico-químicos referentes al fruto, se tomaron en estado de maduración cuatro según el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (1997), los frutos fueron llevados al laboratorio, donde se lavaron para su posterior análisis. Cabe destacar, que para la toma del indicador en la variable veteado en frutos (VF) se hizo en estado maduro (4) e inmaduro (1) y para color de fruto inmaduro (CFI) en estado 1 según la norma ya antes mencionada.

Tabla 1. Introducciones de *Cyphomandra betacea* caracterizadas morfológicamente

Introducciones	Lugar de colecta, municipio	Introducciones	Lugar de colecta, municipio
CBb01, CBb02, CBb03	Pajajoy, Buesaco	CBg30	Guaitarilla
CBb04	Vereda Veracruz, Buesaco	CBg31	Motilón, Guaitarilla
CBb 05, CBb06	El Bado, Buesaco	CBg32, CBg52	San Antonio Alto, Guaitarilla
CBb07, CBb08	Casco Urbano, Buesaco	CBcon33, CBcon34	La Providencia, Contadero
CBa 09	La Cocha, Arboleda	CBsj35	El Rosal, Ipiales
CBc10, CBc12, CBc13	La Rinconada, Cartago	CBsj37, CBsj38, CBco39, CBco44	Chair, Ipiales
CBc14, CBc15	Cartago	CBco40, CBco41, CBco42	El Mirador, Córdoba
CBc16	Martín, Cartago	CBco45	Guitungal, Córdoba
CBp17, CBp18, CBp19, CBp20	La Caldera, Pasto	CBco46	Córdoba
CBp21, CBp22, CBp23	La Pradera Alto, Pasto	CBpo47, CBpo48	Potosí
CBp25, CBp26	Pasto	CBi49, CBI51	Ipiales
CBg27, CBg28	La Ciénaga, Guaitarilla	CBco53, CBunt59, CBf68, CBU65	Córdoba

Tabla 2. Descriptores morfológicos cuantitativos aplicados a la caracterización de *C. betacea*

No.	Descriptor	Abreviatura	No.	Descriptor	Abreviatura
1	Largo de la hoja	LH	18	Longitud del fruto	LF
2	Ancho de la hoja	AH	19	Ancho del fruto	AF
3	Longitud del peciolo de la hoja	LPE	20	Longitud del pedicelo del fruto	LPDF
4	Ancho del peciolo de la hoja	APE	21	Diámetro del pedicelo del fruto	DPDF
5	Diámetro pedúnculo de la inflorescencia	DPIN	22	Tamaño del exocarpo mas mesocarpo	TEXM
6	Longitud pedicelo de la flor	LPEF	23	Diámetro de la cavidad interna del fruto	DCIF
7	Diámetro pedicelo de la flor	DPF	24	Peso promedio de un fruto	P1F
8	Longitud del raquis de la inflorescencia	LRF	25	Peso promedio de la placenta más la semilla del fruto	PPF
9	Diámetro del raquis de la inflorescencia	DRF	26	Contenido promedio de jugo en la placenta del fruto	CJ1F
10	Número de flores por inflorescencia	NFI	27	Peso promedio de la semilla seca de un fruto	PS1F
11	Longitud pedúnculo de la infrutescencia	LPIN*	28	Sólidos solubles totales	SST
12	Diámetro pedúnculo de la infrutescencia	DPIF*	29	pH del jugo	PHJ
13	Longitud raquis de la infrutescencia	LRIN	30	Días a primera cosecha	DPC
14	Diámetro raquis de la infrutescencia	DRIN	31	Número promedio de semillas en un fruto	NS1F
15	Número de frutos por infrutescencia	NFRU	32	Peso de 200 semillas	P2S
16	Longitud de los pétalos	LPET	33	Porcentaje de ácido cítrico	AC
17	Tamaño de la corola	TC	34	Índice de forma del fruto	IFF*

* Descriptores propuestos por los autores

La información obtenida se almacenó en bases de datos de acuerdo con las modalidades del descriptor y se procesó a través del software SPAD (versión 3.5). Para los caracteres cuantitativos se aplicó el Análisis de Componentes Principales (Franco e Hidalgo, 2003). Para este procedimiento se descartaron aquellos caracteres que tuvieron alta y significativa correlación dejando uno de cada par, y aquellos con coeficiente de

variación superior al 14,4%. De las 34 variables cuantitativas, se descartaron 25.

Las variables cualitativas se sometieron a Análisis de Correspondencias Múltiples, para lo cual se transformaron en categóricas - ordinales con el fin de darles el carácter de variables cualitativas activas o generadoras de ejes factoriales. Tanto para las variables

cuantitativas como cualitativas se realizó el Análisis Clasificación Jerárquica utilizando el criterio de agregación de Ward, el cual garantiza la obtención de clases en las que

es mayor la separación entre clases (máxima inercia interclases) y la homogeneidad dentro de los grupos constituidos (mínima inercia intraclases) (Etxeberria *et al.*, 1995).

Tabla 3. Descriptores morfológicos cualitativos aplicados a la caracterización de *C. betacea*

No.	Descriptor	Abreviatura	No.	Descriptor	Abreviatura
1	Densidad de la copa	DC	21	Veteado en frutos	VF
2	Hábito de crecimiento de la copa	HCC	22	Tamaño de frutos	TF
3	Color de brotes apicales	CBA	23	Color haz de la hoja	CHH
4	Color de nervadura en el haz de la hoja	CNH	24	Color del estilo	COES
5	Color de nervadura en el envés de la hoja	CNE	25	Color de las anteras	CA
6	Forma base de la hoja	FBHO	26	Presencia de cono estaminal en la antera	PCEA
7	Forma ápice de la hoja	FAH	27	Fascinación en las flores	FAFL
8	Forma tricomas de la hoja	FTH	28	Color del veteado en frutos inmaduros	CVFI
9	Forma del fruto	FF	29	Color envés de la hoja	CEH
10	Forma del extremo apical del fruto	FEF	30	Color cáliz de la flor	CCF
11	Forma pigmentación de nervadura en el haz de la hoja	FPNH	31	Color de la pulpa del fruto	CPF
12	Forma pigmentación de nervadura en el envés de la hoja	FPNE	32	Color de la placenta del fruto	CPLF
13	Color de la placenta del fruto	CPF	33	Color del endocarpio del fruto	CEF
14	Color del arilo de la semilla	CAS	34	Presencia y distribución de las formaciones calcáreas	PDFC
15	Presencia de antocianina en las hojas	PAH	35	Fascinación del fruto	FFRU
16	Presencia de antocianina en el peciolo	PAP	36	Presencia de hombros en el fruto	PHF
17	Color del peciolo	COPE	37	Patrón de maduración	PM
18	Forma del peciolo	FPE	38	Color de frutos maduros	CFM
19	Color externo de la corola	CEC	39	Color de frutos inmaduros	CFI*
20	Color interno de la corola	CIC			

* Descriptor propuesto por los autores

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de componentes principales (ACP). En la Tabla 4 se relacionan los descriptores cuantitativos que fueron escogidos para llevar a cabo el ACP, que obtuvieron un coeficiente de variación superior a 14,4%.

El análisis de componentes principales elaborado con base en las nueve variables cuantitativas (Tab. 4), permitió agruparlas en cuatro componentes principales que explicaron el 84.07% de la varianza total de la población (Tab. 5).

Tabla 4. Descriptores morfológicos cuantitativos usados en la caracterización de *C. betacea*

No	Descriptor	No	Descriptor
1	Número de flores por inflorescencia (NFI)	6	Peso promedio de un fruto (PIF)
2	Número de frutos por infrutescencia (NFRU)	7	Contenido promedio de jugo de un fruto (CJ1F)
3	Largo del fruto (LF)	8	Número promedio de semillas en un frutos (NS1F)
4	Tamaño del exocarpo mas el mesocarpo (TEXM)	9	Porcentaje de ácido cítrico (AC)
5	Diámetro de la cavidad interna del fruto (DCIF)		

Tabla 5. Valores propios y proporción de la varianza explicada en el Análisis de Componentes Principales ACP

Componente	Valor propio	Varianza explicada (%)	Varianza acumulada (%)
1	40,714	45,24	45,24
2	15,573	17,30	62,54
3	10,989	12,21	74,75
4	0,8388	9,32	84,07

De acuerdo al ACP el primer valor propio (Tab. 5) explicó el 45,24% de la varianza total. Las variables con mayores coeficientes de correlación y que más aportaron a la conformación de dicho factor fueron PPF ($r_{v.f} = -0,93$), LF ($r_{v.f} = -0,9$), NS1F ($r_{v.f} = -0,89$), CJ1F ($r_{v.f} = -0,83$) y TEXM ($r_{v.f} = -0,73$) (Tab. 6). El segundo componente explicó el 17,30%, de la variabilidad, el cual se encuentra influenciado por DCIF ($r_{v.f} = -0,71$), AC ($r_{v.f} = -0,7$) y TEXM ($r_{v.f} = 0,52$). Por su parte, el tercer componente explicó el 12,21% de la variabilidad

existente, encontrándose a NFI ($r_{v.f} = 0,70$) y NFRU ($r_{v.f} = 0,69$) respectivamente. Por último, el cuarto componente explicó el 9,32% de la variabilidad, conformado por NFRU ($r_{v.f} = 0,61$), seguida de NFI ($r_{v.f} = -0,58$).

De acuerdo con el Análisis de Clasificación con base en el ACP, se obtuvo el dendrograma, el cual muestra claramente cuatro clúster a una distancia de 0,87 (Fig. 1).

Tabla 6. Correlación entre las variables originales y los cuatro primeros componentes principales de la colección de *C. betacea*

Identificación	Característica	Componentes principales			
		1	2	3	4
NFI	Número de flores por inflorescencia	0,26	0,23	0,70	-0,58
NFRU	Número de frutos por infrutescencia	0,11	-0,36	0,69	0,61
LF	Longitud del fruto	-0,9	-0,2	0,01	0,08
TEXM	Tamaño del exocarpo mas el mesocarpo	-0,73	0,52	0,15	0,12
DCIF	Diámetro de la cavidad interna del fruto	-0,52	-0,71	-0,22	-0,13
PPF	Peso promedio del fruto	-0,93	-0,16	0,06	-0,03
CJ1F	Contenido promedio de jugo de un fruto	-0,83	0,19	0,00	0,11
NS1F	Número de semillas de un fruto	-0,89	-0,08	-0,15	0,01
AC	Porcentaje de ácido cítrico del fruto	0,20	-0,7	0,21	-0,27

El primer grupo está conformado por 17 introducciones, que corresponden a CBb04, CBb01, CBb06, CBSj36, CBcon33, CBg28, CBg32, CBp18, CBp22, CBb05, CBco41, CBp26, CBp17, CBp23, CBf68, CBb03, y CBg27. Este grupo se caracteriza por presentar promedios por debajo de la media general, en cuanto a tamaño de exocarpo más mesocarpo, contenido promedio de jugo en la placenta, diámetro de la cavidad interna del fruto, peso promedio del fruto, longitud del fruto y número de semilla en un fruto, con promedios para el grupo de 6,89 mm, 28,39 ml, 33,15 mm, 80,5 g, 60,03 mm y 168,65 semillas respectivamente, mientras que las medias generales para las mismas variables fueron de 7,52 mm, 33,17 ml, 36,66 mm, 100,38 g, 66,64 mm y 275,42 semillas en su orden.

De igual forma, el segundo grupo estuvo constituido por 17 introducciones; caracterizadas por presentar un bajo número de frutos por infrutescencia, siendo su promedio grupal de 2.82 frutos, con respecto al promedio general de la población de 3.04 frutos. Las introducciones que conforman esta clase son: CBp19, CBg31, CBg30, CBc16, CBc12, CBSj37, CBc14, CBa09, CBunt59, CBc15, CBg52, CBu65, CBco44, CBp25, CBc10, CBc13, CBp20.

En el tercer grupo se ubican CBb02, CBcon34, CBcon42 y CBb08, se caracterizan porque el promedio del porcentaje de ácido cítrico en este grupo (3,64%), es superior que el promedio general de la población (1,76%). Otra característica del grupo es que presentan el menor tamaño de exocarpo más mesocarpo (5,84 mm) con respecto al promedio del total de la población (7,52 mm). Según Ocampo *et al.* (2009) el porcentaje de ácido cítrico está levemente asociado al grado de madurez del fruto, influyendo en el sabor agridulce del mismo, dicho carácter puede estar influenciado por el genotipo y por las condiciones ambientales.

El cuarto grupo está conformado por 12 introducciones, identificadas como CBSj35, CBco46, CBp21, CBco45, CBpo47, CBpo48, CBI49, CBco39, CBI51, CBSj38, CBco53 y CBcon40. Este grupo es de vital importancia para futuros programas de fitomejoramiento en *C. betacea*, ya que contiene las introducciones que presentan los mejores indicadores con respecto a la media general de la población, para los caracteres P1F (132,32 g), TEXM (9,57 mm), NS1F (387,67 semillas), CJ1F (40,87 ml), LF (74,77 mm), DCIF (39,70 mm) y NFI (37,67 flores). La media general para dichas variables fue de 100,38 g, 7,52 mm, 275,42 semillas, 33,17 ml, 66,64 mm, 36,66 y 34,46 flor mm, respectivamente.

Las variables que definieron los grupos son NS1F para el grupo uno, NFRU para el dos, TEXM para el tres y NS1F y P1F en el cuarto. Como es evidente, estas variables permiten agrupar algunos individuos, y el conjunto de ellas permiten ver la diferencia entre los individuos o de un grupo con los de otro. Sin embargo, teniendo en cuenta que la variabilidad se expresa en pocos caracteres, Riascos *et al.* (2010) sostienen que esto puede ser un limitante en el proceso de mejoramiento sobre otras características.

Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM).

En la tabla 7 se muestran los descriptores cualitativos utilizados para éste análisis. Para las variables cualitativas la contribución de los valores propios a la variabilidad de la población estudiada (Tab. 8), los cinco primeros factores explican un porcentaje de 75,84% de la variabilidad total.

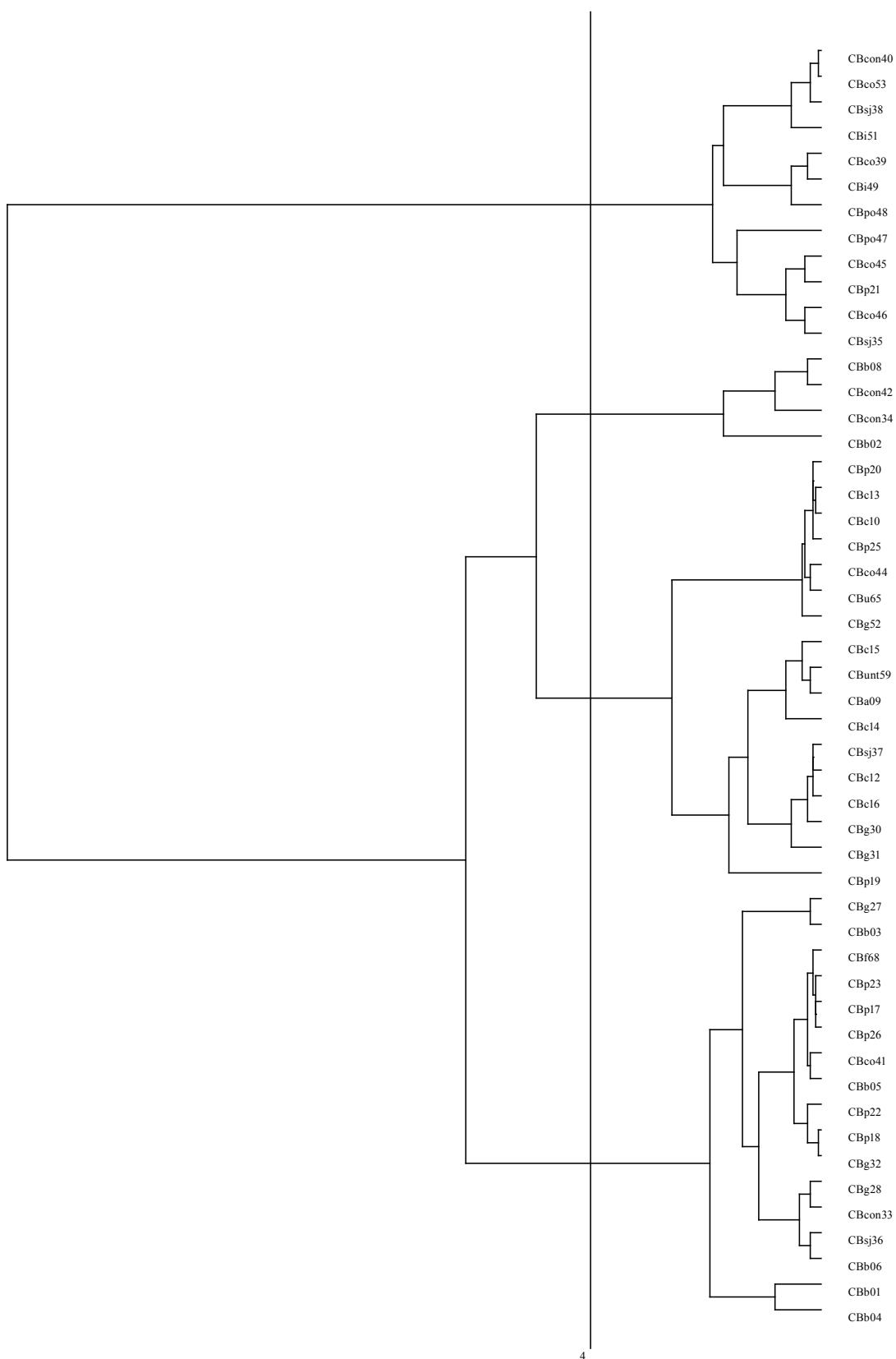


Figura 1. Dendrograma de 50 introducciones de *C. betacea* (Cav.) Sendth, con base en ACP.

Tabla 7. Descriptores cualitativos utilizados en la caracterización de *C. betacea*

No.	Descriptor	Abreviación	No.	Descriptor	Abreviación
1	Densidad de la copa	DC	9	Forma del fruto	FF
2	Habito de crecimiento de la copa	HCC	10	Forma del extremo apical del fruto	FEF
3	Color de brotes apicales	CBA	11	Color de frutos maduros	CFM
4	Color nervadura en haz de la hoja	CNH	12	Color de fruto inmaduro	CFI*
5	Color nervadura en envés de la hoja	CNE	13	Color de la placenta del fruto	CPF
6	Color haz de la hoja	CHH	14	Color del arilo de la semilla	CAS
7	Color envés de la hoja	CEH	15	Veteado en frutos	VF
8	Color cáliz de la flor	CCF	16	Tamaño del fruto	TF*

*Descriptores propuesto por los autores

En las Tablas 8 y 9 se muestra la contribución de las diferentes variables a la conformación de cada uno de los factores. El primer factor explicó el 42,46% de la variabilidad total, y las variables que más contribuyeron a su conformación fueron color de brotes apicales (CBA= 12,8%), color de nervaduras en el haz de la hoja (CNH =12,8%), color nervadura en el envés de la hoja (CNE = 12,8%), color haz de la hoja (CHH= 12,8%), color envés de la hoja (CEH= 12,8%), color cáliz de la flor (CCF= 12,8%) y color de la placenta del fruto (CPF= 9,9%).

El segundo factor explicó el 11,75% de la variabilidad total, el cual se encuentra definido principalmente por las variables habito de

crecimiento de la copa (HCC = 26,5%), color de frutos maduros (CFM = 26,5%) y color del arilo de las semillas (CAS = 20,7%). El tercer factor explicó el 8,26% de la variabilidad de la población, y las variables que más aportaron a su conformación fueron forma del fruto (FF = 33,9%), y forma del extremo apical del fruto (FEF = 19,1%). Por su parte, el cuarto factor explicó el 7,11% de la variabilidad existente, y las características de mayor contribución fueron color de frutos maduros (CFM = 21,9%) y densidad de la copa (DC = 51,4%). Por último, se presenta el quinto factor explicando el 6,25% de la variabilidad total, cuyas variables de mayor aporte fueron densidad de la copa (DC = 51,8%) y tamaño del fruto (TF = 28,1 %).

Tabla 8. Valores propios y proporción de la varianza explicada en el Análisis de Correspondencias Múltiples con base en 16 variables cualitativas

Número	Valor propio	Varianza explicada (%)	Varianza acumulada (%)
1	0.5460	42.46	42.46
2	0.1511	11.75	54.22
3	0.1062	8.26	62.48
4	0.0914	7.11	69.59
5	0.0804	6.25	75.84

Tabla 9. Contribución de las variables cualitativas y a la conformación de los primeros cinco ejes factoriales en la caracterización de *C. betacea*

Identificación	Característica	Componentes principales				
		1	2	3	4	5
DC	Densidad de copa	0,3	4,4	14,1	51,4	51,8
HCC	Habito de crecimiento de la copa	0,3	26,5	1,1	4,7	0,2
CBA	Color de Brote Apical	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0
CNH	Color nervadura en haz de la hoja	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0
CNE	Color nervadura en envés de la hoja	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0
CHH	Color haz de la hoja	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0
CEH	Color envés de la hoja	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0
CCF	Color cáliz de la flor	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0
FF	Forma de fruto	0,1	6,5	33,9	3,0	1,5
FEF	Forma del extremo apical del fruto	0,7	1,0	19,1	2,7	10,2
CFM	Color de frutos maduros	1,5	26,5	2,8	21,9	0,3
CFI	Color de fruto inmaduro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CPF	Color de la placenta del fruto	9,9	0,6	0,5	2,1	3,2
CAS	Color arilo de la semilla	10,1	20,7	1,7	3,7	4,6
VF	Veteado de fruto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TF	Tamaño de fruto	0,3	13,0	26,8	10,6	28,1

El análisis de clasificación jerárquica basado en el ACM permitió agrupar los genotipos en clases diferentes. En la Figura 2, se muestra la conformación de tres grupos, los cuales se caracterizan por compartir características específicas entre los individuos de un mismo grupo con su correspondiente divergencia entre los diferentes grupos.

El grupo uno está compuesto por 37 introducciones que corresponden al 74% de toda la colección estas introducciones son: CBb04, CBp22, CBp19, CBA09, CBc12, CBg52, CBpo47, CBSj36, CBSj37, CBc13, CBc14, CBp20, CBp26, CBp23, CBp25, CBg30, CBc10, CBu65, CBI51, CBco41, CBco44, CBco53, CBcon40, CBcon42, CBg32, CBb03, CBf68, CBb01, CBb06, CBb02, CBp18, CBb05, CBSj38, CBcon33, CBg31, CBc16, y CBc15. En esta clase el 86% de las introducciones mostraron HCC=1 erecto, el 88%, tienen CHH=1 verde oscuro, CHE=1 verde opaco oscuro, CBA=1 púrpura oscuro, CNH=1 púrpura

oscuro, CCF=1 verde púrpura, CNE=1 púrpura claro, el 40% posee CFM=2 rojo y el 92% presenta CPF=1 anaranjado.

En el grupo dos se encuentran siete introducciones que corresponden al 14% del total de la colección. Estas son CBSj35, CBp21, CBco46, CBI49, CBco39, CBpo48 y CBco45 el 86% de las introducción es de este grupo tuvo HCC=2 caedizo, 40% presentó el CFM=3 rojo púrpura y el 46% correspondió al CAS=1 anaranjado.

El grupo tres lo componen seis introducciones que corresponden al 12%. Estas corresponden a CBg28, CBg27, CBcon34, CBunt59, CBp17 y CBb08. En este grupo, el 100%, de las introducciones presentan CEH=2 verde opaco claro, de igual forma presentan CNE=2 verde claro, CBA=2 púrpura claro, CNH=2 verde claro, CHH=2 verde claro, CCF=2 verde claro, CAS=3 morado y CPF=2 morado.

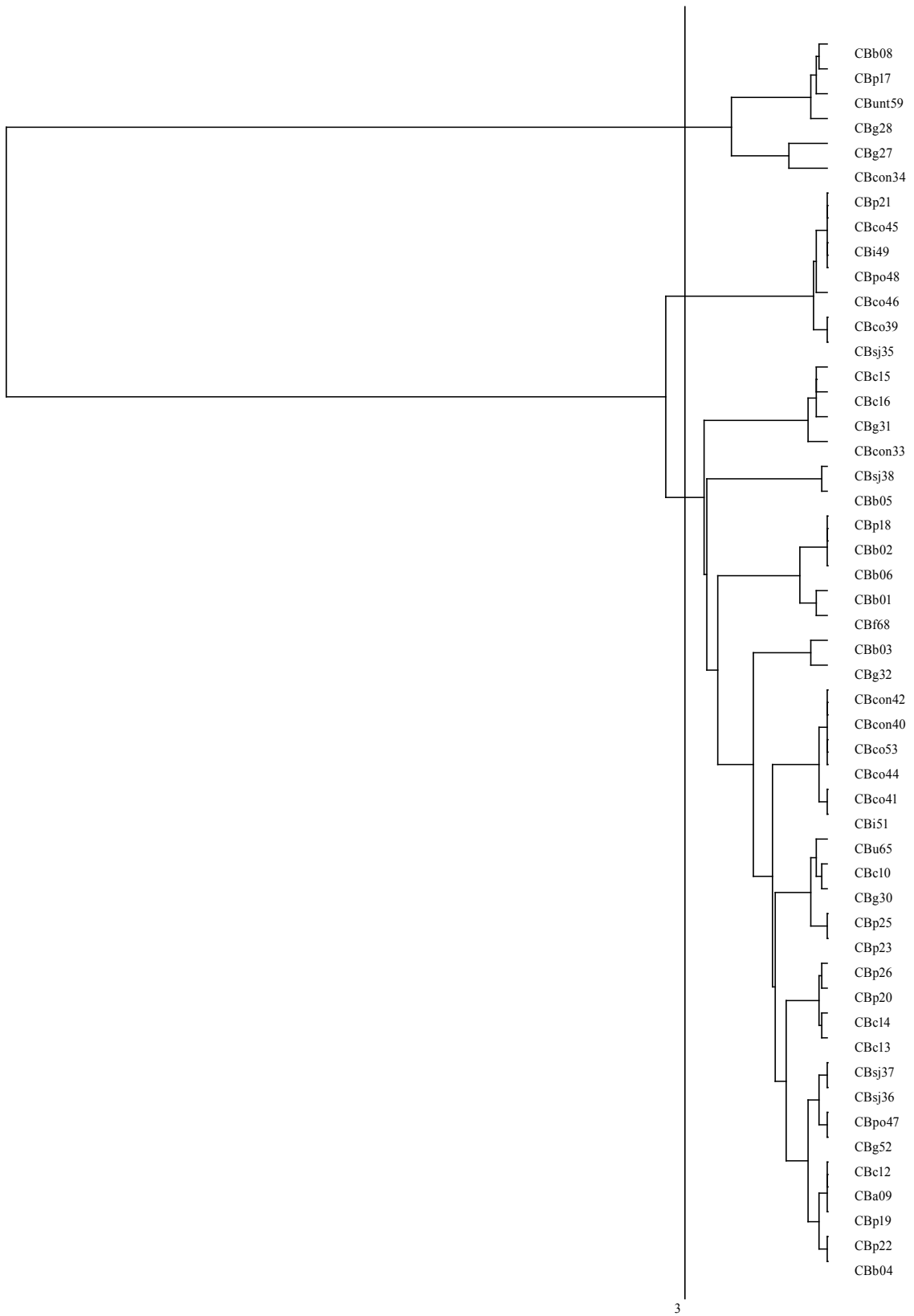


Figura 2. Dendrograma de la clasificación jerárquica de las 50 introducciones de *C. betacea* (Cav.) Sendth.

Al hacer la comparación de los dendrogramas obtenidos (cuantitativo y cualitativo), se encuentran divergencias marcadas entre los dos, lo que es obvio, teniendo en cuenta que los descriptores utilizados para su conformación no presentan una connotación similar; por el contrario, son totalmente diferentes excepto las variables peso, largo y ancho de fruto, las cuales son caracteres cuantitativos, relacionadas al tamaño de fruto, siendo estas las únicas que podrían contribuir con algún grado de similitud entre dichos dendrogramas, sin embargo, esta última no fue una variable determinante en la formación de grupos en el análisis de clasificación para las variables cualitativas. Lo anterior se confirma con lo expuesto por Riascos *et al.* (2010) quienes aseguran que posiblemente las características de interés que el hombre selecciona no son proporcionalmente iguales entre los conjuntos de rasgos cuantitativos y cualitativos, lo que produce diferencias en la conformación de los grupos en este tipo de análisis estadístico.

Se logró identificar caracteres en *C. betacea* que juegan un papel muy importante en la variabilidad intraespecífica de la especie, es el caso del fruto, la flor, la hoja y la rama, donde se presentan diferencias en tamaño, peso, color y forma, según el genotipo; resultado que concuerda con el obtenido por Sánchez y Tapia (2010), quienes afirman que las poblaciones muestran variabilidad en la pigmentación del follaje tierno, de color, forma y espesor del mesocarpo del fruto.

Según Mejía (2011), el alto porcentaje de ácido cítrico presente en los frutos de frutales es una característica de vital importancia para el sector agroindustrial, ya que facilita la obtención de productos elaborados con valor agregado como mermeladas, conservas, a costos reducidos. Con base en lo anterior el grupo tres conformado a partir de variables cuantitativas, reviste una

gran importancia, puesto que presenta los mayores promedios de porcentaje de ácido cítrico, lo que significa que las accesiones CBb02, CBcon34, CBcon42 y CBb08 pueden ser de gran utilidad para la agroindustria; aun cuando presentan problema de pequeño tamaño de exocarpo más mesocarpo (pulpa), lo que podría repercutir en el bajo rendimiento en los procesos agroindustriales. Por lo anterior, el grupo tres junto con el cuatro se pueden incluir en programas de fitomejoramiento, con el fin de obtener variedades mejoradas que presenten excelentes características químicas y agronómicas.

CONCLUSIONES

En el Análisis de Componentes Principales (ACP) los descriptores que más aportaron a la conformación de los primeros cuatro factores fueron peso promedio del fruto, diámetro de la cavidad interna del fruto, número de flores por inflorescencia y el número de frutos por infrutescencia.

En el Análisis de Clasificación para las variables cuantitativas, se diferenciaron cuatro grupos. El primero se caracterizó por presentar promedios por debajo de la media general para las variables que lo identifican, el segundo se conformó por genotipos que presentaron indicador promedio por debajo de la media general para número de frutos por infrutescencia, el tercero presentó indicador promedio superior a la media general para porcentaje de ácido cítrico, y el cuarto se constituyó por accesiones que presentaron indicadores mayor al promedio general para sus variables de conformación.

En el Análisis de Correspondencia Múltiple ACM para los cinco primeros componentes las características de mayor aporte fueron color de brotes apicales, color de la nervadura en el haz y en el envés de la hoja, color de la hoja en el haz y

en el envés, color del cáliz de la flor, el hábito de crecimiento de la copa, color del fruto maduro, forma del fruto, densidad de la copa y tamaño del fruto.

En el Análisis de Clasificación con base en el ACM los grupos uno y dos se asemejan por tener color de la placenta anaranjado con respecto a la clase tres, la cual posee introducciones con frutos de placenta morado.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBORNOZ, P. 1992. El tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), Fundagro, en el Ecuador. 130 p.
- BECERRA, V. Y PAREDES, M. 2000. Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. *AgricTéc.* 60(3):270 - 281.
- BERNAL, J., DÍAZ, C., AMAYA, A. Y VANEGAS, F. 2003. Generalidades del cultivo. En: Tecnología para el cultivo del tomate de árbol. Corpoica. Manual técnico 3. C.I. "La Selva", Rionegro, Antioquia. 8 - 49 p.
- BOHS, L. 1991. Crossing studies in *Cyphomandra* (*Solanaceae*) and their systematic and evolutionary significance. *American Journal of Botany.* 78:1683 - 1693.
- BOHS, L. 1994. *Cyphomandra* (*Solanaceae*), Monograph 63, New York Botanical Garden. 175 p.
- BOHS, L. 1995. Transfer of *Cyphomandra* (*Solanaceae*) and its species to *Solanum*. *Taxon.* 44:583 - 587.
- ETXEBERRÍA, J., GARCÍA, E., GIL, J. Y RODRÍGUEZ, G. 1995. Análisis de datos y textos. Madrid: Rama. 372 p.
- FRANCO, T. Y HIDALGO, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. Boletín Técnico N° 8. 89 p.
- GIRARD, E. Y LOBO, A. M. 1987. El cultivo del tomate de árbol, Manual de Asistencia Técnica N° 32. Bogotá, *Cyphomandra betacea* (Cav) Sendt. ICA. Marzo. 59 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. 1997. Norma Técnica Colombiana (NTC-4105). Requisitos de Madurez. 4 - 5 p.
- LOBOA, M. 2006. Recursos genéticos y mejoramiento de frutales andinos: una visión conceptual. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria.* 7(2):40 - 54 p.
- MEDINA, C. C. I. 2008. Descriptores de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt) y taxa relacionadas. C. I. Corpoica La Selva, Rionegro - Antioquia. Colombia. 5 - 70 p.
- OCAMPO, E., BARRERA, E. Y YEPES, D. 2009. Evaluación de las características fisicoquímicas del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en tres estados de maduración, SENA, Rio Negro - Antioquia. 5 - 6 p.
- RIASCOS, M., SANTACRUZ, A., LAGOS, T. C. Y CHECA, C. O. 2010. Caracterización morfológica de 39 genotipos de la colección de lulo *Solanum quitoense* Lam., de la Universidad de Nariño en el municipio de Buesaco-Nariño. Biblioteca Luis Santander Benavides, Universidad de Nariño. Pasto - Colombia. 10 - 15 p.
- REYES, C. R. Y SANABRIA O. L. 1993. Tomate de árbol, *Cyphomandra betaceae* (Cav) Sendt. *Etnobotánica* N°2. GELA-Perfiles. Disponible en: http://www.ibiologia.unam.mx/jardin/gela/page_13.html. Consulta: septiembre, 2010.
- SÁNCHEZ, I. Y TAPIA, M. 2010. Agronomía de los Cultivos andinos. Frutales andinos. Tomate de árbol *Cyphomandra betacea* Cav. Sendt. Documento FAO. Lima, Perú. 2 - 10 p.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE DE NARIÑO. 2009. Consolidado Agropecuario del departamento de Nariño. 17 p.
- UNIDAD MUNICIPAL DE ASISTENCIA TÉCNICA AGROPECUARIA DE MUNICIPIO DE PASTO (UMATA Pasto). 1996. Diagnostico Rural Participativo (DRP). Pasto. 3 - 18 p.