

Variabilidad morfológica de variedades nativas de mora (*Rubus* sp.) en los Andes de Colombia

Morphological variability of wild blackberry (*Rubus* sp.) cultivars in the Andes of Colombia



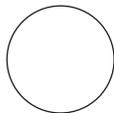
NATALIA ESPINOSA B.^{1,5}
GUSTAVO ADOLFO LIGARRETO M.²
LUZ STELLA BARRERO M.³
CLARA INÉS MEDINA C.⁴

***Rubus macrocarpus* Benth. en zona altoandina colombiana.**

Foto: N. Espinosa B.

RESUMEN

Se estudió la colección del género *Rubus* compuesta por 31 entradas de accesiones nativas y cultivadas, existentes en el Banco de Germoplasma de Colombia, en su mayoría procedentes de departamentos productores de mora con el fin de estimar su variabilidad, mediante 38 descriptores entre cuantitativos y cualitativos en la descripción morfológica. Se encontró que las agrupaciones de accesiones coinciden con la determinación taxonómica convencional para especies del género *Rubus*; se confirma la accesión RG37 como un material intermedio a nivel morfológico entre la especie *R. glaucus* y las especies silvestres. Se estableció variabilidad fenotípica en los materiales *Rubus* y se identificaron agrupaciones dentro de *R. glaucus* que muestran algunas accesiones con mayor introgresión de características vegetativas de las accesiones silvestres y otras con características más adecuadas a la producción comercial, así como alguna interacción del departamento de origen en el comportamiento fenotípico de las entradas de *R. glaucus*.



Palabras clave adicionales: recursos genéticos, descriptores fenotípicos, diversidad genética, fenotipo.

¹ Programa de Mejoramiento Genético en Arroz, Federación Nacional de Arroceros de Colombia (Fedearroz), Cali (Colombia).

² Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia).

³ Centro de Investigación Tibaitatá, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Mosquera (Colombia).

⁴ Centro de Investigación La Selva, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Rionegro, Antioquia (Colombia).

⁵ Autor para correspondencia. nataliaespinosa@fedearroz.com.co



ABSTRACT

The present work studied the genus *Rubus* collection of Colombia; it consists of 31 entries of native and cultivated accessions mostly from different blackberry producer regions. In order to estimate genetic variability 38 quantitative and qualitative descriptors were used in morphologic description. At the morphological level, it was found that groups of accessions match with the conventional taxonomic determination species from the genus *Rubus*. RG37 accession was established as an intermediate material at the morphological level between species *R. glaucus* and some wild *Rubus* material. Morphological characterization also recognized phenotypic variability in *Rubus* materials and identified clusters within *R. glaucus* showing some accessions with higher closeness of vegetative characteristics from wild accessions. Additionally, it identified others which are better suited in commercial production, as well as some interactions of the region of origin in the phenotypic behavior of *R. glaucus* entries.

Additional key words: genetic resources, phenotypic descriptors, genetic diversity, phenotype.

Fecha de recepción: 15-06-2016 Aprobado para publicación: 24-11-2016

INTRODUCCIÓN

La mora pertenece al género *Rubus*, uno de los géneros de plantas más numerosos con aproximadamente 750 especies y con mayor adaptación ambiental ya que sus especies se encuentran distribuidas en todo el mundo, excepto en la Antártica (Alice y Campbell, 1999). La importancia del género se debe a varias especies frutícolas y ornamentales de valor económico y al interés ecológico por algunas arvenses (Alice y Campbell, 1999).

Las especies del género *Rubus* han acompañado la dieta humana desde la antigüedad en culturas de ambos hemisferios (Clark *et al.*, 2007). Desde el siglo IV a.e.c. en Roma se consumían frutos frescos y bebidas de frambuesas y zarzamoras y sus hojas se utilizaban en la preparación de té con fines terapéuticos (Patel *et al.*, 2004). De igual manera, los primeros reportes de los colonizadores españoles alrededor de los años 1500, indican la presencia de moras tanto en zonas insulares como en tierra firme del continente americano, las cuales describieron como plantas más vigorosas y en algunos casos con frutos de mayor tamaño que las especies europeas (Patiño, 2000). En los últimos años el interés en las moras y otras especies del género *Rubus* ha crecido gracias a sus altos contenidos de antocianinas, compuestos fenólicos y flavonoides por lo que son reconocidas en medicina y terapéutica como retardantes de la oxidación de los tejidos causantes del envejecimiento físico y mental (Patel *et al.*, 2004; Finn, 2008; Trivedi *et al.*, 2016).

Los mayores esfuerzos en mejoramiento de especies *Rubus* se han hecho en las zonas templadas, a cargo de la Universidad de Arkansas (Clark *et al.*, 2007), con el objetivo de desarrollar genotipos sin espinas, ramas erectas, frutos firmes y de mayor tamaño, alto rendimiento y en los últimos años en pro de buscar la fructificación de la rama primaria o principal, debido a que no produce frutos en el primer año de cultivo.

La Universidad de Arkansas evaluó la relación genética entre 32 cultivares de zarzamora norteamericanos, mediante análisis de pedigree, dilucidando hasta sus clones originarios. Se encontró que 19 clones contribuyen en la formación de los 32 cultivares; en particular, tres clones aportaron casi el 50% de los 32 cultivares, lo que evidencia una estrecha base genética (Stafne y Clark, 2004).

En los Andes de Colombia la mora pasó de ser una especie silvestre de consumo doméstico, a ser un cultivar de importancia comercial ganando rentabilidad e iniciándose su sistema de manejo agronómico. En consecuencia, la producción de mora en el país creció de 20.000 t año⁻¹ en 1992 a 90.000 t año⁻¹ en el 2008. En este mismo periodo, aumentó el área sembrada de 3.000 ha a 10.500 ha y a 11.673 en 2011, con rendimiento promedio alrededor de 8 t ha⁻¹. En los departamentos con mayor producción Cundinamarca, Santander y Antioquia, en los últimos 5 años se han alcanzado rendimientos de hasta 15 t ha⁻¹ (MADR, 2012).

El sistema de Bancos de Germoplasma de Colombia a cargo de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), ha consolidado una colección *ex situ* de especies *Rubus* constituida principalmente por material colectado en campos de agricultores y algunas especies silvestres; sin embargo, hay poco conocimiento acerca de la diversidad genética presente en las especies *Rubus* colombianas. Si bien es cierto que se han adelantado algunos trabajos en algunas regiones del país con materiales *Rubus* tanto silvestres como cultivados (Marulanda y Marquez, 2001; Morillo *et al.*, 2005; Zamorano *et al.*, 2007; Marulanda *et al.*, 2007), se hace necesario ampliar el conocimiento de colecciones de otras regiones de las cuales se carece de información y clarificar las estrategias de conservación, las necesidades adicionales de colecta y el uso del germoplasma en programas de selección y mejoramiento genético.

Con la finalidad de conocer y promover el uso del banco de germoplasma de especies *Rubus* colombianas, el objeto del presente trabajo fue describir la variabilidad genética presente en la colección de especies *Rubus* conservadas por Corpoica, mediante caracteres morfológicos para conocer su diversidad fenotípica.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se utilizaron 31 accesiones de la colección de germoplasma *ex situ* de *Rubus* mantenidas en Corpoica, Centro de Investigación "La Selva" en Rio-negro (Antioquia). La colección estuvo conformada por tres especies a saber: 29 accesiones *R. glaucus*, una accesión *Rubus urticifolius* y una de *Rubus floribundus* (Tab. 1). La determinación taxonómica de las accesiones de la colección de especies *Rubus* fue hecha con base en la clave de especies *Rubus* compendiada en la serie Flora del Ecuador (Romoleroux, 1996) y por expertos en el género *Rubus*, del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Para identificar (ID) los materiales se utilizó una nomenclatura combinada de letras y números donde las letras indican la especie a la cual pertenece cada accesión así RG: *R. glaucus*, RF: *R. floribundus* y RU: *R. urticifolius* (Tab. 1).

En cinco plantas por accesión y con edad de tres años, se midieron 22 variables cuantitativas en estructuras reproductivas, de las cuales nueve, también se midieron en estructuras vegetativas por lo que suman 31 descriptores y 16 variables cualitativas adaptadas con base en los descriptores usados para caracterizar

materiales *Rubus* del suroccidente colombiano (Zamorano *et al.*, 2007) (Tab. 2).

Para el análisis estadístico de los datos cuantitativos se realizaron análisis de componentes principales y análisis de conglomerados con el programa SPAD Versión 5.5 (Decisia, 2003). Se seleccionaron los componentes con valor propio ≥ 1 (Franco e Hidalgo, 2003). El programa SPAD utiliza el método de agrupamiento jerárquico de Ward para construir los dendrogramas, el cual busca maximizar la variación entre los grupos y minimizarla dentro de ellos (Ward, 1963). En el caso de los datos cualitativos se utilizó el programa MVSP 3.13 (*Multivariate Statistical Package*) (Kovach, 1999), para realizar el análisis de coordenadas principales (PCO, por su sigla en inglés) con base en el coeficiente de similitud de Gower (Gower, 1971). La conformación de los agrupamientos se realizó con el algoritmo de agrupamiento jerárquico UPGMA (*Unweighted pair-group method arithmetic average*).

RESULTADOS

Análisis de descriptores cuantitativos

El análisis de componentes principales de las variables de tipo reproductivo muestra que los primeros ocho componentes tienen valores propios superiores a 1 y son los de mayor relevancia en la medida que agrupan alrededor de un 84,78% de la variación total de los datos originales. El primer componente principal constituye el 31,42% de la varianza total explicada; de acuerdo con los datos de correlación las variables que más contribuyeron de manera positiva con este componente fueron longitud de peciolo en rama vegetativa y reproductiva, longitud del peciolulo en rama vegetativa y longitud del foliolo en rama reproductiva, otras variables que contribuyeron en menor proporción fueron la longitud del peciolulo en rama reproductiva, longitud del foliolo en rama vegetativa y el tamaño de las estípulas (Tab. 2). Por su parte, las variables número de aguijones en tallo reproductivo y vegetativo fueron las que más contribuyeron a este componente de forma negativa. Lo anterior indica que el primer componente agrupa accesiones con peciolos, peciolulos, foliolos y estípulas largos y menor número de aguijones en tallos (Tab. 2).

Se observa en la tabla 2 que la distinción que se realiza entre ramas vegetativas y reproductivas, para las variables de mayor correlación con los cuatro primeros

Tabla 1. Accesiones del banco de germoplasma de especies de *Rubus* spp. estudiadas.

Nº	ID	No. Accesoión Corpoica	Especie	Departamento	Municipio	Altitud (m)	Estado biológico
1	RF36	ILS 1817	<i>R. floribundus</i>	Antioquia	Santa Rosa	2.544	Silvestre
2	RG01	ILS 2282	<i>R. glaucus</i>	Caldas	Ríosucio	2.200	Nativo
3	RG02	ILS 2288	<i>R. glaucus</i>	Caldas	Villamaría	2.200	Nativo
4	RG03	ILS 2279	<i>R. glaucus</i>	Caldas	Pácora	2.000	Nativo
5	RG04	ILS 2276	<i>R. glaucus</i>	Caldas	Manzanares	2.100	Mejorado
6	RG05	ILS 2272	<i>R. glaucus</i>	Antioquia	Guarne	2.100	Nativo
7	RG09		<i>R. glaucus</i>	Desconocido			
8	RG10	ILS 2287	<i>R. glaucus</i>	Caldas	Salamina	1.900	Nativo
9	RG11	ILS 2273	<i>R. glaucus</i>	Caldas	Guática	1.800	Nativo
10	RG12	ILS 2370	<i>R. glaucus</i>	Huila			
11	RG13	ILS 2269	<i>R. glaucus</i>	Quindío	Córdoba	1.900	Mejorado
12	RG14	ILS 2283	<i>R. glaucus</i>	Caldas	Salamina	2.400	Silvestre
13	RG19	ILS 2274	<i>R. glaucus</i>	Antioquia	La Ceja	2.300	Nativo
14	RG20	ILS 2270	<i>R. glaucus</i>	Antioquia	Don Matías	2.430	Nativo
15	RG21	ILS 2284	<i>R. glaucus</i>	Caldas	Salamina	2.100	Nativo
16	RG22	ILS 2281	<i>R. glaucus</i>	Antioquia	Envigado	2.510	Nativo
17	RG23	ILS 2286	<i>R. glaucus</i>	Caldas	Salamina	2.100	Mejorado
18	RG24	ILS 2280	<i>R. glaucus</i>	Caldas	Manizales	2.430	Silvestre
19	RG25	ILS 2285	<i>R. glaucus</i>	Caldas	Salamina	2.100	Nativo
20	RG27	ILS 2268	<i>R. glaucus</i>	Caldas	Manizales	2.100	Silvestre
21	RG28	ILS 2271	<i>R. glaucus</i>	Antioquia	El Retiro	2.500	Nativo
22	RG31	ILS 1863	<i>R. glaucus</i>	Nariño	La Cocha	2.720	Material de agricultor
23	RG32	ILS 2277	<i>R. glaucus</i>	Valle	Tulúa		
24	RG38	ILS 2324	<i>R. glaucus</i>	Risaralda	Guática	2.200	Material de agricultor
25	RG40	ILS 2278	<i>R. glaucus</i>	Antioquia	Jardín	2.715	Silvestre
26	RG41	ILS 1884	<i>R. glaucus</i>	Antioquia	Medellín	2.518	Nativo
27	RG43	ILS 1857	<i>R. glaucus</i>	Nariño	La Cocha	2.810	Material de agricultor
28	RG45	ILS 1861	<i>R. glaucus</i>	Nariño	La Cocha	2.720	Material de agricultor
29	RG47	ILS 2362	<i>R. glaucus</i>	Caldas	Manizales		Nativo
30	RG48	ILS 2364	<i>R. glaucus</i>	Santander	Pie de Cuesta	2.150	Nativo
31	RU35	ILS 1865	<i>R. urticifolus</i>	Nariño	Sandoná	1.839	Silvestre

componentes principales no implica mayor relevancia en la diferenciación de accesiones *Rubus* spp.; ya que las variables tomadas en los dos tipos de ramas muestran correlaciones cercanas, como en el caso de longitud de peciolo donde la correlación es alta tanto en el caso de rama vegetativa como reproductiva.

En la figura 1 se observan las agrupaciones que se obtuvieron a partir del análisis de los 31 componentes principales utilizando todas las variables morfológicas en estudio, en el cual se conformaron tres grupos de cultivares. En el grupo uno se agruparon las dos especies silvestres evaluadas (*R. urticifolius* y *R. floribundus*), lo cual muestra sus diferencias morfológicas con respecto a la especie *R. glaucus*, evidenciadas en peciolos cortos, peciolulos y foliolos intermedios, un

mayor número de agujones en la hoja (promedio 26,58), mayor proporción de frutos cónicos y tallos de entrenudos largos (Tab. 3).

Con respecto a las agrupaciones 2 y 3 conformadas por accesiones de *R. glaucus*, el 2 se compone de accesiones con características más cercanas al grupo 1 de accesiones silvestres. En cambio, el grupo 3 conforma el brazo más distante en el análisis de agrupamientos. Por su parte, los cultivares de la especie *R. glaucus* se dividieron en los grupos 2 y 3, los cuales tuvieron en común una menor longitud de peciolo, menor número de agujones en hoja, entre 13 y 14; tallos con entrenudos cortos y menos frutos cónicos que las especies silvestres. El grupo 2 reunió seis accesiones de Antioquia y cinco de Caldas, de las catorce que lo

Tabla 2. Correlaciones entre los descriptores de *Rubus* spp. y los cuatro primeros componentes principales.

Descriptor	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
Descriptores en estructuras vegetativas				
Diámetro del tallo en ramas vegetativas	0,27	-0,40	-0,24	0,22
No. de aguijones en un tallo vegetativo	-0,58	-0,10	-0,49	-0,29
Longitud de entrenudos en un tallo vegetativo	-0,18	0,46	-0,58	0,45
Tamaño de estípulas en un tallo vegetativo	0,66	0,55	0,15	0,23
Longitud del foliolo terminal en un tallo vegetativo	0,74*	0,44	0,15	0,26
Ancho del foliolo terminal en un tallo vegetativo	0,69	0,48	0,15	0,13
Longitud del peciolo en un tallo vegetativo	0,90*	-0,01	-0,08	0,21
Longitud del peciolulo en un tallo vegetativo	0,82*	0,36	0,07	0,14
No. de aguijones en la hoja de un tallo vegetativo	-0,06	0,85*	-0,21	0,01
Descriptores en estructuras reproductivas				
Diámetro del tallo en ramas reproductivas DIAMTR	0,17	-0,28	-0,62	-0,18
Número de aguijones en un tallo reproductivo NAGTR	-0,67	0,16	-0,38	0,00
Longitud de entrenudos en un tallo reproductivo LENR	0,12	0,46	-0,45	0,57*
Tamaño de estípulas en un tallo reproductivo TAMESTR	0,73*	0,41	0,11	-0,19
Longitud del foliolo terminal en un tallo reproductivo LFOLR	0,81*	0,28	0,14	-0,20
Ancho del foliolo terminal en un tallo vegetativo ANFOLR	0,65	0,36	0,09	-0,41
Longitud del peciolo en un tallo reproductivo LPECR	0,92*	-0,02	-0,08	-0,05
Longitud del peciolulo en un tallo reproductivo LPLULOR	0,77*	0,40	0,09	-0,18
Número de aguijones en la hoja de un tallo reproductivo NAGHR	0,01	0,86*	-0,19	-0,25
No. de piezas de la corola NPCOR	-0,09	0,05	0,23	0,16
No. de piezas del cáliz NPCA	-0,47	0,52	0,22	0,25
Longitud del pétalo LPET	0,05	-0,22	0,50	-0,16
Ancho del pétalo APET	-0,43	0,37	0,14	-0,40
No. de frutos de forma primaria NFP	0,07	0,24	-0,76*	-0,28
No. de frutos de forma secundaria NFS	0,24	0,41	-0,51	-0,39
Peso del fruto PFRUT	0,63	-0,59	-0,06	0,04
Diámetro del fruto DFRUT	0,61	-0,71	-0,04	-0,04
Longitud del fruto LFRUT	0,71	-0,53	-0,22	0,06
Diámetro del receptáculo DREC	0,35	0,00	-0,30	0,08
Longitud del receptáculo LREC	0,66	-0,50	-0,30	0,09
No. de drupeolas NDRUP	0,57	-0,50	-0,30	-0,08
Rendimiento REND	0,45	0,03	0,12	-0,40

*Descriptores con las correlaciones más altas.

Tabla 3. Valores promedio de las características discriminantes en las agrupaciones obtenidas por análisis de conglomerados de caracteres cuantitativos en *Rubus* spp.

Descriptores cuantitativos que más aportan a la variabilidad morfológica	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	Especies silvestres	<i>R. glaucus</i> cultivadas	<i>R. glaucus</i> cultivadas
Longitud peciolo en rama vegetativa (cm)	7,38	10,08	11,19
Longitud peciolo en rama reproductiva (cm)	8,11	8,89	12,90
Longitud peciolulo en rama vegetativa (cm)	2,69	2,41	3,11
Longitud foliolo en rama reproductiva (cm)	9,81	9,46	11,17
No. de aguijones hoja en rama vegetativa	27,91	13,40	14,19
No. de aguijones hoja en rama reproductiva	26,58	13,13	14,68
Tamaño de estípulas en rama reproductiva (mm)	0,97	0,78	1,00
Número de frutos cónicos	13,33	11,57	11,96
Longitud de entrenudos en rama reproductiva (cm)	8,38	6,46	6,90
Número de piezas de la corola	5,15	5,18	5,02

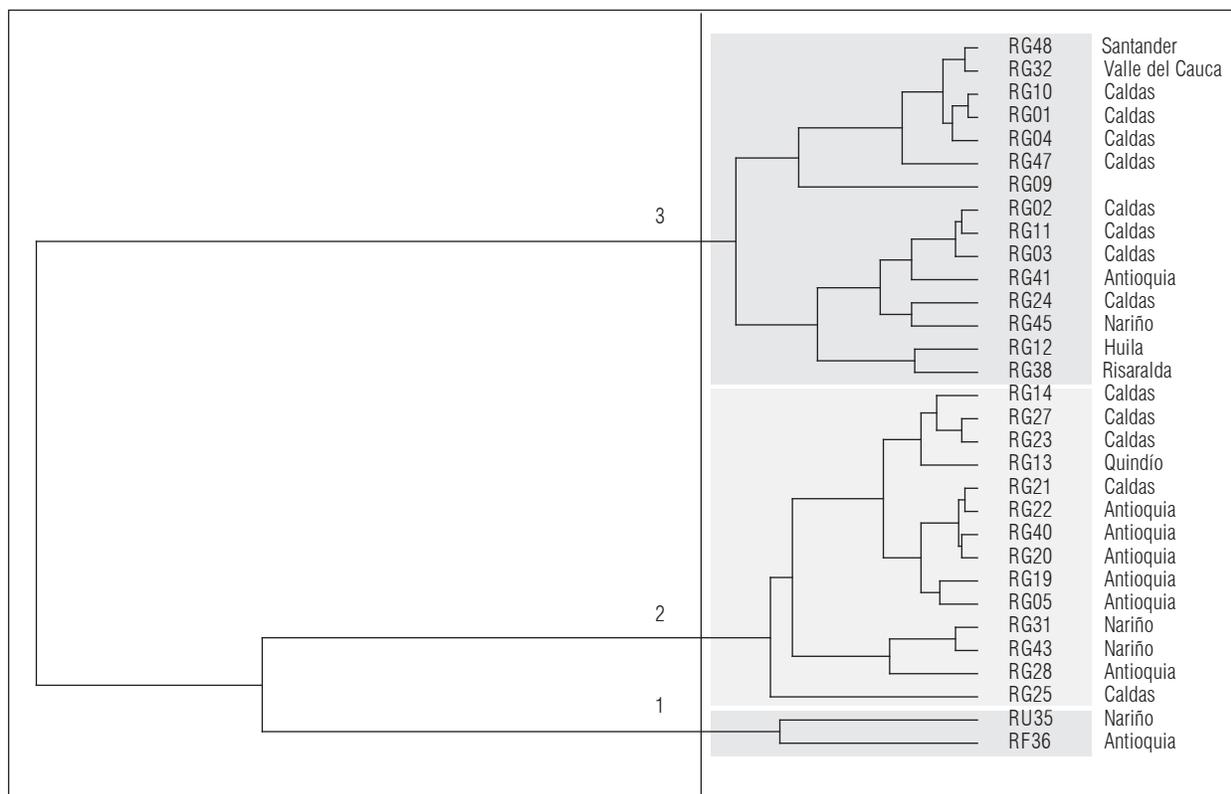


Figura 1. Dendrograma obtenido por análisis de componentes principales para 31 accesiones de *Rubus* spp. a partir de 31 variables cuantitativas. Análisis con SPAD 5.5.

cu: Cundinamarca; ri: Risaralda; sa: Santander; ca: Caldas; an: Antioquia; qu: Quindío; hu: Huila; na: Nariño; vc: Valle del Cauca.

componen; mientras que en el grupo 3 predominaron las accesiones colectadas en Caldas (Fig. 1; Tab. 3). En el grupo 2 clasificaron accesiones con peciolos (8,89 a 10,08 cm), peciolulos (2,41 cm) y foliolos (9,46 cm) de longitud entre corta e intermedia, mientras que en el grupo 3 se asociaron materiales con peciolos (11,19 a 12,90 cm), peciolulos (3,11 cm) y foliolos (11,17 cm) más largos. La accesión RG38, que se distingue por la ausencia de aguijones se asoció en el grupo 3.

Análisis de descriptores cualitativos

En el trabajo no se consideraron los descriptores cualitativos correspondientes al estado reproductivo debido a que no pudieron ser tomados en todas las accesiones consideradas, porque no presentaron floración o fructificación durante el momento de evaluación o como en el caso de la accesión RG37, la cual presentaba floración pero no cuajado de fruto bajo las condiciones del C.I. La Selva en Rionegro, Antioquia. También se señala que en las variables cualitativas la distinción entre tallo reproductivo y

vegetativo es insignificante en la diferenciación de los materiales de las especies *Rubus* spp. de la colección en estudio, debido a que no indican diferencias entre los dos tipos de tallo.

Con una similitud de 0,6 encuentran concordancia las especies silvestres *R. urticifolius* y *R. floribundus* con el conjunto de accesiones de materiales cultivados *R. glaucus* debido a que comparten la característica forma de la hoja ovada-elíptica. Con una similitud de alrededor de 0,89 se establecen cuatro agrupaciones de las accesiones *Rubus* (Fig. 2; Tab. 4).

Las dos accesiones correspondientes a especies silvestres (*R. urticifolius* y *R. floribundus*) conforman el grupo 4 con una similitud de 0,77 entre ellas. Las características que las diferencian de la especie *R. glaucus* son la ausencia de cera en los tallos, los tallos acanalados, la presencia de pubescencia en los tallos, los aguijones tanto rectos como recurvados en tallo y hoja, las hojas son palmeadas o combinan palmeadas y trifoliadas, el margen de la hoja es serrado, la base de la hoja es obtusa, el ápice de la hoja es agudo y el color del envés es verde (Fig. 2; Tab. 4).

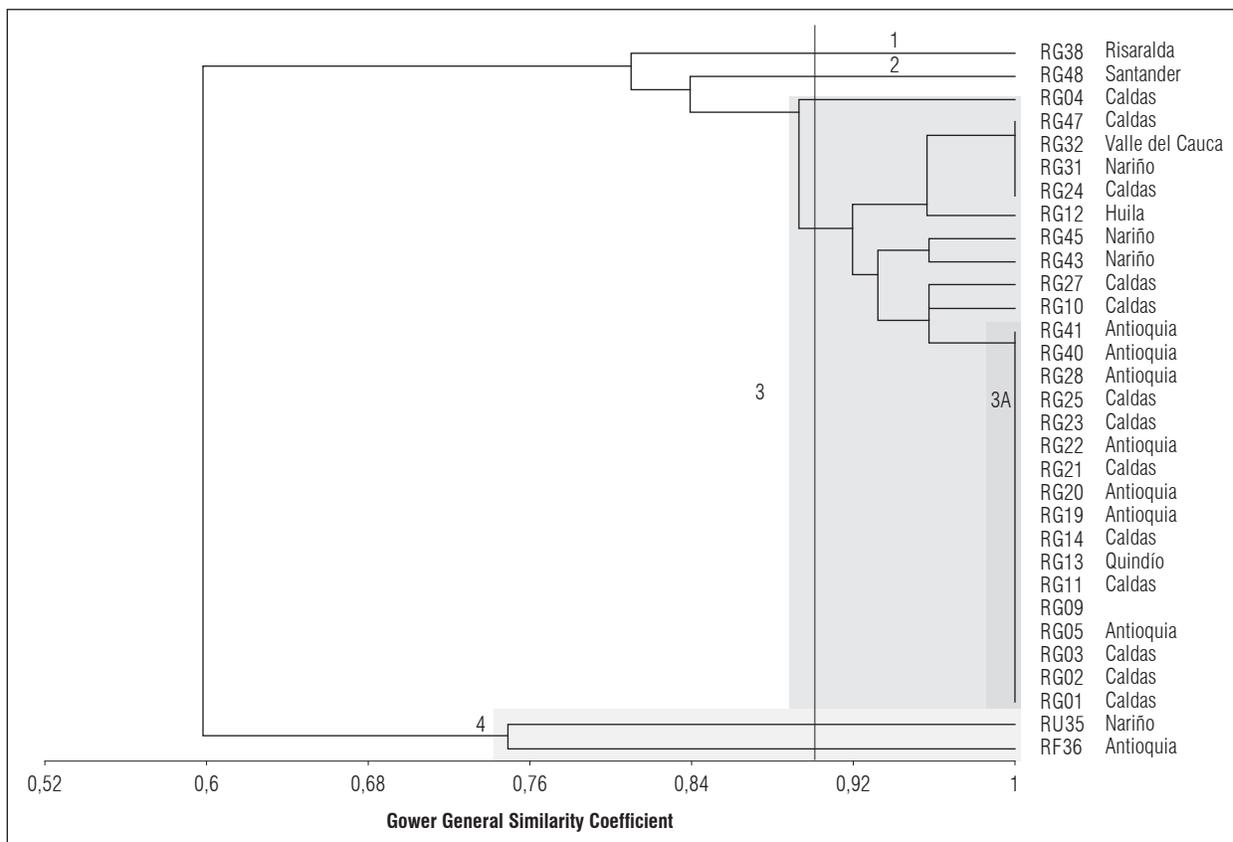


Figura 2. Dendrograma obtenido por análisis de coordenadas principales para 31 accesiones de *Rubus* spp., a partir de 26 variables cualitativas con MVSP 3.13.

Tabla 4. Características de las agrupaciones obtenidas por análisis de conglomerados, con base en el análisis de coordenadas principales en *Rubus* spp.

Descriptor cualitativo	Grupo 1 <i>R. glaucus</i> Sin espinas	Grupo 2 <i>R. glaucus</i> Pie de Cuesta	Grupo 3 <i>R. glaucus</i>	Grupo 3A <i>R. glaucus</i>	Grupo 4 Silvestres
Cerosidad del tallo*	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente
Forma del tallo*	Redondo	Redondo	Redondo	Redondo	Acanalado
Pubescencia en el tallo*	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
Forma de aguijones del tallo*	Rudimento	Recurvados	Rectos y Recurvados	Rectos y Recurvados	Rectos y Recurvados
Base del aguijón en el tallo*	Angosta	Amplia	Amplia	Amplia	Amplia
Forma de los aguijones de la hoja*	Rudimento	Recurvados	Recurvados	Recurvados	Rectos y Recurvados
Base del aguijón en la hoja*	Angosta	Amplia	Amplia	Amplia	Amplia
Forma de la hoja*	Trifoliada	Trifoliada	Trifoliada	Trifoliada	Trifoliada y palmeada
Margen de la hoja*	Biserrado	Biserrado	Biserrado	Biserrado	Serrado
Base de la hoja (V)	Subcordada	Subcordada y Subtruncada	Subtruncada	Subcordada	Obtusa
Base de la hoja (R)	Subcordada	Subtruncada	Subcordada	Subcordada	Obtusa
Ápice de la hoja*	Acuminado	Acuminado	Acuminado	Acuminado	Agudo
Forma del foliolo*	Ovado-elíptico	Ovado-elíptico	Ovado-elíptico	Ovado-elíptico	Ovado-elíptico
Color del envés*	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Verde

*En tallo vegetativo y reproductivo; V: tallo vegetativo; R: tallo reproductivo.

Las accesiones *R. glaucus* presentan una similitud de 0,81 y sus características cualitativas comunes son: la cerosidad del tallo, el tallo redondo, la ausencia de pubescencia en el tallo, el margen de la hoja biserrado, el ápice de la hoja acuminado y el color blanco en el envés de la hoja (Fig. 2; Tab. 4).

El grupo 3 se encuentra constituido por 27 accesiones de *R. glaucus*, provenientes de diferentes departamentos productores de mora. Dentro de este grupo se encuentra una subdivisión denominada 3A, compuesta por 17 materiales en su mayoría provenientes de Antioquia y Caldas, idénticos (similitud igual a 1) en todas las características cualitativas entre ellos. La característica por la que difieren del resto del grupo 3 es la base de la hoja subcordada en ramas vegetativas, mientras que los demás materiales del grupo la tienen subtruncada (Fig. 2; Tab. 4).

Al grupo 2 pertenece la accesión RG48 "Pie de Cuesta", la cual se diferencia del grupo 3 por presentar solo aguijones recurvados, la base de la hoja en tallo reproductivo es subtruncada en lugar de subcordada, mientras que en el tallo vegetativo la base de la hoja puede ser tanto subcordada como subtruncada. El grupo 1 está compuesto por la accesión RG38 "Sin Espinas", la cual difiere del resto de accesiones *R. glaucus* en la presencia de rudimentos de aguijones, en lugar de los aguijones característicos en especies *Rubus*, también se diferencia porque la base de estos rudimentos es angosta y no amplia como en las demás accesiones de *R. glaucus* (Fig. 2; Tab. 4).

DISCUSIÓN

Análisis de descriptores cuantitativos

Se encontró que las variables con correlaciones más altas con los cuatro primeros componentes principales, los cuales agrupan el 60% de la variación total fueron: longitud del peciolo tanto de rama reproductiva como vegetativa, longitud del peciolulo de rama vegetativa, longitud del foliolo de rama reproductiva, número de aguijones por hoja de rama vegetativa y reproductiva, longitud de entrenudos de rama reproductiva, número de frutos de forma primaria o cónicos y número de piezas de la corola. Por tanto, estos descriptores son los que más aportan en la discriminación de las accesiones de la colección en estudio de los materiales de *Rubus* spp. de la colección en estudio.

Zamorano *et al.* (2007) reportaron en materiales colectados en Valle, Cauca y Nariño de las especies *R. glaucus*, *R. urticifolius* y *R. robustus*, siete componentes principales agrupando el 78% de la variabilidad de 22 variables cuantitativas. Las variables en las que coincidieron el análisis de componentes hecho por Zamorano *et al.* (2007) y el de este estudio debido a que más aportan a la variabilidad en las evaluaciones de materiales *Rubus* fueron cinco: longitud del peciolo en ramas vegetativas y reproductivas, longitud del peciolulo de ramas vegetativas y longitud de entrenudos de ramas reproductivas. Sin embargo, el estudio de Zamorano *et al.* (2007) fue relevante el ancho de foliolo de rama vegetativa, mientras que en la colección de Corpoica fue más importante la longitud del foliolo de rama vegetativa y además se incluyeron las variables número de aguijones por hoja en rama vegetativa y reproductiva, resultado similar al reportado por Trivedi *et al.* (2016) en un estudio de diversidad genética de nueve especies de *Rubus* en la región del Himalaya Central, quienes encontraron que las características de ancho y largo de los foliolos terminales son las de mayor importancia para la discriminación de las accesiones. A nivel reproductivo no coincidieron las observaciones en ninguna variable, ya que este análisis incluyó los descriptores: número de frutos de forma cónica y número de piezas de la corola, mientras que Zamorano *et al.* (2007) identificaron peso del fruto, longitud del receptáculo y número de drupas como las variables con mayor aporte en la discriminación de especies de *Rubus* a nivel reproductivo. De acuerdo, con el análisis de componentes principales de Marulanda y López (2009), las variables que agrupan mayor variación en materiales de *R. glaucus* de la zona cafetera colombiana son: longitud del foliolo de rama vegetativa, la cual coincide con los resultados de este estudio en lo relacionado con diámetro del tallo de rama vegetativa y número de ramas vegetativas que no fueron distintivas de la colección examinada.

En la caracterización morfológica realizada por Zamorano *et al.* (2007), se descartaron las variables número de piezas de la corola y número de piezas del cáliz debido a que no fueron discriminantes en la colección estudiada, pero en esta investigación se incluyeron, siendo la primera discriminante entre las accesiones de la especie cultivada y las accesiones silvestres.

En el dendrograma obtenido a partir del análisis de componentes principales se observó la conformación de tres grupos, el primero se refiere a las dos especies

silvestres, mientras que los materiales de *R. glaucus* se agruparon en los grupos dos y tres. Sin embargo, el grupo 2 con individuos de *R. glaucus* es más cercano al grupo uno de materiales silvestres que al grupo tres conformado por otros *R. glaucus*. La mayor afinidad entre estos dos grupos se debe principalmente a la similitud en características de las hojas como una menor longitud en peciolo en rama reproductiva, peciolulo en rama vegetativa y foliolo en rama reproductiva comparado con el grupo 3 (Tab. 3). Mientras que los descriptores que tienen en común los grupos dos y tres son: mayor longitud de peciolo en rama vegetativa, menor número de aguijones en ambos tipos de rama, mayor número de frutos de forma cónica y entrenudos en rama reproductiva más cortos que las especies silvestres. Por tanto, pareciera que dentro de *R. glaucus* hay algunas accesiones intermedias con mayor cercanía o introgresiones de las accesiones silvestres y otras que han sido objeto de selección hacia características de interés comercial. Queda claro que hay características que distinguen los materiales silvestres de los cultivados como la disminución en el número de aguijones en hoja, en la longitud de los entrenudos e incremento en el tamaño de órganos fuente como foliolos, peciolo y peciolulos. Zamorano *et al.* (2007) indican que en su colección los descriptores cuantitativos fueron más útiles para identificar caracteres comunes entre materiales que para distinguir entre especies.

El análisis de componentes principales basado en características cuantitativas evidencia variabilidad a nivel fenotípico entre y dentro de los materiales de *Rubus* evaluados. Se observa en el agrupamiento a partir del análisis de componentes principales, que hay una tendencia con algunas excepciones, a encontrar accesiones de *R. glaucus* provenientes de Caldas en el grupo 3 con 8 materiales de 15 que lo componen. Por su parte, el grupo 2 involucra en mayor proporción materiales de *R. glaucus* originarios de Antioquia (6 accesiones de 14). Podría considerarse que para la colección en estudio el lugar de origen puede tener alguna influencia por procesos de adaptación a alguna condición ambiental específica o por los criterios de selección a los que haya habido lugar, de manera que se vea reflejado en la respuesta fenotípica de los materiales; las accesiones de Antioquia fueron colectadas en clima frío con altitud promedio superior a 2.500 msnm, mientras que las de Caldas se colectaron en clima frío moderado a 2.100 msnm, esta condición diferencial de altitud puede causar, a su vez, un gradiente altitudinal en la vegetación, así en el caso de *Rubus* en la región del Himalaya Central según Trivedi *et al.*

(2016) las plantas muestran adaptación específica a ciertas condiciones ambientales, en *R. ellipticus* que crece a 1.200 msnm el índice de área foliar (IAF) es estadísticamente superior a otras especies colectadas a altitudes superiores a 1.480 msnm. Según Ellstrand y Rose (1987) a nivel ecológico las diferencias entre genotipos pueden validar el argumento de que diferentes modos de selección pueden estar involucrados en el mantenimiento de la diversidad clonal a nivel local, independiente del modo de reproducción.

Análisis de descriptores cualitativos

Zamorano *et al.* (2007) descartaron la característica de color del envés verde por no ser discriminante para su colección con el análisis de componentes principales, pero en esta evaluación al utilizar el análisis de coordenadas principales, esta característica diferenció las especies silvestres *R. urticifolius* y *R. floribundus* de las accesiones de *R. glaucus* que presentaron envés blanco (Tab. 4). Mediante el análisis de agrupamiento basado en el índice de similitud de Dice, Zamorano *et al.* (2007) obtuvieron tres agrupaciones claras por cada una de las especies en estudio. De igual manera, las tres especies aquí evaluadas (*R. glaucus*, *R. urticifolius* y *R. floribundus*) se agruparon de manera separada, mostrando mayor cercanía entre sí los individuos de las accesiones *R. urticifolius* y *R. floribundus*.

El análisis de las características cualitativas sugiere que las entradas de *R. glaucus* de la colección tienen una alta similitud y se determinan tres agrupaciones dentro de la población *R. glaucus*. La agrupación 3A en la figura 2 muestra que la característica hoja subcordada es prevalente en materiales provenientes de Caldas y Antioquia y diferencial con respecto a los grupos 1 y 2. Los grupos 1 y 2 se conforman cada uno de una sola accesión que se diferencian de los demás materiales principalmente por características referentes a los aguijones.

Se debe destacar la accesión RG38, la cual parece ser más domesticada ya que se distingue de las demás accesiones por la presencia de rudimentos de aguijón, es decir que el aguijón que se encuentra en la mayoría de materiales de *R. glaucus* ha sufrido una modificación hacia una estructura menos rígida, de manera que las labores de campo y cosecha se facilitan con este tipo de plantas; mientras el resto de características fenotípicas a nivel cualitativo son comunes con las otras entradas de *R. glaucus*. En cuanto a sus características cuantitativas, RG38 no muestra alguna distinción

notable con los materiales *R. glaucus*, se agrupa en el grupo 3 de la figura 1, que se destaca por tener órganos vegetativos de mayor tamaño (longitud de folíolos, peciolos y peciolulos) lo cual podría verse reflejado en frutos más grandes. En ese mismo sentido, Marulanda y López (2009) indican que los genotipos sin aguijones tienen la misma productividad y tamaño de fruto que los materiales con aguijones. La característica "sin espinas" se ha observado en otras especies de zarzamoras *Rubus* y a nivel comercial ha tenido importancia en el desarrollo de variedades (Coyner *et al.*, 2005; Clark *et al.*, 2007). En Colombia la característica "Sin Espinas" puede tener un impacto importante en la producción de mora ya que al mejorar la eficiencia en las labores de campo se pueden reducir costos de producción. No obstante, la ausencia de aguijones es una característica que ha mostrado tanto herencia dominante como recesiva (Coyner *et al.*, 2005), por tanto es prioritario conocer el tipo de herencia en los materiales de *R. glaucus* para el uso de éstos cultivares como parentales en un programa de mejoramiento.

Según Yang *et al.* (2010), dentro de las ventajas evolutivas que confiere la poliploidía está el aumento de la heterocigosidad y un mayor conjunto de genes y alelos sobre los cuales puede actuar la selección. En alopoliploides como se considera a *R. glaucus* pueden fijarse las interacciones positivas de genes homólogos entre los genomas alternos, lo cual tiene un comportamiento similar a la heterosis en organismos diploides. La interacción de individuos con este tipo de conformación genética con distintos ambientes puede ser causante de fenotipos alternativos de un genotipo dado con adaptación o no a diferentes condiciones, como lo advierten Ellstrand y Rose (1987) en poblaciones clonales.

Con base en el análisis cualitativo se puede sugerir que la población de *R. glaucus* de la colección puede estar conformada por pocos genotipos con diferentes grados de dispersión, como se ha observado en varias especies de *Rubus* cuya reproducción es principalmente de carácter apomítico o vegetativo (Nybom y Schaal, 1990; Korpelainen *et al.*, 1999). De acuerdo con Korpelainen *et al.* (1999), en poblaciones de *R. chamaemorus* el contraste entre una baja diversidad genética frente a una amplia variabilidad morfológica es de importancia tanto para la domesticación de la especie como para el trabajo en mejoramiento genético, ya que la labor de selección de genotipos sobresalientes tiene una importante influencia de la interacción con el ambiente.

CONCLUSIONES

Los descriptores morfológicos permitieron hacer distinciones claras entre las tres especies de *Rubus* en estudio. El análisis de los datos cuantitativos y cualitativos mostraron variabilidad en toda la colección de *Rubus* a nivel morfológico incluso en los materiales *R. glaucus*. También se identificaron algunas asociaciones entre la respuesta fenotípica y el departamento de origen, de manera que los genotipos *R. glaucus* en particular pueden mostrar variaciones en su respuesta fenotípica según el ambiente en el que han sido objeto de selección. La variabilidad morfológica de la colección de *Rubus* estudiada es importante para ser utilizada en programas de fitomejoramiento para obtener genotipos de mora con ciertos caracteres vegetativos y reproductivos que permitan incentivar su cultivo en las condiciones ambientales de las principales zonas de producción en Colombia.

Agradecimientos

Al investigador Juan Carlos Granados Tochoy, Curador del Herbario de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, y al profesor Edgar Leonardo Linares Castillo, experto en el género *Rubus*, del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, por su aporte en la revisión taxonómica de la colección de especies *Rubus*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alice, L.A. y C.S. Campbell. 1999. Phylogeny of *Rubus* (Rosaceae) based on nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacer region sequences. *Am. J. Bot.* 86, 81-97. Doi: 10.2307/2656957
- Clark, J.R., E.T. Stafne, H.K. Hall y C.E. Finn. 2007. Blackberry breeding and genetics. *Plant Breed. Rev.* 29, 17-146. Doi: 10.1002/9780470168035.ch2
- Coyner, M.A., R. Skirvin, M.A. Norton y A.G. Otterbacher. 2005. Thornlessness in blackberries: A review. *Small Fruits Rev.* 4, 83-106. Doi: 10.1300/J301v04n02_09
- Decisia. 2003. SPAD Data mining and text mining. Paris.
- Ellstrand, N.C. y M.L. Roose. 1987. Patterns of genotypic diversity in clonal plant species. *Am. J. Bot.* 74, 123-131. Doi: 10.2307/2444338
- Finn, C. 2008. *Rubus* spp., blackberry. pp. 348-351. En: Janick, J. y R.E. Paull (eds.). *The encyclopedia of fruits and nuts*. CABI, Cambridge, MA.

- Franco, T.L. y R. Hidalgo. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Bol. Téc. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia.
- Gower, J.C. 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics* 27, 857-871. Doi: 10.2307/2528823
- Korpelainen, H., K. Antonius-Klemola y G. Werlemark. 1999. Clonal structure of *Rubus chamaemorus* populations: comparison of different molecular methods. *Plant Ecol.* 143, 123-128. Doi: 10.1023/A:1009898209220
- Kovach, W.L. 1999. MVSP: Multivariate Statistical Package for Windows, 3.13 ed. Kovach Computing Services, Wales.
- Marulanda, M. y A. Lopez. 2009. Characterization of thornless *Rubus glaucus* in Colombia. *Can. J. Pure Appl. Sci.* 3, 875-885.
- Marulanda, M., A.M. Lopez y S. Aguilar. 2007. Genetic diversity of wild and cultivated *Rubus* species in Colombia using AFLP and SSR markers. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* 7, 242-252. Doi: 10.12702/1984-7033.v07n03a03
- Marulanda, M. y M.d.P. Marquez. 2001. Caracterización de la diversidad de *Rubus glaucus* Benth. con marcadores moleculares RAPD. *Actual. Biol.* 23, 57-63.
- MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2012. Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2007-2011 y sus calendarios de siembras y cosechas. Resultados Evaluación Agropecuaria Municipal 2011. Ed. J.L. Impresores Ltda., Bogotá.
- Morillo, A.C., Y. Morillo, J.E. Muñoz, H.D. Vásquez y A. Zamorano. 2005. Caracterización molecular con microsatélites aleatorios RAMs de la colección de mora, *Rubus* spp., de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. *Acta Agron.* 54, 1-15.
- Nybmom, H., S.H. Rogstad y B.A. Schaal. 1990. Genetic variation detected by use of the M13 "DNA fingerprint" probe in *Malus*, *Prunus*, and *Rubus* (Rosaceae). *TAG Theor. Appl. Genet.* 79, 153-156. Doi: 10.1007/BF00225944
- Patel, A.V., J. Rojas-Vera y C.G. Dacke. 2004. Therapeutic constituents and actions of *Rubus* species. *Curr. Med. Chem.* 11, 1501-1512. Doi: 10.2174/0929867043365143
- Patiño, V.M. 2000. Historia y dispersión de los frutales nativos del neotrópico. Vol. 326. Cali, Colombia.
- Romoleroux, K. 1996. Rosaceae. pp. 169. En: Harling, G. y L. Anderson (eds.). *Flora del Ecuador*. Vol. 56. University of Goteborg, Gothenburg, Suecia.
- Stafne, E.T. y J.R. Clark. 2004. Genetic relatedness among eastern North American blackberry cultivars based on pedigree analysis. *Euphytica* 139, 95-104. Doi: 10.1007/s10681-004-2436-4
- Trivedi, A.K., S.K. Verma y R.K. Tyagi. 2016. Variability in morpho-physiological traits and antioxidant potential of *Rubus* species in Central Himalayan Region. *Ind. Crops Prod.* 82, 1-8. Doi: 10.1016/j.indcrop.2015.12.022
- Ward, J. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Amer. Stat. Assoc.* 58, 236-244. Doi: 10.1080/01621459.1963.10500845
- Yang, X., C.-Y. Ye, Z.-M. Cheng, T. Tschaplinski, S. Wullschleger, W. Yin, X. Xia y G. Tuskan. 2010. Genomic aspects of research involving polyploid plants. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 1-11. Doi: 10.1007/s11240-010-9826-1
- Zamorano, A., A.C. Morillo, Y. Morillo, H. Vásquez y J. Muñoz. 2007. Caracterización morfológica de mora en los departamentos de Valle del Cauca, Cauca y Nariño, de Colombia. *Acta Agron.* 56, 51-60.