

# Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz) en la zona altoandina de Colombia



© © Gustavo Adolfo Ligarreto M. © © Editor



# Variabilidad morfológica en agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz) en la zona altoandina de Colombia



Racimo floral de agraz bajo amplia exposición solar. Municipio de Ráquira, Boyacá.

Clara Inés Medina<sup>1</sup>  
Mario Lobo<sup>2</sup>  
María del Pilar Patiño<sup>3</sup>  
Gustavo Adolfo Ligarreto<sup>4</sup>  
Óscar Arturo Delgado<sup>5</sup>  
Sergio Andrés Lopera<sup>6</sup>  
Juan Lázaro Toro<sup>7</sup>

## Resumen

El agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz) ha sufrido erosión genética por deforestación y extractivismo no sostenible. Por ello se ubicaron poblaciones espontáneas para colecta y establecimiento de una colección con miras a la conservación y a la aplicación de procesos de valor agregado que permitan su utilización en la reforestación y en procesos productivos. Por lo mismo, se realizó un estudio de caracterización y evaluación fenotípica *in situ*, con poblaciones espontáneas de agraz o mortiño, en la zona altoandina del altiplano norte y el oriente del departamento de Antioquia y de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Santander, con el empleo de una lista de descriptores desarrollado por Corpoica y Corantioquia. Se apreció fragmentación de la metapoblación estudiada y amplia variabilidad morfológica cualitativa y cuantitativa, con diferen-

### Palabras clave:

Caracterización, *in situ*, poblaciones silvestres, variabilidad, colecta.

<sup>1,5</sup> Investigadores C.I. "La Selva", Corpoica, Rionegro Antioquia. cmedina@corpoica.org.co, odelgado@corpoica.org.co

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo, Ph.D. Investigador Titular, Corpoica, C.I. "La Selva", Rionegro, Antioquia y Profesor Asociado, Universidad Nacional, Sede Medellín. mlobo@corpoica.org.co

<sup>3</sup> Ingeniera Agrónoma, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. mppatinog@unal.edu.co

<sup>4</sup> Ingeniero Agrónomo, Ph.D. Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá. galigarretom@unal.edu.co

<sup>6</sup> Agrónomo Zootecnista, Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Antioquia. homoaguti@hotmail.com

<sup>7</sup> Profesional Especializado, Subdirección de Ecosistemas, Corantioquia. jtoro@corantioqui.gov.co



ciación por ambos tipos de atributos entre todos los demes estudiados. Los dendrogramas permitieron observar dos grandes conglomerados; el primero integrado por poblaciones de Nariño, Boyacá, el altiplano norte de Antioquia, Cundinamarca y Santander y el segundo por materiales del altiplano norte y del oriente antioqueños. Se colectaron las poblaciones para su conservación y aplicación de procesos de valor agregado, en condiciones *ex situ*, y su utilización posterior.



## Abstract

### Morphological variability of Colombian blueberry (*Vaccinium meridionale* Swartz) in the Andean region of Colombia

Colombian blueberry (*Vaccinium meridionale* Swartz) has undergone genetic erosion by deforestation and unsustainable extraction. Based on the wild local populations, for collection and establishment, were established plant collections aimed at conservation and implementation of value-added processes that allow using these in reforestation and production processes. For such purpose, a preliminary *in situ* study of phenotypic characterization and evaluation was carried out in wild populations of Colombian blueberry found in the Andean highlands of East and North Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Nariño and Santander, employing a descriptor list developed by Corpoica and Corantioquia. Metapopulation fragmentation was observed at the target areas. Also, ample qualitative and quantitative morphological variability between the studied subpopulations was observed. The dendrogram obtained exhibited two large clusters of local populations: the first one composed of populations from Nariño, Boyacá, North Antioquia, Cundinamarca and Santander and the second one composed of populations from the North and East Andean zone of Antioquia. The plants were collected from all studied populations for *ex situ* conservation and implementation of value-added processes towards their further utilization.

**Key words:**

Characterization, *in situ*, wild populations, variability, collect.



## ●● Introducción

El agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz) pertenece a la familia ericaceae, sección *Cyanococcus* (Luteyn, 2002), es una planta altoandina incluida en el conjunto de las llamadas especies relegadas, las cuales corresponden a aquellas que han sido ignoradas por la ciencia y el desarrollo, pero que se usan en las áreas de adaptación, con competitividad (Hammer *et al.*, 2001), aspecto que ocurre con otros taxa del género, explotados en diversas zonas del mundo. El género *Vaccinium* se encuentra en la mayoría de los continentes, excepto en la Antártica (Luteyn, 2002), en Australia (Boches *et al.*, 2005) y la mayor parte de África (Vander Kloet, 1990). Éste es un conjunto muy diverso desde la óptica morfológica, con 150 a 450 especies (Huxley, 1992; LBHB, 1976; Vander Kloet, 1988).

El grupo exhibe una amplia distribución geográfica, ocurriendo en zonas tropicales frías y templadas; las plantas prosperan en suelos ácidos (pH de 4 a 5,2), húmedos, bien drenados y abundantes en material orgánico (3 a 15 %) (LHBH, 1976). Muchas especies de *Vaccinium* se establecen rápidamente en suelos intervenidos por el hombre o expuestos (Vander Kloet, 1988). En Suramérica los taxa del género se concentran en el noroccidente, en hábitats de montañas de zonas frías y húmedas, entre los 1 500 y 3 000 msnm, principalmente en Colombia, Ecuador, Jamaica, Perú y Venezuela, donde casi el 50% de las especies son epífitas y aproximadamente el 94% son endémicas (Luteyn, 1989).

La importancia de los *Vaccinium* deriva de la presencia de metabolitos secundarios con propiedades antioxidantes, lo cual se ha reconocido en las taxa con bayas azules (“blueberries”), al cual pertenece el agraz o mortiño (Heinonen, 2002). Al respecto, se ha reportado en los *Vaccinium* azules tipo arándano, un contenido elevado de antioxidantes polifenólicos, los que incluyen antocianinas y flavonoides (Heinonen, 2002). Lo anterior ha sido comprobado en estudios realizados en diversas partes del mundo (Kalt *et al.*, 1999; Heinonen *et al.*, 1998; Wang *et al.*, 1996; Kähkönen *et al.*, 1999; García-Alonso *et al.*, 2001; Prior *et al.*, 1998, y Smith *et al.*, 2000). La presencia de antocianinas y fenoles en los *Vaccinium* azules, a los cuales pertenece el mortiño y otros taxa del género, ha sido asociada con la reducción en los riesgos de adquirir cáncer por la inhibición en el crecimiento de las células malignas (Matchett *et al.*, 2005), y también con una disminución en el proceso de evolución del mal de Alzheimer y del envejecimiento prematuro (Joseph *et al.*, 1999). Adicionalmente, a través de animales de laboratorio se ha encontrado que las bayas de este clado tienen



efecto sobre la presión sanguínea, la disminución de niveles de colesterol, las enfermedades de tracto urinario y la reducción en el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Halliwell *et al.*, 1995).

Las especies del género *Vaccinium* tienen demanda mundial amplia, cuya producción se obtiene a partir de plantas silvestres o cultivadas (Pliszka, 1997). En el primer caso, como ejemplo, en los países nórdicos se estima que la cosecha de la fruta y otras bayas en los bosques de Finlandia y Dinamarca es del orden de 40 y 35 millones de kilogramos anuales, respectivamente (diversos autores, citados por Saastamoinen *et al.*, 2000).

En Colombia la fruta era consumida en la parte altoandina por generaciones anteriores de las comunidades locales, lo cual cambió por factores culturales y aun religiosos (Lopera, 2005). La situación se ha revertido y hay una demanda creciente actual para su utilización en diversas formas como son: repostería, jugos, helados, bebidas alcohólicas, etc. (Corantioquia, 2003), con interés del establecimiento de cultivos con fines de exportación por un mercado creciente, en especial en los países desarrollados.

Por lo expuesto sobre aumento en el consumo mundial y nacional, el mortiño es un cultivo potencial para el país, con posibilidades económicas y también con contenido social, ya que el nicho ecológico del taxón, ubicado en el piso montano, entre los 2 200 y 3 200 msnm, coincide con el límite superior de la zona agroecológica de siembra de cultivos ilícitos (Morello y Matteucci, 2001), lo cual señala que podría ser una alternativa de reconversión para estos.

Las posibilidades de exportación de esta baya se facilitan por el permiso de importación concedido a Colombia por la Agencia Fitosanitaria de los Estados Unidos de América, luego de aplicar un tratamiento para la mosca de las frutas, de acuerdo con el Registro Federal, volumen 70, No. 235 de 2005 (Registro Federal, USDA-APHIS, 2006), país que introduce por año alrededor de 28 000 toneladas de *Vaccinium* azules o blueberries, las que provienen principalmente del Cono Sur (Orduz, 2006).

Cabe señalar que el mortiño o agraz se encuentra en la actualidad en un proceso de deterioro de sus poblaciones naturales. La situación se ha magnificado por la reconversión de áreas agrícolas, con fragmentación de los bosques, donde éstas se encuentran y por el desarrollo de un proceso extractivista



no sostenible derivado del incremento en la demanda de la fruta (Lopera, 2005).

Como respuesta a lo anterior, y con el apoyo de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia) y del Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” (Colciencias), se ubicaron poblaciones espontáneas de mortiño o agraz, en la parte altoandina de los departamentos de Antioquia, Boyacá Cundinamarca, Nariño y Santander. Igualmente, se colectaron plantas “nacederas” y semilla en aquellos conjuntos en donde fue posible obtener frutos maduros; se llevó a cabo, en condiciones *in situ*, un proceso de descripción morfológica de cada deme, mediante un listado de descriptores desarrollado por Corpoica y Corantioquia y se establecieron colecciones de campo en el Centro de Investigación C.I. “La Selva”, Rionegro, Antioquia, de Corpoica y la granja “Marango”, Mosquera, Cundinamarca, de la Universidad Nacional de Colombia. Lo precedente permitirá la conservación, el estudio de la variabilidad de los demes obtenidos y la utilización de este capital biológico del país en procesos productivos y de repoblamiento de bosques.

Las acciones anteriores están en línea con lo afirmado por Flórez (1994), en el sentido de que: la diversidad de especies, hábitat, ecosistemas de los biomas y genomas constituyen parte esencial del patrimonio de un país, de sus habitantes y por ende de la humanidad, adicionando el autor que la supervivencia del hombre y la consecución y utilización del desarrollo sostenible, solo puede lograrse mediante su conservación y utilización racional y que los recursos genéticos son esenciales para el desarrollo de la agricultura, con aumento en la producción de alimentos, para mitigar la pobreza y promover el crecimiento económico.

En el escrito presente se incluye información de las poblaciones ubicadas, la variabilidad morfológica en condiciones *in situ* y una breve descripción de la colección *ex situ*, establecida en el C.I. “La Selva”, Rionegro, Antioquia.

### ◎○ Poblaciones ubicadas

En el proceso se encontraron y colectaron 175 poblaciones de mortiño, en 12 municipios de Antioquia, 1 de Cundinamarca, 3 de Boyacá, 2 de Nariño y 1 de Santander, las cuales se incluyen en la tabla 1.



**Tabla 1** Poblaciones de agraz o mortiño identificadas y colectadas en la zona altoandina de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Santander

Municipios	Vereda o paraje	Poblaciones colectadas	Municipios	Vereda o paraje	Poblaciones colectadas
<b>Departamento de Antioquia</b>			<b>Departamento de Antioquia</b>		
<b>Don Matías</b>	La Piedrahíta	4	<b>El Retiro</b>	Sin ubicar vereda	1
	La Mortoria	2	<i>Subtotal</i>		<b>1</b>
	Altamira	1	<b>La Ceja</b>	El Capiro	1
	Río Chico	1	<i>Subtotal</i>		<b>1</b>
	San Andrés	1	<b>San José de la Montaña</b>	Gómez	1
<i>Subtotal</i>	<b>9</b>	La Ilusión		4	
<b>Entrerrios</b>	El Filo	2		El Páramo	1
	El Roblal	2		Quebraditas	1
	El Zancudo	2		El Caribe	3
	Riochico	4	El Caribe el Congo	1	
	Las Brisas	2	<i>Subtotal</i>	<b>11</b>	
<i>Subtotal</i>	<b>12</b>	<b>Medellín, corregimiento de Santa Helena</b>	Chorro Clarín	2	
<b>Guarne</b>	Alto de la Virgen		1	El Regreso	2
	Guapante		1	La Patiño	2
	Guapante abajo		1	Las Rojas	2
	Guapante arriba		1	Mazo	2
	La Clara		6	Pascuala	1
La Honda	2		Pinar Poldo	2	
<i>Subtotal</i>	<b>12</b>		El Rosario parte baja	1	
<b>Belmira</b>	El Filo		1	Rosario	7
	La Amoladora		2	Sector El Carmelo	1
	La Montañita	3	Barro Blanco sector la Mina	1	
	Páramo de Santa Inés	8	<i>Subtotal</i>	<b>23</b>	
	San Francisco Aguilar	1	<b>Corregimiento de San Cristóbal</b>	Boquerón, Padre Amaya	3
	Santa Rita	1		<i>Subtotal</i>	<b>3</b>
	Santo Domingo	3	<b>Santa Rosa de Osos</b>	Alto Cerro de San José	1
<i>Subtotal</i>	<b>19</b>	Predios de Corantioquia		2	
<b>San Pedro de los Milagros</b>	Sin ubicar vereda	1		Cucurucho	1
	La Pretel	2		El Chagualo	1
	San Francisco	1		El Chamizo	2
<i>Subtotal</i>	<b>4</b>	El Hato		2	
<b>Rionegro</b>	La Ranchería	1			
	Tablacito	1			
	Cabeceras	1			
	Vía al Aeropuerto	1			
	<i>Subtotal</i>	<b>4</b>			

Continúa en la siguiente página →


**Tabla 1** Continuación

Municipios	Vereda o paraje	Poblaciones colectadas	Municipios	Vereda o paraje	Poblaciones colectadas
<b>Departamento de Antioquia</b>			<b>Municipios de Boyacá</b>		
<b>Santa Rosa de Osos</b>	El Vergel	2	<b>Chiquinquirá</b>	La Arboleda	2
	Corregimiento de Hoyo Rico, vereda el Sombrerón	1		Quiches	1
	La Mina	1		Sasa	1
	La Planta	2	<i>Subtotal</i>		<b>4</b>
	La Ruiz	5	<b>Ráquira</b>	La Chorrera	1
	Las Cruces	2		Peñas Alto	1
	Las Tuberías	1		Nirque	1
	Mina Vieja	1		Pueblo Viejo	1
	Montañitas	1		Firita	1
	Playa Larga	1	<i>Subtotal</i>		<b>5</b>
	Playa Larga paraje La Fonda	1	<b>Tinjacá</b>	Moyavita	1
	Pontezuela	3		Arrayanes	1
	Quebrada del Medio	1		Vía Ráquira	1
	Quitásol	1		Santa Bárbara	1
	Sabanazo	2	<i>Subtotal</i>		<b>4</b>
	San Dionisio	2	<b>Departamento de Cundinamarca</b>		
	San Francisco	3	<b>Guachetá</b>	Boquerón	1
	Santa Bárbara	1		Vía Boquerón	1
	Santa Isabel	1	<i>Subtotal</i>		<b>2</b>
Llanos de Cuiba	4	<b>Departamento de Nariño</b>			
Sin ubicar vereda	9	<b>Pasto</b>	Alto de Daza	1	
			Relleno Sanitario	1	
<i>Subtotal</i>		<b>54</b>	<i>Subtotal</i>		<b>2</b>
			<b>Buesaco</b>	Meneses	1
				<i>Subtotal</i>	
			<b>Departamento de Santander</b>		
			<b>California</b>	Angostura	1
				Beta de Barro	1
				Predios de la Mina	4
				Grey Star	
			<i>Subtotal</i>		<b>11</b>



Todas las accesiones halladas y colectadas correspondieron a la categoría de materiales silvestres. Éstas se encuentran en forma espontánea en ecosistemas no intervenidos por el hombre, en fragmentos remanentes de la tala de bosques y en praderas. Igualmente, se localizaron unas pocas poblaciones sembradas a partir de material espontáneo de plantas “nacederas”, obtenidas a partir de ecosistemas naturales, de las áreas muestreadas en el proceso actual.

Se pudo apreciar una fragmentación importante, con tamaños poblacionales reducidos en la mayoría de las poblaciones; sobre lo cual se ha anotado que la fragmentación y la intervención antrópica, que incluye la tala selectiva, al reducir el tamaño poblacional, disminuye igualmente la variabilidad genética (Farwig *et al.*, 2007) y que cuando la población se subdivide, con restricción en el flujo de genes, la deriva genética y la endogamia, conducen a diferenciación entre demes (Keller y Waller, 2002).

De acuerdo con el registro de pasaporte, la metapoblación estuvo localizada en sitios con diferente topografía, lo cual incluyó terrenos ondulados, quebrados, colinados y socavados, con una mayor frecuencia en terrenos de superficie quebrada y con ubicación preponderante en ecosistemas de bosque y rastrojo. Los suelos en general presentaron buen drenaje, con variación en las tonalidades de estos: amarillentas, marrones, marrones rojizas, marrones amarillentas, amarillo rojizas, grisáceas, negro azuladas y negras. Igualmente, se encontraron creciendo en terrenos con diversos contenidos de materia orgánica: baja, media, alta y en suelos turbosos y en diferentes texturas del suelo: arcillosas, arenosas y limosas. Los materiales se ubicaron en sitios con diferente incidencia de luz desde sotobosque hasta plena exposición solar, con alturas entre 2 146 y 3 400 msnm.

Al respecto, Luteyn (2002) indicó que en Colombia las especies del grupo *Vaccineae* prefieren hábitat de montaña, con climas húmedos, geológicamente jóvenes y con poca intervención antrópica. El mismo investigador señaló que en el neotrópico las ericaceae no son tolerantes al calor y a las temperaturas heladas, por lo cual hay pocas especies por debajo y por encima de 3 000 msnm y que en el neotrópico estas especies pueden crecer bajo condiciones de sombrío, pero en los bosques primarios usualmente no florecen, ni producen fruto, lo cual sí ocurre en aperturas de éstos o en los bordes de los mismos. De manera complementaria Luteyn (2002) informa que, en ambientes de bosque o donde estos existieron, los taxa de la referencia, son más abundantes en los



bordes, en pendientes expuestas o en caminos construidos, condiciones que tienen como denominador común ser áreas de irradiación pronunciada.

Se deduce, a partir de los datos de pasaporte, que las accesiones estudiadas y colectadas provienen de ambientes diferentes, lo cual es un indicativo preliminar de variabilidad interpoblacional. Al respecto, Diamond (2002) atribuyó la variabilidad en términos de adaptación a diversas condiciones ecológicas que incluyen los hábitats de crecimiento, lo cual complementa lo anotado sobre diferenciación genotípica entre los demes como consecuencia de la fragmentación (Keller y Waller, 2002).

## ◎ Variabilidad morfológica

### Caracterización y evaluación

En cada población se registraron atributos morfológicos a cinco plantas tomadas en forma aleatoria. En total se tomaron 24 variables: 18 cualitativas y seis cuantitativas. Para ello se empleó un listado de descriptores relacionado con los órganos aéreos de la planta, desarrollado por Corpoica y Corantioquia. En la tabla 2 se relacionan los caracteres cualitativos estudiados en el proceso de caracterización, con el número de estados totales y polimórficos y en la tabla 3, el promedio de evaluación obtenido con las cuantitativas, con el coeficiente de variación y los valores máximo y mínimo de éstas. La información por planta se incorporó a una hoja de cálculo Excel para su procesamiento posterior.

Los descriptores de caracterización permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Estos incluyen caracteres altamente heredables, que pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igual en todos los ambientes (IPGRI, 1995). Además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales que son deseables según el consenso de los usuarios de un cultivo en particular, como son rendimiento, productividad agronómica, susceptibilidad al estrés y caracteres bioquímicos y citológicos (IPGRI, 1995).

Como puede apreciarse en la tabla 2, se presentó amplia variabilidad cualitativa en la metapoblación, con detección de 46 de los 48 estados descritos hasta el momento y polimorfismo en 15 de las 16 características de esta categoría.

**Tabla 2****Desviación estándar, moda, estados por atributos polimorfismo en los atributos cualitativos en poblaciones naturales de *Vaccinium meridionale* Swartz de la zona altoandina de los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Santander**

Variable	D.S	Moda	Estados por atributo	Atributos polimórficos
Hábito de crecimiento	0,66	Erecta	3	3
Densidad de ramificación	0,63	Densa	3	3
Antocianina ramas	0,36	Presencia	2	2
Forma de la lámina foliar	1,33	Elíptica	5	5
Forma margen foliar	0,52	Ligeramente aserrado	3	3
Forma base foliar	0,22	Cuneada	2	2
Forma ápice foliar	0,84	Acuminado	4	4
Antocianina margen foliar	0,50	Presente	2	2
Presencia de antocianina inflorescencia	0,38	Presente	2	2
Color del cáliz	1,29	Verde	4	4
Color de la flor	0,41	Blanca matizada de rosado	2	2
Color de pedicelos y bractéolas	1,27	Verde	4	4
Forma de los frutos	0,70	Esférico	3	3
Presencia de cera en la epidermis del fruto	0,45	Presencia	2	2
Color de los frutos	0,44	Negro-violáceo	3	2
Persistencia de los sépalos al madurar	0,00	Presente	2	1
Inserción del pecíolo	0,46	Plana	2	2

**Tabla 3****Coefficiente de variación, promedio y valores máximo y mínimo logrados con las variables cuantitativas registradas en la metapoblación colectada**

Variable	C.V. (%)	Promedio	Valor máximo	Valor mínimo
Longitud hoja, cm	18,25	2,52	4,0	1,0
Ancho de hoja, cm	20,56	1,07	1,9	0,5
Longitud de la inflorescencia, cm	34,24	4,06	9,5	1,12
Número de flores por inflorescencia	27,22	15,06	30	3,0
Longitud del fruto, cm	19,15	0,94	1,8	0,5
Ancho del fruto, cm	18,00	1,00	1,8	0,6



Al respecto cabe señalar que este tipo de variables exhibe por lo general alta heredabilidad, que corresponde, de acuerdo con Van Hintum (1995), a la expresión de alelos de genes específicos, por lo cual pueden ser empleados como marcadores genéticos. Al respecto las especies del género *Vaccinium* han sido incluidas dentro del grupo de las llamadas plantas clonales (Albert *et al.*, 2005; Raspe y Jacquemaet, 2003) las cuales se pueden reproducir en forma tanto sexual, como asexual, con progenies vegetativas que pueden establecerse en espacios cortos o largos, unidas por rizomas (Wilbur y Luteyn, 2008).

Con relación al tipo de ocupación densa en poblaciones concentradas, se ha informado que éste permite una colonización rápida del espacio disponible (Winkler y Fischer, 1999; 2001) e incrementa las posibilidades de cruzamiento, por lo cual la heterogeneidad ecológica por aspectos tales como el disturbio o polinizadores disponibles, es posible que ejerza presiones sobre el crecimiento clonal (Fischer y van Kleunen, 2001). En este contexto, la fragmentación es un disturbio importante que podría afectar la variabilidad por deriva genética, debida a tamaños poblacionales reducidos, o por falta de polinizadores. En el caso actual, se encontró amplia variabilidad cualitativa, la cual es indicativa de diversidad genética. Sin embargo, es importante estudiar la heterocigosidad de los materiales colectados, para conocer endogamias intrapoblacionales, dado el grado de fragmentación encontrado en las poblaciones altoandinas de agraz o mortiño.

Como puede verse en la tabla 3, los atributos cuantitativos exhibieron variabilidad fenotípica entre los materiales estudiados, con coeficientes de variación entre el 18 y el 34%. Esta clase de características es afectada por el ambiente, con heredabilidad usualmente media a baja, pese a lo cual se puede considerar como un indicador de variabilidad genética, en especial en variables con amplia dispersión de valores. En este ámbito, las características con mayores intervalos numéricos estuvieron relacionadas con las flores: longitud de la inflorescencia y número de flores en éstas, variables que contribuyen al valor reproductivo de los conjuntos de individuos; lo cual podría ser un indicativo de estrategias de adaptación a ambientes diferentes.

Con respecto a la validez de la caracterización, como indicativo de variabilidad, Zizumbo-Villarreal *et al.* (2005) reportaron resultados concordantes al realizar caracterización *in situ* y *ex situ* para variables de los frutos, en poblaciones mexicanas de coco y donde el polimorfismo morfológico en ambas condiciones fue consistente con los resultados isoenzimáticos y moleculares.



Se ha indicado que la caracterización *in situ* de variables morfológicas de los frutos ha sido empleada para estimar el patrón de variación y los niveles de diversidad a través del empleo de análisis numéricos y estadísticos (Zizumbo-Villareal y Piñeros, 1998 y Vargas y Blanco, 2000) y que esta metodología ha sido la base para el establecimiento de programas de colecta (Zizumbo-Villareal *et al.*, 1993), lo cual se ha fundamentado en varios hechos, entre los cuales se encuentra la asunción de que éstos han estado sometidos a presiones selectivas fuertes, naturales y antrópicas (Harries, 1990). En el estudio actual todas las características de los frutos, cualitativas y cuantitativas, fueron polimórficas.

En concordancia con el resultado de variabilidad obtenido con poblaciones silvestres de mortiño, Debnath (2007) reportó un alto grado de variabilidad genética en clones de *Vaccinium macrocarpon* Ait., obtenidos a partir de conjuntos de materiales silvestres de diversas áreas de Canadá, seleccionados por sus atributos morfológicos, en un estudio realizado con marcadores RAPD.

### Análisis de conglomerados

Éste se llevó a cabo con inclusión conjunta de las variables cualitativas y cuantitativas, a través del empleo del coeficiente de similitud propuesto por Gower (1971), que permite unir los atributos de las categorías anteriores, generando una media promedio de proximidad entre dos individuos (Franco *et al.*, 2001). Con el coeficiente se obtuvo un fenograma a través del empleo del algoritmo de las medias no ponderadas UPGMA.

En la figura 1 se incluye el fenograma obtenido. En éste puede apreciarse una similitud mínima de 0,55 y los materiales con mayor distancia correspondieron a dos poblaciones colectadas en el corregimiento Santa Elena (Medellín) y un deme obtenido en el municipio de California, departamento de Santander. En el fenograma son evidentes dos grandes conglomerados, el primero integrado por poblaciones de Nariño, Boyacá, el altiplano norte de Antioquia, Cundinamarca y Santander, y el segundo por materiales del altiplano norte y del oriente antioqueños. En la gráfica de los conglomerados no se presentó similitud total entre materiales, con una cercanía máxima de 97,2%. Lo anterior señala diversidad en la metapoblación colectada para efectos de conservación y estudio, en consonancia con lo anotado sobre el apoyo que brinda la caracterización y evaluación morfológica para el



establecimiento de programas de colecta (Zizumbo-Villareal *et al.*, 1993). La variación morfológica entre demes del estudio actual pueden ser producto de la diversidad ecológica entre los nichos en los cuales evolucionaron estos. En línea con lo anterior, Cadena-Iñiguez *et al.* (2008), en un estudio realizado con *Sechium edule* (Jacq.) Swartz, indicaron que la variabilidad intraespecífica del taxón estaba relacionada con cambios morfológicos y anatómicos a fin de mejorar la adaptación al ambiente donde se encuentran.

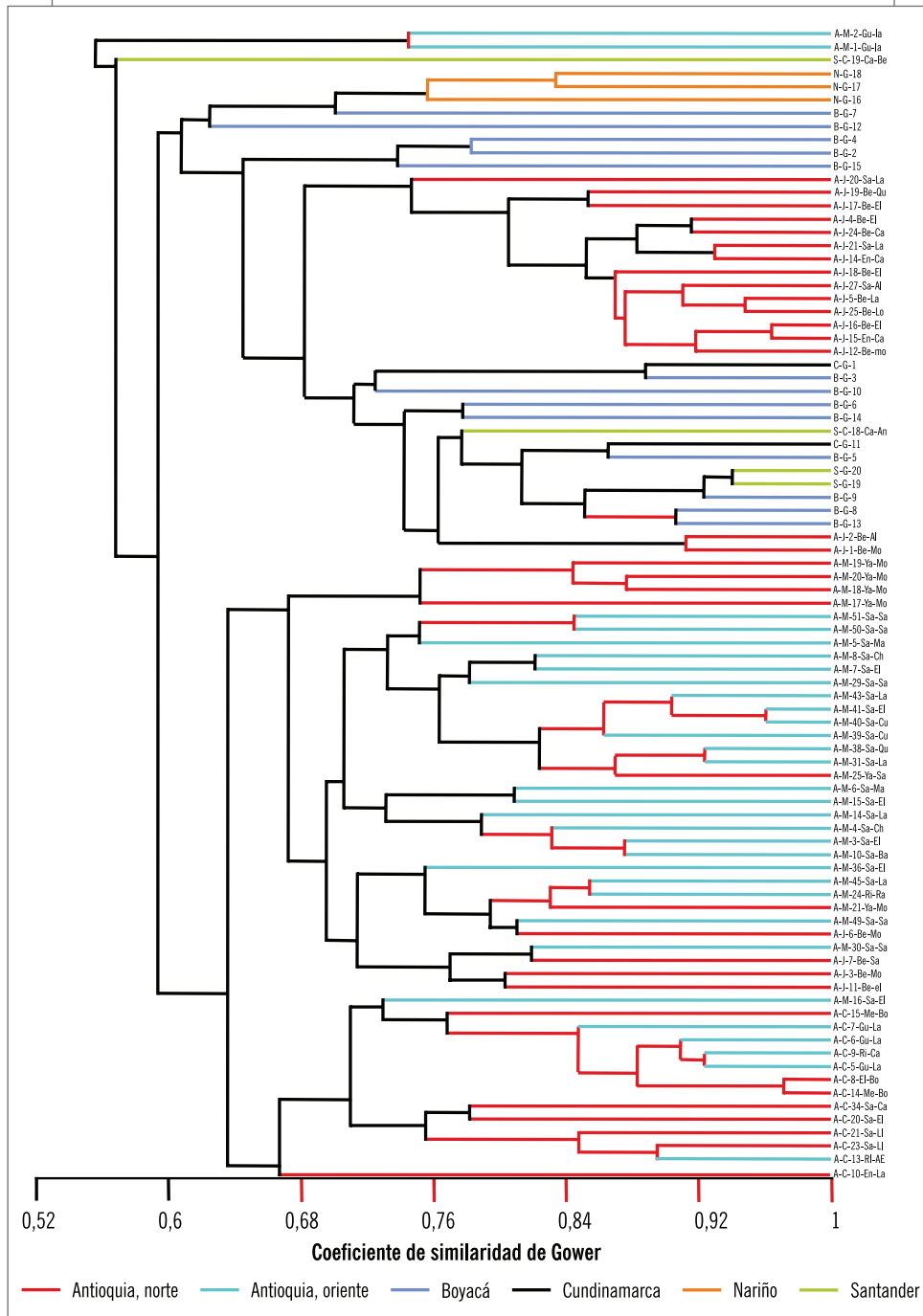
Igualmente, a nivel de cada una de las áreas de colecta fue evidente la presencia de variabilidad interpoblacional (información no incluida). Esto, unido a la fragmentación observada en los demes encontrados, puntualiza la separación de genotipos por posible endogamia o reproducción clonal de uno o pocos “genet”, en cada localidad, entendiéndose por “genet” el conjunto de individuos que provienen de reproducción clonal, con genotipo similar, unidos a través de rizomas, y “ramets” a cada uno de éstos (Hutchings y De Kroon, 1994).

Tomando como referente los resultados del análisis de conglomerados, el polimorfismo cualitativo y la variabilidad cuantitativa de los demes ubicados y colectados, la metapoblación obtenida tiene un alto potencial de utilización. Para ello se precisa continuar con procesos de valor agregado, incluyendo: caracterizaciones complementarias, morfológicas, isoenzimáticas y de marcadores moleculares codominantes para conocer la heterocigocidad del conjunto poblacional en conservación; de atributos químicos relacionados con potencial de procesamiento; de la actividad antioxidante de los materiales, aspecto fundamental para la captura de mercados, y de otros metabolitos relacionados con valor nutracéutico. Igualmente, esto debe complementarse con la búsqueda de nuevos demes, lo cual se ve favorecido por los estudios de zonificación, reportados en el capítulo anterior de esta publicación.

Los resultados del estudio realizado están en línea con los obtenidos por Zain Hasan *et al.* (2008) con materiales locales de *Dioscorea alata*, lo cual llevó a los autores a señalar que este tipo de estudios contribuye al conocimiento de especies amenazadas por la erosión genética, lo cual, apoyado en acciones de conservación, puede reversar la pérdida de variabilidad y maximizar el uso de los recursos genéticos, dando oportunidades para la explotación de su potencial.



**Figura 1** Fenograma morfológico de poblaciones de mortiño de diferentes departamentos de Colombia





## ◎◎ Conclusiones

Existe fragmentación en las poblaciones espontáneas de mortiño de la zona altoandina de Antioquia, del altiplano norte y el oriente, lo cual se soporta en el tamaño poblacional y dispersión de éstas.

Dada la presión de reconversión de los bosques de estas áreas y de los procesos actuales de extractivismo no sostenible, es importante coleccionar y conocer la variabilidad fenotípica y genética de los demes del área como una manera de promover su utilización en procesos productivos y de repoblamiento de bosques.

Lo anterior se basa en la importancia del mortiño, a nivel ecosistémico en la zona altoandina, como componente de la biota de estos nichos y del potencial de utilización como alternativa productiva.

Los descriptores empleados para la caracterización y evaluación morfológica demostraron su utilidad y poder discriminante en la metapoblación estudiada.

En el conjunto poblacional, objeto del estudio, se pudo apreciar amplia variabilidad interpoblacional, tanto cualitativa como cuantitativa, lo cual es un indicativo de variabilidad genética, en especial en el caso del primer tipo de atributos.

En el fenograma, derivado del análisis de conglomerados, se pudo apreciar dos conglomerados importantes, el primero integrado por poblaciones de Nariño, Boyacá, el altiplano norte de Antioquia, Cundinamarca y Santander y el segundo por materiales del altiplano norte y oriente antioqueños.

Es necesario complementar la información obtenida *in situ* con procesos de caracterización y evaluación morfológicas *ex situ*, al igual que con caracterizaciones y evaluaciones de otra índole para dar valor agregado al material, y de esta forma pasar éste de valor de existencia a valores de opción y utilización.

Es importante realizar colectas posteriores, completando áreas de las zonas incluidas en el estudio de la referencia no adecuadamente muestreadas, y otros nichos con condiciones ecológicas diferentes a los del estudio presente.



## ◎ Bibliografía

- Albert, T., O. Raspe y A.L. Jacquemart. 2005. Diversity and spatial structure of clones in *Vaccinium uliginosum* populations. *Can. J. Bot* 83: 211-218.
- Boches, P. S., N.V. Bassil y L.J. Rowland. 2005. Microsatellite markers for *Vaccinium* from EST and genomic libraries. *Molecular Ecology Notes*, (5): 657-660.
- Cadena-Iñiguez, J., C.H. Avendaño-Arrazate, M. Soto-Hernández, L.M. Ruiz-Posadas, J.F. Aguirre-Medina y L. Arévalo-Galarza. 2008. Intra-specific variation of *Schesium edule* (Jacq.) Swartz. In the state of Veracruz, México. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55:835-847.
- Corantioquia. 2003. Conozcamos y usemos el mortiño. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. 1 ed. Medellín. 24 p.
- Debnath, S.C. 2007. An assessment of the genetic diversity within a collection of wild cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) clones with RAPD-PCR. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54:509-517.
- Diamond, J.M. 2002. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, 418:700-707.
- Farwig, N.C. Braun y K. Böhning-Gaese. 2007. Human disturbance reduces genetic diversity of an endangered tropical tree, *Prunus africana* (Rosaceae). *Conservation Genetics*, 9:317-326.
- Fischer, M. y M. Van Kleunen. 2001. On the evolution of clonal plant life histories. *Evolutionary Ecology* 15: 565-582.
- Flórez, M. 1994. Manejo de la biodiversidad. En: Derecho y medio ambiente II. Medellín, Corporación Penca Sábila. 562 p.
- Franco J., J. Crossa, J.M. Rbaut, J. Betran, M.L. Warburton y M. Khairallah. 2001. A Method for combining molecular markers and phenotypic attributes for classifying plant genotypes. *Theoretical and Applied Genetic*, 103: 944-952.
- García-Alonso, M., T.S. de Pascual, C. Santos-Buelga y G. Rivas. 2001. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. Final COST 916 Conference bioactive compounds in plant foods. Health Effects and Perspectives for the Food Industry, Tenerife, Canary Islands, Spain. p. 102 (Abstract).
- Gower, J. C. 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometric*, 27: 857-874.
- Halliwell, B., R. Aeschbach, J. Loliger y O.I. Aruoma. 1995. The characterization of antioxidants. *Food Chemical Toxicity*, 33:3426-3431.
- Hammer, K., H. Heller y J. Engels. 2001. Monographs on underutilized and neglected crops. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 48:3-5.
- Harries, H.C. 1990. Malesian origin for a domestic *Cocos nucifera*. Bas P. *et al.*, (eds.), *The Plants Diversity of Malaysia*, Kluwer, Dordrecht, p. 351-357.
- Heinonen, I.M. 2002. Antioxidants in fruits, berries and vegetables. In: *Fruit and vegetable processing*. (Jongen, W. Edit). Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England. p. 23-51.
- Heinonen, I., A.S. Meyer y E.N. Frankel. 1998. Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. *J. Agric. Food Chem.*, 46:4107-4112.



- Hutchings, M.J. y H. de Kroon, H. 1994. Foraging in plants: The role of morphological plasticity in Resource Acquisition. *Advances in Ecological Research*, 25: 159-238.
- Huxley, A. 1992. The new Royal Horticultural Society dictionary of gardening. Volume 4. Stockon Press, New York, EE.UU., 888 p.
- IPGRI. International Plant Genetic Resources Institute. Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum spp.*), Roma. 1995-51 p.
- Joseph, J., A.B. Shukitt-Hale, N.A. Desinova, D. Bielinski, A. Martin, J.J. McEwen y P.C. Bickford. 1999. Reversals of age-related declines in neuronal signal transduction, cognitive, and motor behavioral deficits with blueberry, spinach, or strawberry dietary supplementation. *Journal of Neuroscience*, 19(18):8114-8121.
- Kähkönen, M.P., A.I. Hopa, H.J. Vuorela, J.P. Rauha, K. Pihlaja, T.S. Kujala y M. Heinonen. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem*, 47: 3954-3962.
- Kalt, K., C.F. Forney, A. Martin y R.L. Prior. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 47:4338-4344.
- Keller L.F y D.M. Waller. 2002. Inbreeding effects in wild populations. *Trends Ecol Evol*, 17:230-241.
- LHBH [Liberty Hyde Bailey Hortorium]. 1976. Hortus third: a concise dictionary of plants cultivated in the United States and Canada. 3rd ed. New York: MacMillan. 1290 p.
- Lopera, S.A. 2005. Colecta, conservación y caracterización de diversas poblaciones de *Vaccinium meridionale* (mortiño) presentes en los bosques altoandinos de la jurisdicción de Corantioquia, para promover su utilización sostenible. Trabajo de grado, Agrónomo Zootecnista. Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Antioquia. 38 p.
- Luteyn, J.L. 1989. New variety and nomenclatural changes in neotropical *Gaultheria* (Ericaceae). *Brittonia*, 41(1): 10-16.
- Luteyn, J.L. 2002. Diversity, Adaptation, and Endemism in Neotropical Ericaceae: Biogeographical patterns in the Vaccinieae. *The Botanical Review*, 68(1): 55-87.
- Matchett, M.D., S.L. MacKinnon, M.I. Sweeney, K.T. Gottschall-Pass y R.A.R. Horta. 2005. Blueberry flavonoids inhibit matrix metalloproteinase activity in DU145 human prostate cancer cells. *Biochemical Cell Biology*, 83:637-643.
- Morello, J. y S.D. Matteucci. 2001. Aspectos ecológicos del cultivo de coca. *Encrucijadas (UBA)*, Año 1 Número 8: 82-91.
- Orduz, B. 2006. Centro de Excelencia Fitosanitaria. Memorias, "El día del mortiño". CD. Corantioquia, Medellín.
- Pliszka, K. 1997. Overview on *Vaccinium* production in Europe. *Acta Horticulturae.*, 446: 49-52.
- Prior, R.L., G. Cao, A. Martin, E. Sofic, J. Mcewen, C. O'Brien, N. Lischner, M. Ehlenfeldt, W. Kalt, G. Kreer y C.M. Mainland. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanidin content, maturity and variety of *Vaccinium* species. *J. Agric. Food Chem.*, 46: 2686-2693.
- Raspe, T.A. y A.L. Jaquemart. 2003. Clonal structure in *Vaccinium Myrtillus* L. Re-



- vealed by RAPD and AFLP markers. *Int J. Plant Sci.*, 164(4): 649-655.
- Registro Federal, USDA/APHIS, 2006, Vol. 70 N. 235. [www.ipfsaph.org/cols-upload/Kopool-data.G/SPS/GEN/680](http://www.ipfsaph.org/cols-upload/Kopool-data.G/SPS/GEN/680).
- Saastamoinen, O., K. Kangas y H. Aho. 2000. The Picking of Wild Berries in Finland in 1997 and 1998. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15: 645-650.
- Smith, M.A.L., K.A. Marley, D. Seigler, K.W. Sigletary y B. Meline. 2000. Bioactive properties of wild blueberry fruits. *J. Food Sci.*, 65:352-356.
- Van Hintum, T.J.L. 1995. Hierarchical approaches to the analysis of genetic diversity in crop plants. In: Core collections of plant genetic resources. John Wiley Sons, New York, p. 23-34.
- Vander Kloet, S.P. 1988. The genus *Vaccinium* in North America. Ottawa: Canadian Government Publishing Centre. 201 p.
- Vander Kloet, S.P. 1990. Ericaceae. En: Manual of the flowering plant of Hawaii. Eds W.L. Wagner, D.R. Herbst, y S.H. Sohmer Bioshop Museum. Special Publication No. 83. Honolulu. Univ. of Hawaii. Press. p. 591-595.
- Vargas, A. y D.A. Blanco. 2000. Fruit characterization of *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) cultivars from the Pacific coast of Costa Rica and the Philippines. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 47: 483-487.
- Wang, H., G. Cao y R.H. Prior. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 44: 701-705.
- Wilbur, R.L. y J.L. Luteyn. 2008. A synopsis of the Mexican and central American species of *Vaccinium* (Ericaceae). *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 2(1):207-241.
- Winkler, E. y M. Fischer. 1999. Two fitness measures for clonal plants and the importance of spatial aspects. *Plant Ecology*, 141:191-199.
- Winkler, E. y M. Fischer. 2001. The role of vegetative spread and seed dispersal for optimal life histories of clonal plants: a simulation study. *Evolutionary Ecology*, 15: 281-301.
- Zain Hasan, S.M., A.A. Ngadin y R.M. Sha. 2008. Morphological variability of greater yam (*Dioscorea alata* L.) in Malaysia. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 6(1):52-61.
- Zizumbo-Villareal, D. y R.D. Piñeros. 1998. Pattern of morphological variation and diversity of *Cocos nucifera* (Arecaceae) in Mexico. *Am- J. Bot.*, 85:855-865.
- Zizumbo-Villareal, D., F. Hernández-Roque y H.C. Harries. 1993. Coconut varieties in Mexico. *Econ. Bot.*, 47: 65-78.
- Zizumbo-Villareal, D., M. Fernández-Barrera, N. Torres-Hernández y P. Colunga-García. 2005. Morphological variation of fruit in Mexican populations of *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) under *in situ* and *ex situ* conditions. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 52:421-434.