

Clara Inés Medina C.¹
Mario Lobo A.¹

Variabilidad morfológica en el tomate pajarito (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*), precursor del tomate cultivado

ABSTRACT

Morphologic variability in the tomato pajarito (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*), a precursor of cultivated tomato

To study the phenotypic variability of a collection of tomato of the "cherry" type in comparison with the vintage tomato cultivar 'Marglobe', an experiment was carried out at "La Selva", Research Centre of Corpoica, located in Rionegro, Antioquia, at 2,120 masl, with an average temperature of 17°C and a relative humidity of 78%. Fifty descriptors were evaluated in this study, 39 were qualitative and 11 quantitative. Polymorphism was found in 34 out of 39 qualitative characteristics, and in the 11 quantitative variables. The qualitative, quantitative and qualitative-quantitative clusters analysis obtained with the polymorphic variables did not show a clear pattern of distribution between materials from the Origin Centre (Perú-Ecuador) and from the Domestication Centre (México-Central America). These results show ample qualitative and quantitative variability in the cherry type tomato collection, as well as ample distribution and arrangement of characters within individual accessions, which indicates the great potential to use this collection as well as in breeding programs. The qualitative-quantitative phenogram obtained by transforming the last type of variables to additive binary scales, with a maximum of four values by characteristic, exhibited discriminatory power between the cherry type tomato and the vintage cultivar 'Marglobe', which was not so clear for the qualitative phenogram based on binary values for the variables and for the quantitative phenogram based on distances obtained from standardized variables.

Key words: cherry tomato, characterization, evaluation, phenograms.

RESUMEN

Se realizó la caracterización y evaluación morfológica de una colección del tomate tipo "cereza", conocido comúnmente como "pajarito", o "vagabundo" (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*), comparándola con el cultivar obsoleto de frutos de mesa de tamaño grande 'Marglobe' (*Lycopersicon esculentum* var. *esculentum*). El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación "La Selva", de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, ubicado a 2.120 msnm, con temperatura promedio de 17°C, en un área perteneciente a la formación ecológica de bosque húmedo montano bajo. Para el efecto, se registraron 39 variables de índole cualitativa y 11 de naturaleza cuantitativa. Se encontró polimorfismo en 34 de los 39 atributos cualitativos y en los 11 de naturaleza cuantitativa. Los análisis de conglomerados cualitativos, cuantitativos y cualitativo-cuantitativo, no indicaron un patrón claro de distribución entre accesiones del Centro de Origen (Perú-Ecuador) y del Centro de Domesticación (México-Mesoamérica), con intercalamiento en los fenogramas de estos materiales y materiales de otras zonas del mundo. Los resultados señalaron amplia variabilidad cualitativa y cuantitativa y diversos niveles de arreglo de las variables a nivel de accesiones individuales, lo cual señala un amplio potencial de utilización *per se* de la colección y para programas de mejoramiento. El fenograma cualitativo-cuantitativo, transformando la última categoría de variables a escalas aditivas binarias, con un máximo de cuatro intervalos por característica, permitió discriminar entre la variedad botánica *cerasiforme* y el cultivar de tomates grandes 'Marglobe', lo cual no fue tan evidente a nivel del fenograma cualitativo, construido en escala binaria, y el cuantitativo con base en distancias derivadas de variables estandarizadas.

Palabras claves: tomate cereza, tomate pajarito, caracterización, evaluación, fenogramas.

INTRODUCTION

LA DIVERSIDAD genética es la base para la seguridad alimentaria (IPGRI 1998a), precisándose para el manejo y empleo de la misma, por parte de los curadores de germoplasma y de los fitomejoradores, de una adecuada cuantificación y clasificación de ésta (Brown *et al.*, 1987; Van Beuningen and Busch 1997). Al respecto, la Agenda 21 ha reconocido la importancia de estrechar los vínculos entre la conservación y la utilización de los recursos genéticos, mediante mecanismos tales como la evaluación y la caracterización (IPGRI, 1998b). Para la utilización del potencial genético se requiere un conocimiento detallado sobre las características presentes en los materiales de las colecciones (Beuselinck and Steiner 1992), con el fin de suplir las demandas futuras de producción de cultivares mejorados (Strauss

et al., 1988, citados por Beuselinck and Steiner 1992). Al respecto, diversos investigadores señalan que los recursos genéticos son generalmente subutilizados, siendo la principal razón la falta de información disponible sobre los mismos (Marshall 1989; Frankel 1989; Ordás *et al.*, 1994).

El aspecto anterior fue enfatizado en la formulación del Plan de Acción Mundial para la Conservación y Utilización Sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, en el cual se incluyó como una de las esferas de actividad en lo pertinente a la utilización de los Recursos Fitogenéticos, el incremento de la caracterización y la evaluación, señalándose que la ausencia de este tipo de acciones impide el aprovechamiento del valor de los recursos

¹ Programa de Biotecnología y Recursos Genéticos Vegetales, Corpoica, C. I. "La Selva", A. A. 470, Rionegro, Antioquia, Colombia

genéticos, de lo que se derivan unos costos de conservación elevados con relación a los beneficios obtenidos a partir de las colecciones (FAO 1996). La importancia de las variedades de los agricultores y el complejo de materiales relacionados silvestre-maleza han sido ampliamente reconocidos (Keystone Center 1991; Plucknett *et al.*, 1987) dentro del conjunto de recursos genéticos, los que han sido definidos como el germoplasma de plantas, animales u otros organismos que contienen características de valor actual o potencial, correspondiendo los mismos, en las especies domesticadas, a la suma de todas las combinaciones genéticas producidas en el proceso de la evolución (IBPGR 1991).

El tomate perteneciente a la variedad botánica *cerasiforme*, llamado pajarito, de aliño, vagabundo o tipo cereza, considerado como el precursor del tomate de mesa comúnmente cultivado (Williams and St Clair 1993), corresponde a una "maleza" con frutos pequeños, de 1,5 a 3 cm de diámetro, originaria de la costa occidental y áreas montañosas de Perú (Jenkins 1948, Rick 1976). De su zona de origen migró a Mesoamérica y a México donde se presume fue domesticado por las poblaciones indígenas (Jenkins 1948; Rick 1976), dando origen a variedades de agricultor tipo cereza, mediante un proceso de domesticación y selección, realizado inicialmente por las comunidades aborígenes y posteriormente por las comunidades locales. Los cerasiformes acompañaron al tomate como "maleza" a diversas partes del mundo, y hoy se encuentran ampliamente difundidos en áreas tropicales y templadas (Rick 1976). Éstos han sido colectados en una gama amplia de nichos ecológicos, los cuales abarcan desde regiones áridas hasta zonas húmedas de la parte este de los Andes, y a alturas que van desde los 0 hasta los 2.400 msnm (Cuartero *et al.*, 1985), correspondiendo los materiales obtenidos en las expediciones de colecta a la categoría de malezas o de variedades de agricultor.

Las plantas de tomate pajarito en condiciones espontáneas, se encuentran generalmente en pequeños grupos que contienen entre 1 y 20 plantas, las cuales tienden a autopolinizarse, pero también se cruzan ocasionalmente con sus vecinas y con la especie relacionada *Lycopersicon pimpinellifolium*. Rick, citado por Williams and St Clair (1993). Rick and Holle (1990), señalan que la autopolinización en un amplio conjunto de condiciones ecológicas ha

conducido a la fijación de una amplia variabilidad entre diferentes accesiones. La importancia de *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*, radica en que él mismo puede ser utilizado como fuente de genes para los tomates de mesa y de industria, y también para el desarrollo de los tomates llamados tipo cereza de amplia aceptación, cuyos frutos se utilizan enteros en las ensaladas. Lo anterior puntualiza la necesidad de conocer la variabilidad presente en las colecciones, tanto para introgresión de genes a partir del tomate pajarito a las formas de mesa e industria, como para el desarrollo de variedades tipo cereza.

Por lo anterior, cabe señalar que a nivel de las variedades comerciales de tomate hay preocupación por su estrecha base genética; Miller and Tanksley (1990) y Rick (1987) señalan que los cultivares más comunes de la especie exhiben atributos de uniformidad, frutos grandes y resistencia a enfermedades que son el resultado de un gran número de generaciones de selección natural y artificial; además los autores afirman que, aún cuando estas características contribuyen a tener productos deseables, el proceso de obtención de los mismos se ha realizado a expensas de la variabilidad genética. En esta especie desde el año de 1979, se propuso llevar a cabo un proceso sistemático de evaluación, mediante el empleo de 29 descriptores de alta prioridad por parte del Comité de Germoplasma del Tomate de los Estados Unidos de América, país donde se encuentran algunas de las principales colecciones de este grupo de taxa, incluyendo el complejo silvestre-maleza y especies relacionadas, lográndose poco avance, debido principalmente a la falta de fondos (Tomato Crop Germplasm Committee 1996).

Con base en lo expresado anteriormente, esto es, adaptación de los tomates pajarito a diversas condiciones ecológicas que hacen presumir amplia variabilidad genética, posibilidad de utilización del mismo, como fuente de características valiosas y posibilidad de desarrollo *per se* de los llamados tomates tipo cereza, se realizó la presente investigación, con el fin de estudiar el grado de variabilidad morfológica, mediante el registro de atributos cualitativos y cuantitativos, en una colección de entradas provenientes del Centro Primario de Diversidad, incluyendo el área de origen del género *Lycopersicon*, Perú-Ecuador y el Centro de Domesticación del mismo, Mesoamérica y México y de otras zonas del mundo, utilizándose como testigo, por parte de los tomates cultivados, la variedad 'Marglobe' de frutos grandes

tipo mesa, el cual corresponde a la categoría de cultivar obsoleto.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación "La Selva" de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, ubicado en Rio-negro, Antioquia a 2.120 msnm, con formación ecológica bosque húmedo montano bajo, una temperatura promedio de 17°C y un promedio de humedad relativa del 78%. La siembra se realizó a nivel de campo transplantando 10 plantas por genotipo, a 50 cm entre plantas con distancias entre hileras de un metro, colgando las plantas mediante fibra de polipropileno a un emparrado de alambre. En cada genotipo se tomó el registro de la información de manera individual, a 5 plantas en plena competencia por accesión. Para garantizar la uniformidad, se sembraron surcos bordes a ambos lados de los bloques experimentales.

En el trabajo se incluyeron 82 accesiones tipo cerasiforme, de los cuales 23 eran originarias de Ecuador, 20 de Perú, seis de Colombia, cuatro del Brasil, 11 de México, tres de Costa Rica, dos de Guatemala, una de Honduras, una del Salvador, tres de Estados Unidos de América, una de Borneo, una de Etiopía, una de Filipinas, una de India, una de Indonesia, una de Japón, una de Malasia y una de Zambia. Adicionalmente se incluyó como testigo la variedad de tomate de mesa, 'Marglobe'. De las 82 accesiones de cerasiforme, 80 identificadas con la sigla LA, provienen de Centro de Recursos de Tomate (Tomato Genetics Stock Center), de la Universidad de California, Davis, suministradas por el doctor C. M. Rick, y dos nominadas PI, de la Colección del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (Tabla 1).

Para la categorización de la variabilidad morfológica se emplearon los descriptores propuestos por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, IPGRI, antes Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos, IBPGR (IPGRI 1996), con modificaciones hechas por el programa de Recursos Genéticos Vegetales de Corpoica. Como puede apreciarse en la Tabla 2, en la cual se presentan las características evaluadas y su correspondiente categorización. Se registraron 50 variables, de las cuales 39 correspondieron a la categoría cualitativa y 11 a la cuantitativa. De los atributos cualitativos, 12 eran binarios, 15 multiestado con orden lógico y 12 multiestado sin orden lógico; y de los atributos

Tabla 2. Variables cualitativas y cuantitativas registradas en 82 accesiones de *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* y el cultivar 'Marglobe' y categorización de las mismas

Variable	Cualitativa				Cuantitativa	
	Binaria	Multiestado		Continúa	Discontinúa	
		lógico	no lógico			
Antocianina hipocotilo		X				
Habito de crecimiento		X				
Tipo de tallo			X			
Pubescencia de tallo	X					
Hojas debajo 1a inflorescencia					X	
Longitud de entrenudos					X	
Posición de las hojas			X			
Tipo de hoja			X			
Pubescencia de la hoja	X					
Folíolos por hoja					X	
Antocianina venas	X					
Tipo de inflorescencia		X				
Fasciación flores	X					
Número de pétalos					X	
Tipo de pistilo		X				
Número flor inflorescencia					X	
Pubescencia estilo	X					
Tamaño planta floración				X		
Tamaño fruto				X		
Variabilidad tamaño fruto		X				
Forma fruto			X			
Color fruto inmaduro			X			
Color piel maduro			X			
Color interior fruto maduro			X			
Intensidad del color interior		X				
Color exterior maduro			X			
Número de lóculos					X	
Días a floración					X	
Espesor pericarpio				X		
Sección transversal			X			
Tipo pedicelo	X					
Longitud pedicelo			X			
Area pedicelo		X				
Tamaño cicatriz pistilar		X				
Tamaño área corchosa		X				
Forma cicatriz pistilar			X			
Costillas extremo pistilar		X				
Forma extremo pistilar			X			
Condición de la cicatriz	X					
Firmeza del fruto		X				
Rajaduras radiales		X				
Rajaduras concéntricas		X				
Fasciación del fruto	X					
Espacios vacíos	X					
Facilidad de pelado		X				
Remoción pedicelo		X				
Madurez a parchez	X					
P.E.A.	X					
Sólidos solubles				X		
Uniformidad posmaduración	X					

como "Diferencia Promedio de Características", propuesto por Cain and Harrison (1958). Con el fin de realizar un análisis conjunto de la variabilidad cualitativa y cuantitativa, las características de esta última índole se transformaron en valores binarios tipo 0-1 de índole aditiva. Para tal fin se construyeron intervalos por variable, basados en diferencias mínimas significativas con un máximo de cuatro intervalos por característica. Luego se aplicaron los procedimientos señalados para las variables cualitativas, obteniéndose como producto final un fenograma que reunió las informaciones cualitativa y cuantitativa.

Resultados y discusión

Variabilidad cualitativa y cuantitativa

Como puede apreciarse en la Tabla 3, la cual incluye la desviación estándar, el coeficiente de variación y la moda, para cada una de las características cualitativas registradas en la colección de cerasiformes, se presentó variabilidad en 34 de los 39 atributos, de esta índole, exhibiendo todos los materiales, incluyendo el cultivar 'Marglobe': antocianina en el hipocótilo, tallos flexibles e inflexibles, pubescencia en los tallos, pedicelos con zona de abscisión en la parte media y ausencia de pudrición del extremo apical en los frutos.

La ausencia de variabilidad en las características anotadas es atribuible a diversas causas, como: selección dirigida por parte de las comunidades que domesticaron los materiales, y de los fitomejoradores, lo cual se tipifica en no presencia de pudrición en el extremo apical, ventajas selectivas de algunas características o efectos de fundación durante el proceso de domesticación. En el sentido anterior, se ha señalado que el mejoramiento tiende a explotar la variabilidad inherente a las poblaciones a partir de las cuales se domesticaron las especies y aquella que resultó de los primeros ciclos de selección (Cooper *et al.*, 1998), lo cual incluye los procesos formales de fitomejoramiento realizados por investigadores y los informales llevados a cabo por agricultores.

Comparando los valores promedio y modales obtenidos con la colección de cerasiformes, con los registrados para el cultivar 'Marglobe', se pudo apreciar diferencias en ocho de los 34 atributos con diversidad, con variación en la colección de cerasiformes en todas las características con variabilidad, (Tabla 3), lo cual indica diferentes grados de semejanza cualitativa entre accesiones de los tomates tipo pajarito y la variedad 'Marglobe'.

La Tabla 4 presenta: el promedio de las características cuantitativas continuas, la moda de las características cuantitativas discretas, la desviación estándar, el coeficiente de variación y los intervalos de valores obtenidos con cada uno de los atributos cuantitativos registrados en la colección de cerasiformes, al igual que los promedios o modas puntuales obtenidos con el cultivar 'Marglobe'. Como puede apreciarse, en la colección de tomates tipo cerasiforme, se presentó variabilidad en todas las características cuantitativas estudiadas, con coeficientes de variación entre 8,53 y 109,73%, y diferencias significativas entre las modas o los promedios de ocho de las 11 características de la colección de cerasiformes en comparación con los valores obtenidos con la variedad Marglobe.

Los materiales exhibieron amplia variabilidad cualitativa y cuantitativa, lo cual se deduce a partir de la desviación estándar y de los coeficientes de variación obtenidos para las diferentes características registradas. Lo anterior era de esperarse, ya que los genotipos evaluados fueron colectados en una gama amplia de condiciones, incluyendo el área de diversidad primaria, con accesiones obtenidas en la zona de origen y el centro de domesticación, y en otras zonas del mundo, fuera del centro de diversidad primaria, en las cuales los tomates tipo cerasiforme han evolucionado, tanto por acción antrópica como espontáneamente, en este último caso, en forma de maleza acompañante del tomate de mesa de frutos grandes, de acuerdo con Rick (1976).

Además, las colectas estudiadas corresponden a materiales del agricultor en su gran mayoría, habiéndose puntualizado que los agricultores han contribuido a la diversidad genética y a la conservación de las variedades locales, utilizando como criterios principales de selección: el rendimiento, la estabilidad del rendimiento, el evitar riesgos, la baja dependencia de insumos externos y factores asociados con el almacenamiento, la calidad organoléptica y el sabor (Ramprasad 1998). Considerando que los tomates tipo cerasiforme pueden desarrollarse *per se* y que la producción de esta especie se realiza en alto grado por parte de pequeños productores, la variabilidad existente en la colección cobra importancia, habiéndose señalado que los agricultores que no tienen acceso a variedades mejoradas, tanto por la falta de cultivares adecuados para sus sistemas de producción, como por fallas en el suministro de semillas, se benefician del acceso a un amplio menú de

opciones de materiales para siembra (Cooper *et al.*, 1998) y que dicho tipo de agricultores requiere acceder a una mayor diversidad, con variantes no contenidas en el germoplasma disponible en las variedades de su localidad (Wood y Lenne 1997).

Agrupamientos cualitativos y cuantitativos

En la Figura 1 se incluye el fenograma cualitativo construido a partir de la matriz de similitud entre genotipos. En el mismo, se puede apreciar que el nivel mínimo de similitud entre los materiales fue del orden del 75%, pese a que en los 34 atributos incluidos para el análisis se presentó polimorfismo. Lo anterior indica que las características de índole cualitativa se encuentran ampliamente distribuidas en los materiales con diferentes arreglos a nivel de accesión, lo cual señala amplia posibilidad para la selección de genotipos con combinaciones específicas de atributos. Con relación a la distribución de variabilidad cualitativa en la colección, se encontró una frecuencia unitaria en 20 estados, correspondientes a 14 características (datos no presentados), lo cual indica prioridad de conservación de las accesiones que presentan estas variantes.

Dado que las características cualitativas corresponden en alto grado a la expresión de alelos de genes específicos, o sea, que pueden ser empleadas como marcadores genéticos (Van Hintum 1995) y que dichos alelos marcan igualmente genes ligados a los mismos, la variabilidad representada por las variantes con frecuencia unitaria, no solo se refiere a los alelos correspondientes, sino también a otras características genéticas ligadas a éstos en la vecindad del cromosoma. Lo anterior enfatiza la importancia de las accesiones con estados únicos, las cuales pueden ser identificadas a través de bases de datos con la información de cada una de las variables por genotipo, o a través de la publicación de catálogos detallados de las características por material. Como puede apreciarse en la Figura 1, en la colección existe una dispersión amplia de similitud cualitativa entre materiales con valores que fluctúan entre el 100 y el 75%. Los genotipos Ecuador 10 (LA 1479) y México 7 (LA 1545), exhibieron un 100% de similitud cualitativa, lo cual significa que éstos presentaron los mismos valores para los 39 atributos cualitativos registrados; sin embargo, como puede verse en la Figura 2, en la cual se incluye el fenograma cuantitativo, éstos se diferenciaron claramente por una distancia amplia entre los mismos.

Tabla 3. Desviación estándar, coeficiente de variación y moda de las características cualitativas registradas en la colección de *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* en comparación con los valores obtenidos para estos estimadores con la variedad obsoleta 'Marglobe'

Variable	<i>Lycopersicon esculentum</i> var. <i>cerasiforme</i>			'Marglobe'
	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Moda	Moda
Antocianina hipocotilo	0	0	Presente	Presente
Habito de crecimiento	0,1099	10,859	Indeterminado	Indeterminado
Tipo de tallo	0	0	Flexible e inflexible	Flexible e inflexible
Pubescencia del tallo	0	0	Presente	Presente
Posición de las hojas	0,690	40,06	Horizontal	Caída
Tipo de hojas	0,1099	10,859	Estándar	Estándar
Pubescencia de hojas	0,9573	29,11	Pubescente	Pubescente
Antocianina venas	0,396	203,41	Ausente	Ausente
Tipo de inflorescencia	0,432	36,82	1 ramificación	1 ramificación
Fasciación de flores	0,2971	304,60	Ausente	Ausente
Tipo de pistilo	0,7130	37,00	A nivel	Inserto
Pubescencia estilo	0,07	7,844	Presente	Presente
Variación tamaño fruto	1,00	61,85	Uniforme	Media
Forma del fruto	0,88	32,11	Muy redondo	Redondeado
Color del fruto inmaduro	0,05	5,504	Verde oscuro	Verde oscuro
Color de la piel maduro	0,3052	16,09	Amarillo	Amarillo
Color interior fruto maduro	1,51	33,78	Rojo	Rojo
Intensidad del color	1,323	27,48	Media	Claro
Color de fruto maduro	1,768	37,92	Rojo	Rojo
Sección transversal fruto	1,22	77,99	Redonda	Ovalada
Tipo de pedicelo	0	0	Abscisión zona media	Abscisión zona media
Longitud del pedicelo	1,53	27,96	Largo	Largo
Área del pedicelo	1,08	60,87	Aplanada	Ligeramente deprimida
Tamaño cicatriz pedicelar	1,02	77,99	Pequeña	Grande
Tamaño área corchosa	1,19	29,49	Pequeña	Mediana
Forma cicatriz pistilar	0,60	50,58	Punteada	Punto
Costillas extremo pistilar	1,79	113,09	Ausente	Ligeras
Forma extremo pistilar	0,24	12,42	Plano	En punta
Condición cicatriz pistilar	0,54	26,66	Cerrada	Cerrada
Firmeza del fruto	1,27	22,49	Media	Firme
Rajaduras radiales	1,70	86,17	Ausente	Ausente
Rajaduras concéntricas	1,01	79,00	Ausente	Ausente
Fasciación de fruto	0,2608	356,44	Ausente	Ausente
Espacios vacíos	0,4533	929,45	Ausente	Ausente
Facilidad de pelado	1,06	16,52	Buena	Buena
Remoción del pedicelo	0,921	1412	Buena	Buena
Madurez a parches	0,46	633,42	Ausente	Ausente
Pudrición extremo apical fruto	0	0	Ausente	Ausente
Uniformidad posmaduración	0,482	35,31	Estándar	Uniforme

Tabla 4. Desviación estándar, coeficiente de variación, promedio, intervalo e intervalo de valores para las características cuantitativas registradas en la colección de *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* en comparación con los valores obtenidos para estos estimadores con la variedad obsoleta de tomate de mesa 'Marglobe'

Variable	<i>Lycopersicon esculentum</i> var. <i>cerasiforme</i>				Variedad 'Marglobe'	
	Desv. Estánd.	C.V. %	Promedio o Moda*	Intervalo o Moda ***	Promedio	Dms** Cerasif. vs Marglobe
Número de hojas debajo de primera inflorescencia	1,89	18,32	10a	6-17	9a	2,27
Longitud de entrenudos	1,58	32,86	4,79b	1,80-8.70	7,78a	1,34
Folíolos por hoja	0,89	12,84	7b	5-9	9a	1,41
Número de verticilos	0,44	8,53	5b	3-7	6a	0,65
Flores por inflorescencia	2,31	29,69	7a	4-20	6a	2,02
Tamaño de planta a floración	23,60	61,40	38,44b	17-105	78,50a	38,85
Tamaño del fruto	0,72	32,79	2,21b	1,20-4.50	5,35a	0,63
Número de loculos	0,83	34,55	2b	2-8	6a	1,07
Días a floración	15,92	19,86	80a	49-137	80a	12,93
Espesor del pericarpio	0,14	109,73	0,12b	0,01-1,60	0,33b	0,20
Sólidos solubles	1,24	18,27	7a	4-11	5,75b	1,30

* Promedio en el caso de variables continuas y moda en caso de variables discretas

** (Probabilidad de error $p=0.05$)*** Entre promedios o modas marcados con la misma letra, en cada variable, no hay diferencias estadísticas significativas entre los cerasiformes y Marglobe (Prueba de Student $p=0.05$).

En el fenograma cualitativo se puede apreciar una amplia dispersión de los genotipos del área Andina, en especial aquellos colectados en Ecuador y Perú, aún cuando el mayor grado de variabilidad tiene como sesgo el hecho de que se incluyó un mayor número de accesiones provenientes de estos países, presentándose igualmente dispersión en los materiales de Colombia y de Mesoamérica, incluyendo México, lo cual señala potencialidad de utilización de las variantes y combinaciones, presentes en este germoplasma. En el contexto anterior, Paredes (1996) indicó que el tomate cerasiforme perdió variabilidad durante el proceso de migración desde los Andes hasta Mesoamérica, área de domesticación del mismo, sustentando ésta hipótesis en la mayor diversidad ge-

nética encontrada en cultivares antiguos y en silvestres de la región de origen.

Considerando subgrupos, con niveles de similitud cualitativa superiores al 82%, el único caso en que se conformaron conglomerados con materiales provenientes de una misma área geográfica, fue en el de accesiones del área Andina (Perú, Ecuador, Colombia). En estudios previos, Williams y St Clair (1993), señalaron la existencia de conglomerados de tomates cerasiformes originarios del área Perú - Ecuador con altos niveles de variabilidad, señalando los autores, de acuerdo con postulados previos de Rick *et al.*, 1974, que una buena parte de la riqueza genética de estos materiales, se originó a partir de introgresión de los cerasiformes con la especie simpátrica *Lycopersicon pimpinellifolium*. Adicionalmente, se

conformaron agrupamientos Intermezclados que incluyeron materiales del área Andina, de Mesoamérica y de otras zonas del mundo diferentes al centro primario de diversidad, dispersándose en el fenograma los materiales provenientes de zonas diferentes al centro primario de diversidad, agrupando estos materiales indistintamente con genotipos del área Andina o de Mesoamérica, con base en las 34 características en las cuales se encontró polimorfismo.

Con relación al agrupamiento de materiales del área Andina con accesiones de Mesoamérica y de México, la similitud puede haber resultado de la introgresión de los cerasiformes con cultivares comerciales viejos sembrados en ambas regiones. Rick and Holle (citados por Williams y St Clair 1993), puntualizan que en el caso de Sur Améri-

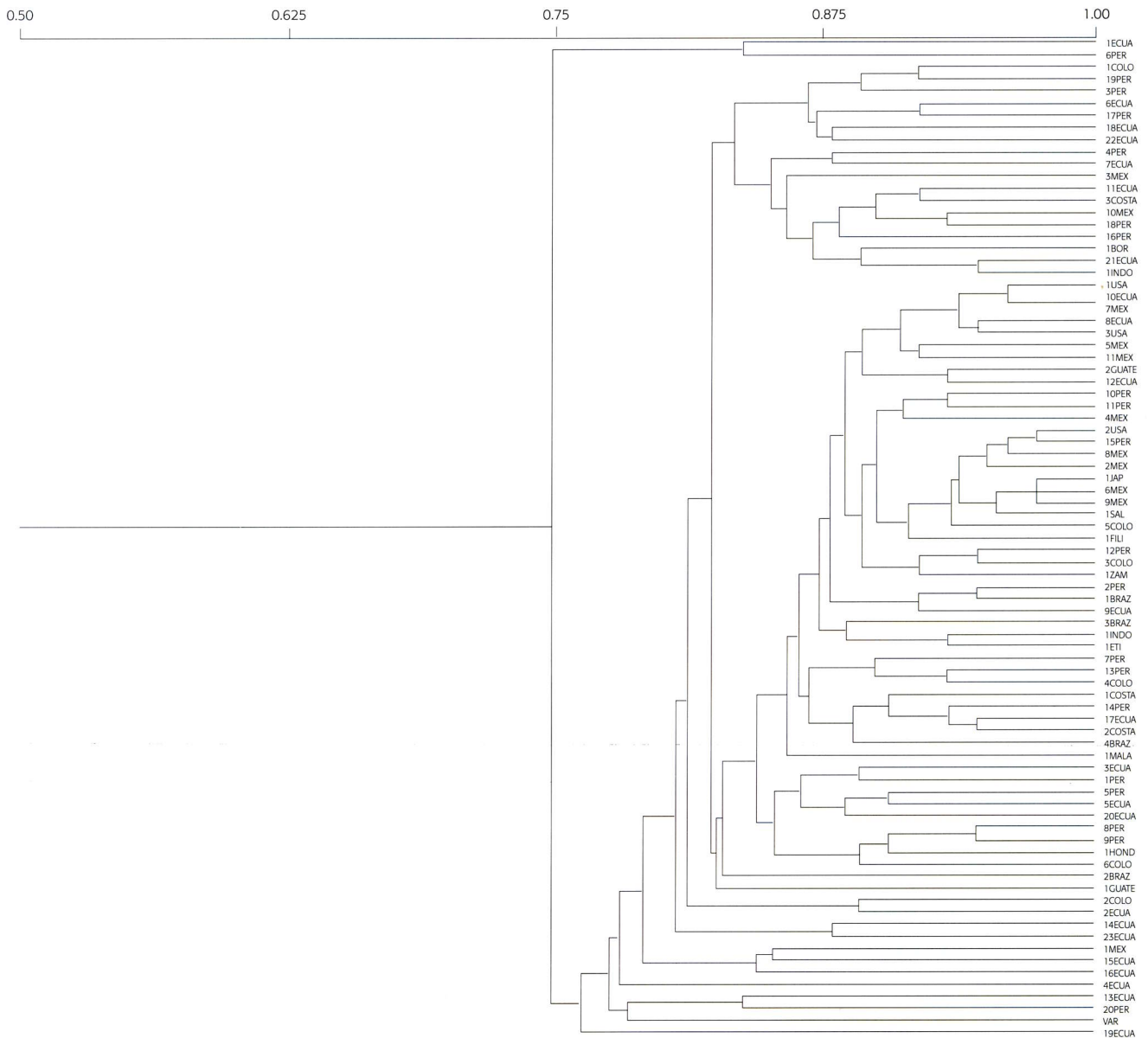


Figura 1. Fenograma cualitativo obtenido a partir de 34 variables registradas en 82 genotipos de tomate tipo cerasiforme y la variedad obsoleta "Marglobe".

ca, ciertos cultivares obsoletos se cultivaban en las áreas en las cuales se encontraban los cerasiformes, antes de los procesos de colecta de los mismos, con introgresión genética unidireccional a partir de los cultivares hacia los cerasiformes, favorecida por el mayor grado de excreción de los estigmas en los cerasiformes (Rick 1958, 1976). Los niveles de dispersión de los materiales apuntan a la no existencia de un patrón definido de similitud cualitativo por macrorregiones, ni aún por microrregiones, lo cual se tipifica en el caso de los materiales Ecuador 2 (LA1226), Ecuador 3 (LA 1228) y Ecuador 4 (LA 1230), los cuales fueron colectados en Morona-Santiago, presentándose disimilitud entre los mismos. Otra posibilidad con relación a lo anterior, es que materiales colectados en una zona tienen su origen en otras áreas, habiendo sido transportados por la acción humana.

Con relación a la variedad comercial 'Marglobe', obtenida por la Universidad de Florida en 1925, a través de trabajos realizados por Weber en un programa que buscó combinar resistencia a una serie de patógenos (Crill *et al.*, 1977), ésta estuvo cerca de los valores mínimos de similitud, con relación a la colección de cerasiformes, siendo los materiales más cercanos a ésta Ecuador 19 (LA 2140A), originario de la localidad de Huambi en Santiago-Morona, Perú 20 (LA 2313), colectado en Jumbilla, Amazonas y Ecuador 13 (LA 2095), proveniente de La Cidra, Loja. Como se observa en el fenograma cuantitativo, (Figura 2) se presentó una amplia dispersión entre los materiales, sin un patrón definido de agrupamiento por áreas geográficas y una coincidencia casi nula con los agrupamientos obtenidos mediante medición de grados de similitud cualitativa, incluidos en la Figura 1. Lo anterior era previsible ya que la expresión de las características cuantitativas depende tanto del genotipo como del ambiente, en tanto que los atributos cualitativos están relacionados con alelos de genes sin interferencia ambiental (Van Hintum 1995), o con poca interacción con el medio ambiente.

Adicionalmente, los patrones evolutivos cualitativos y cuantitativos son diferentes, ya que en los primeros hay una acción antrópica importante de selección de ciertas características, especialmente aquellas relacionadas con la parte aprovechable de la planta, sin que éstas estén necesariamente relacionadas con productividad, en tanto que la selección por características cuantitativas viene dada en alto grado por la adaptación a determinados ambientes y por el rendimiento de los materiales. Dada la na-

turalidad genética compleja de los atributos cuantitativos y que éstos están asociados con características tanto morfométricas como con caracteres agronómicos importantes (Van Hintum 1995), relacionados muchos de ellos con rendimiento, los agrupamientos presentados en el fenograma cuantitativo pueden servir de base para la detección de conjuntos de materiales con adaptaciones similares. Lo anterior se deriva de que la medición practicada en un solo ambiente permite expresar la convergencia cuantitativa de los materiales por las 11 características estudiadas. En consonancia con lo anterior, Van Beuningen y Busch (1997) afirmaron que los caracteres cuantitativos no son apropiados como marcadores genéticos por estar influidos por el medio ambiente, por estar sujetos a efectos pleiotrópicos y epistáticos y por ser codificados por un número indeterminado de genes; pero que los estimados de similitud fenotípica son una indicación de la semejanza genotípica entre los materiales.

El fenograma cuantitativo incluido en el presente trabajo, da pautas para la selección de parentales con amplia distancia, lo cual incrementa las posibilidades de transgresión genética, máxime si se tiene en cuenta que los valores de disimilitud entre materiales corresponden a la sumatoria de diferencias de 11 características, las cuales, por su misma naturaleza, están condicionadas por numerosos genes. Igualmente, la información de distancias puede servir como indicador de heterosis en la primera generación híbrida. En el contexto anterior existe un amplio consenso entre los mejoradores, en cuanto a la importancia de la diversidad genética para la selección de parentales en programas de mejoramiento, siendo ampliamente utilizada la diversidad geográfica de orígenes como medida de variabilidad genética, premisa que no se cumple en todos los casos. Así, en el presente estudio se encontró independencia en cuanto al origen y al agrupamiento de los materiales a nivel tanto cualitativo como cuantitativo, resultado con el cual ha coincidido un grupo de investigadores, incluyendo Mool, Salhuana y Robinson (1962); Timothy (1963); Murty y Arunachalam (1966).

Con relación a los agrupamientos por características cuantitativas Bath (1970) indicó que éstos y el cálculo de las distancias entre materiales son importantes como criterio de selección, ya que los materiales incluidos en el mismo conglomerado, presumiblemente difieren poco con

relación a las características utilizadas para el análisis. Segregantes con transgresión genética, a partir de parentales con amplia distancia, han sido reportados en diversos cultivos (Cox 1979; Cox y Frey 1984; Cowen 1987) y otros autores han señalado asociación entre la distancia entre genotipos, obtenida a partir de atributos morfológicos y características asociadas con el rendimiento, y la heterosis en la generación F1 en diferentes especies, entre las cuales están: algodón (Marani 1963; Marani y Avieli 1973), alfalfa (Sriwatanapongse y Wilsie 1968), avena (Jenkins 1969), trigo (Fonseca y Patterson 1968; Sun *et al.*, 1972; Paterniani y Lonquist 1963), frijol (Ghaderi *et al.*, 1984), lino (Murty y Anan 1965), caupí (Ramanujam *et al.*, 1974; Ghaderi *et al.*, 1979), y canola (Ali *et al.*, 1995), entre otros.

Un aspecto destacable en el fenograma cuantitativo es el que la variedad obsoleta 'Marglobe', exhibió la mayor distancia con relación a todos los cerasiformes, lo cual puntualiza que ésta, está adaptada a condiciones ecológicas diferentes a aquellas en las cuales se desarrollaron los cerasiformes. En este sentido, 'Marglobe', fue desarrollada por un programa de mejoramiento formal, inserto en el paradigma de productividad y alto requerimiento de insumos externos, en contraste con los cerasiformes, los cuales pertenecen a la categoría de materiales de agricultor, y que generalmente se siembran en poblaciones pequeñas (Williams y St Clair 1993), estando adaptados a ambientes con bajo uso de insumos externos. Como puede apreciarse en el fenograma cuantitativo, la mayor similitud de 'Marglobe' se presentó con el material Ecuador 22 (LA2142), originario de Cambanaca en la provincia de Santiago Morona, existiendo coincidencia con el fenograma cualitativo en cuanto a la similitud de la variedad 'Marglobe' con materiales del área Andina. Se destaca con relación al resultado anterior y al obtenido con los atributos cualitativos, que una de las accesiones con mayor similitud con 'Marglobe', Ecuador 19 (LA2140A), es originaria de otra localidad de la provincia de Santiago Morona. El grado de semejanza cualitativa y cuantitativa podría deberse a algún grado de introgresión de características de 'Marglobe' hacia los cerasiformes de la zona en mención, ya que antes de la colecta de los mismos, se sembraron ampliamente en Suramérica cultivares obsoletos (Rick and Holle, citados por Williams andt Claeir 1993), los cuales incluían la variedad 'Marglobe'.

En la Figura 3 se muestra el fenograma construido conjuntamente con las carac-

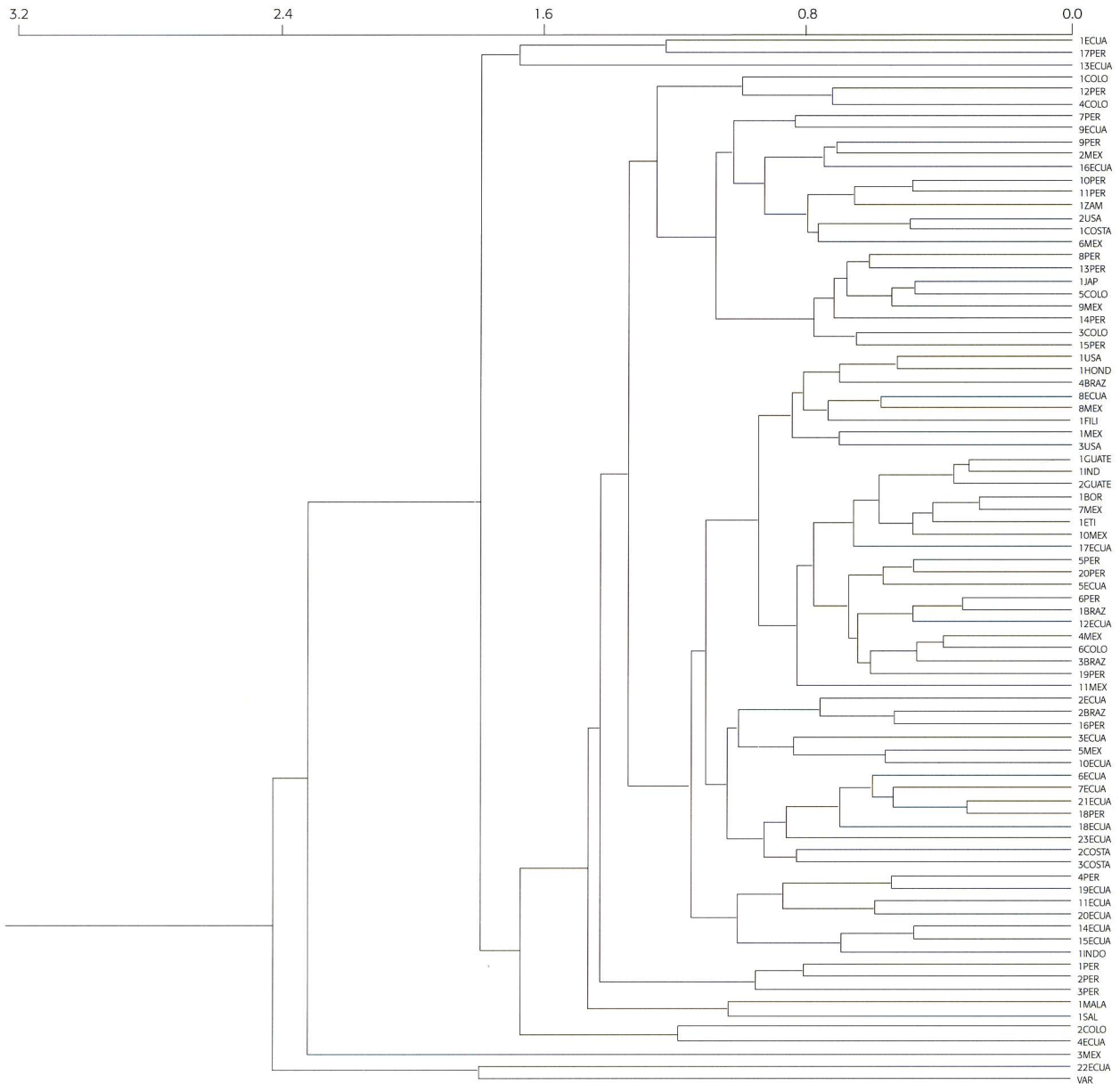


Figura 2. Fenograma cuantitativo obtenido a partir de 11 variables registradas en 82 genotipos de tomate tipo cerasiforme y la variedad obsoleta "Marglobe".

terísticas cualitativas y cuantitativas, para lo cual, como se señaló en materiales y métodos, se transformaron los atributos cuantitativos a escalas binarias aditivas, las que semejan herencia de tipo cuantitativo basada en varios pares de genes, asumiéndose que no existían desviaciones de epistasia, con un máximo de cuatro pares de genes por variable cuantitativa.

El fenograma, producto de la unión de información cualitativa y cuantitativa, permite inferir la existencia de amplia dispersión de los materiales provenientes de diversas zonas geográficas, con la conformación de algunos subgrupos compuestos por accesiones de la zona de origen de los cerasiformes, Ecuador y Perú. Lo anterior concuerda con lo presentado en forma individual para la va-

riabilidad cualitativa y la cuantitativa, en el sentido de que no es clara la existencia de un patrón definido de agrupamiento relacionado con orígenes geográficos. Se puede apreciar que la similitud más baja, con base en la información registrada para los atributos, tanto cuantitativos como cualitativos, fue del 25%, lo cual está en consonancia con lo discutido previamente sobre variación de ambas categorías. Esto es, que existe una amplia dispersión de las características, con diferentes arreglos de la variación total a nivel de accesiones individuales, considerando que se encontró polimorfismo en 34 de las 39 características cualitativas y en los 11 atributos cuantitativos registrados, ampliándose en el caso presente, en forma sensible, el número de variables de

esta última índole por la metodología empleada de aproximación a escalas binarias con acción aditiva.

La metodología empleada para el análisis conjunto de las variables cualitativas y cuantitativas, permitió diferenciar la colección de tomates de la variedad botánica 'Marglobe', perteneciente a la variedad botánica *esculentum*, lo cual indica que la unión en escalas binarias de todas las variables tuvo poder discriminante a nivel de variedad botánica. Lo anterior no fue completamente claro en los análisis individuales cualitativo y cuantitativo, en los cuales 'Marglobe' agrupó con cerasiformes del área Andina aunque en forma distante. El no agrupamiento es más lógico ya que, pese a que los materiales de frutos

grandes se originaron a partir de los tomates tipo cereza, la base genética empleada para el desarrollo de las variedades obsoletas norteamericanas, entre las cuales está incluida 'Marglobe', fue estrecha y correspondía a germoplasma reintroducido de Europa, el cual presentaba mayor similitud con cerasiformes de México (Rick *et al.*, 1974). En el contexto anterior Rick (1976) y Rick y Yoder (1988) señalaron que la baja diversidad de los cultivares obsoletos es atribuible a la endogamia de una colección reducida de materiales introducida a Europa por los españoles, a partir de la cual se originaron luego las variedades americanas.

Otro argumento para la existencia de

baja similitud es el hecho de que, en el momento de la obtención de 'Marglobe', los cerasiformes habían sido poco colectados y por ende, no utilizados en los programas de desarrollo de dichos cultivares. Al respecto, se ha indicado que la colecta de germoplasma de tomate y especies relacionadas se inició en forma sistemática a partir de 1940 (Warnock 1988). Lo anterior señala que el método utilizado, el cual une con igual peso, marcadores morfológicos correspondientes a alelos, cuya expresión es poco afectada por el ambiente y caracteres cuantitativos con aproximación a genes múltiples relacionados con adaptación, podría ser de utilidad por su valor para clasificación y sistemática, me-

reciendo evaluaciones posteriores en cuanto al poder de la metodología en este sentido, comparando los resultados logrados con clasificaciones obtenidas a través del empleo de marcadores de tipo bioquímico y molecular.

La dificultad de unir información cualitativa y cuantitativa para un análisis más completo de la variabilidad, ha sido puntualizada, lo cual llevó a Cole-Rodgers *et al.*, (1997) a la propuesta de utilizar métodos binarios, similares al empleado en el presente trabajo, para igualar los valores numéricos asignados a las características de las dos índoles y de esta forma realizar análisis combinado; los investigadores indicaron que el método permite adicionar

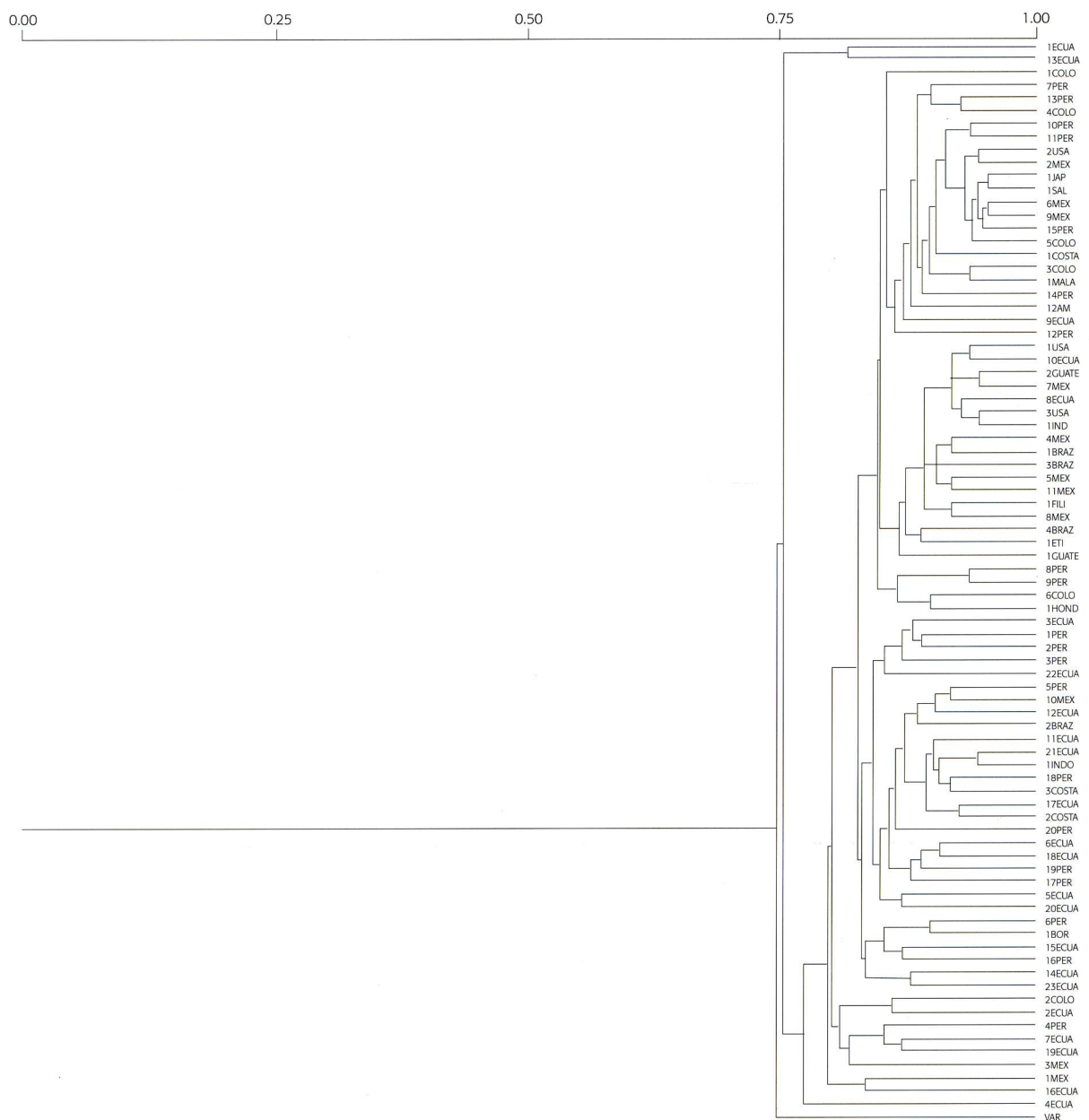


Figura 3. Fenograma cuantitativo - cualitativo obtenido mediante transformación a escalas binarias de los 34 atributos cualitativos y 11 cuantitativos registrados en 82 genotipos de tomates tipo cerasiforme y la variedad obsoleta "Marglobe".

nuevas características registradas en las colecciones, lo que puede ser de amplia utilización. Los resultados del presente trabajo indican una amplia posibilidad de empleo de la colección estudiada, dada la variabilidad de índole cualitativa y cuantitativa presente en las accesiones incluidas y los niveles de arreglos de las variables de ambos tipos, siendo posible ubicar materiales con conjuntos de atributos cualitativos deseados y con genes cuantitativos asociados, con diferente adaptación y capacidad productiva a nivel de los cerasiformes estudiados.

La variabilidad de la colección muestra su potencial de utilización en programas de mejoramiento, tanto para la producción de tomates tipo cerasiforme, como para introgresión de características a las variedades de fruto grande y de industria. Sobre esa base se ha reconocido la necesidad de emplear una variabilidad amplia para producir variedades adaptadas a ambientes de baja capacidad productiva o marginales (Cooper *et al.*, 1998; IPGRI 1998c) y que la necesidad de combinar altas productividades con enfoques sostenibles, señala una participación importante de la utilización de los recursos genéticos en áreas de alta productividad (Cooper *et al.*, 1998), precisándose de un suministro continuo de variabilidad genética para mantener los niveles de rendimiento (IPGRI 1998d). Un elemento importante constituyente de dicha diversidad son las poblaciones conservadas por los agricultores, categoría a la cual pertenecen los tomates cerasiformes incluidos en el presente estudio. Este tipo de poblaciones, frecuentemente contiene genes cuya transferencia puede resultar en mejoramientos significativos del comportamiento de las variedades mejoradas (IPGRI 1998d). Adicionalmente, se ha indicado que gran parte de la diversidad genética disponible en los diferentes acervos de los cultivos no ha sido utilizada hasta el momento en los programas de mejoramiento (Gepts 1993), siendo un componente importante del acervo primario del tomate, los cerasiformes, los que, como se señaló, se han considerado los precursores del mismo (Williams y St Clair 1993).

Conclusiones

- En la colección de tomates estudiada tipo cerasiforme, se detectó amplia variabilidad cualitativa y cuantitativa con polimorfismo en 34 de 39 atributos de la primera categoría y en las 11 variables registradas de la segunda clase.

- Las agrupaciones cualitativas presen-

taron baja coincidencia con aquellas de tipo cuantitativo.

- No se obtuvo un patrón definido de correlación entre agrupamientos y el origen geográfico de los materiales provenientes de la zona de origen y del centro de domesticación de los cerasiformes.

- La variedad obsoleta 'Marglobe', estuvo cerca a los valores mínimos de similitud cualitativa con relación a los cerasiformes y la mayor distancia cuantitativa con éstos, agrupando, en ambos casos, con materiales provenientes de la zona de Santiago Morrona, Ecuador.

- El análisis conjunto de la variabilidad cualitativa y cuantitativa tuvo efecto discriminante a nivel de variedades botánicas, diferenciando los tomates tipo cereza (var. cerasiforme) del cultivar 'Marglobe', perteneciente a la variedad botánica *esculentum*.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali, M.; Copeland, L.O.; Elias, S.G. and Kelly, J.D. 1995. Relationships between genetic distance and heterosis for yield and morphological traits in winter canola (*Brassica napus*). *Theoretical and Applied Genetics* 91: 118-121.
- Bath, G.M. 1970. Multivariate analysis approach to selection of parents for hybridization aiming at yield improvement in self-pollinated crops. *Australian Journal of Agricultural Research* 21: 1-7.
- Beusenlick, P.R. and Steiner, J.J. 1992. A proposed framework for identifying, quantifying and using plant germplasm resources. *Field Crops Research* 29: 261-272.
- Brown, A.H.D.; Grace, J.P. and Speer, S.S. 1987. Designation of a "core collection" of perennial *Glycine*. *Soybean Genetics Newsletter* No. 14: 59-70.
- Cain, A.J. and Harrison, G.A. 1958. An analysis of the Taxonomist's Judgement of Affinity. *Zoological Society of London, Proceedings* 131: 85.
- Cole-Rodgers, P.; Smith, D.W. and Bosland, P.W. 1997. A novel statistical approach to analyze genetic resource evaluations using 'Capsicum' as an example. *Crop Science* 37: 1000-1002.
- Cooper, H.D.; Spillane, C.; Kermali, I. and Anizhetty, N.M. 1998. Harnessing plant genetic resources for sustainable agriculture. *Plant Genetic Resources Newsletter* No 114: 1-8.
- Cox, D.J. and Frey, K.J. 1984. Improving cultivated oats (*Avena sativa* L.) with alleles for vegetative growth index from *A. sterilis* L. *Theoretical and Applied Genetics* 68: 239-245.
- Cox, T.S. 1979. Inheritance and complementarity of genes for high groat protein from two *Avena* species. Iowa State University Library, Ames. Iowa. (M.Sc. Thesis).
- Coewn, N.M. 1987. Relationships between three measures of genetic distance and breeding behaviour in oats (*Avena sativa* L.). *Genome* 29: 97-106.
- Crill, P.; Burgis, D.S.; Jones, J.P. and Augustine, J. 1977. Tomato variety development and multiple disease control with host resistance. Florida Agricultural Experiment Station, Gainesville. 35p. (Monograph Series No. 10).
- Crisci, J.V. y López, M.F. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Serie de Biología. Secretaria General de la OEA. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. 132p. (Monografía No. 26)
- Cuartero J.; Gámez-Guillamon, M. and Díaz, A. 1985. Catalogue of collections of *Lycopersicon* from Peruvian central areas. Report Tomato Genetic Cooperative 35:32-35.
- FAO. 1996. Plan de acción mundial para la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. FAO, Roma. 64p.
- Fonseca, S. and Patterson, F.L. 1968. Hybrid vigor and a seven parent diallel cross in common winter wheat. *Crop Science* 8:85-88.
- Frankel, O.H. 1989. Principles and strategies of evaluation. In: A.H.D. Brown; O.H. Frankel; D.R. Marshall and J.T. Williams, (Eds.). *The Use of Plant Genetic Resources*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. p. 245-260.
- Gepts, P. 1993. The use of molecular and biochemical markers in crop evolution studies. *Evolutionary Biology* 27:51-94.
- Ghaderi, A.; Shisegar, M.; Rezai, A. and Ehdai, B. 1979. Multivariate analysis of genetic diversity for yield and its components in mung bean. *American Society for Horticultural Science. Journal* 104:728-731.
- Ghaderi, A.; Adams, M.W. and Nassib, A.A. 1984. Relationships between genetic distance and heterosis for yield and morphological traits in dry edible bean and faba bean. *Crop Science* 24:37-42.
- International Board For Plant Genetic Resources (IBPGR). 1991. Elsevier's Dictionary of Plant Genetic Resources. Elsevier, Amsterdam. 187p.
- International Plant Genetics Resources Institute (IPGRI). 1996. Descriptores para el tomate (*Lycopersicon* spp.). IPGRI. Roma. 44p.
- International Plant Genetics Research Institute (IPGRI). 1998a. Genetic diversity is essential for the long-term survival of all

living species. Briefing Sheet No 1. IPGRI-FAO. s.p.

International Plant Genetics Research Institute (IPGRI). 1998b. Conservation efforts can only be sustainable if linked effectively to the use of plant genetic resources. Briefing Sheet No 4 IPGRI-FAO. s.p.

International Plant Genetics Research Institute (IPGRI). 1998c. Genetic resources increase options for environmentally sound agriculture. Briefing Sheet No 2. IPGRI-FAO. s.p.

International Plant Genetics Research Institute (IPGRI). 1998d. Plant genetic resources are needed to meet ever-changing challenges to human survival and economic development. Briefing Sheet No 3. IPGRI-FAO. s.p.

Jenkins, J.A. 1948. The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany* 2:379-392.

Jenkins, G. 1969. Heterosis and combining ability in hybrids of *Avena sativa* L. and *A. bizantina* C. Koch. *Journal of Agricultural Science* 72 :85-92.

Keystone Center. 1991. Final Consensus Report: Global initiative for the security and sustainable use of plant genetic resources. Oslo Plenary Session. Genetic Resources Communications Systems, Washington, D.C.

Marani, A. 1963. Heterosis and combining ability for yield and components of yield in a diallel cross of two species of cotton. *Crop Science* 3:552-555.

Marani, A. and Avieli, E. 1973. Heterosis during the early phases of growth in intraspecific and interspecific crosses of cotton. *Crop Science* 13:15-18.

Marshall, D.R. 1989. Limitations to the use of germplasm collections. *In:* A.H.D. Brown; O.H. Frankel; D.R. Marshall and J.T. Williams, (Eds.). *The Use of Plant Genetic Resources*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. p. 105-120.

Miller, J.C. and Tanksley, S.D. 1990. RFLP analysis of phylogenetic relationships and genetic variation in the genus *Lycopersicon*. *Theoretical and Applied Genetics* 80:437-448.

Moll, R.H.; Salhuana, W.S. and Robinson, H.F. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *Crop Science* 2:197-199.

Murty, B.R. and Aanand, I.J. 1965. Combining ability and genetic diversity in some varieties of *Linum usitatissimum*. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 26:21-36.

Murty, B.R. and Arunachalam, V. 1966. The nature of divergence in relation to breeding system in some crop plants. *Indian Journal of Genetics A* 26:188-198.

Ordas, A.; Malvar, R.A. and de Ron, A.M. 1994. Relationships among American and

Spanish populations of maize. *Euphytica* 79:149-161.

Paredes, M. 1996. Evaluación de la diversidad genética de tomates: Uso actual y potencial de las técnicas moleculares. *In:* A. Cubillos (Ed.). *Conservación in situ de especies silvestres del género Lycopersicon*. Seminario Taller. INIA. Santiago de Chile, Chile Serie La Platina No 68. p. 25-41.

Paterniani, E. and Lonquist, J.H. 1963. Heterosis in interracial crosses of corn (*Zea mays* L.). *Crop Science* 3:504-507.

Plucknett, D.L.; Smith, N.J.H.; Williams, J.T. and Anishetty, N.M. 1987. Gene banks and the world's food. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Ramprasad, V. 1998. Genetic engineering and the myth of feeding the world. *Biotechnology and Development Monitor* No. 35:24.

Ramanujam, S.; Tiwari, A.S. and Mehra B.B. 1974. Genetic divergence and hybrid performance in mung bean. *Theoretical and Applied Genetics*. 45:211-214.

Rick, C.M. 1958. The role of natural hybridization in the derivation of cultivated tomatoes of western South America. *Economic Botany* 12:346-367.

Rick, C.M. 1976. Tomato. *In:* N.W. Simmonds (Ed.). *Evolution of crop plants*. Longman Group. London. p 268-273.

Rick, C.M. 1987. Genetic resources in *Lycopersicon*. *In:* D.J. Nevins and R.A. Jones (Eds.). *Tomato Biotechnology*. Alan Liss Publishers, New York. p. 17-26.

Rick, C.M. and Holle, M. 1990. Andean *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*: genetic variation and its evolutionary significance. *Economic Botany* 44:69-78.

Rick, C.M. and Yoder, J.I. 1988. Classical and molecular genetics of the tomato: highlights and prospects. *Annual Review of Genetics* 22:281-300.

Rick, C.M.; Zobel, R.W. and Fobes, 1974. Four peroxidase loci in red fruited tomato species: Genetics and Geographic distribution. *National Academy of Sciences. Proceedings* 71:835-839.

Sneath, P. H. and Sokal, R.R. 1973. *Numerical Taxonomy*. W.H. Freeman and Co., San Francisco. 573p.

Sriwatanapongse, S. and Wilsie, C.P. 1968. Intra- and inter-variety crosses of *Medicago sativa* L. and *Medicago falcata* L. *Crop Science* 8:465-466.

Sun, P.L.F.; Shands, H.L. and Forsberg, R.A. 1972. Inheritance of kernel weight in six spring wheat crosses. *Crop Science* 12:1-5.

Timothy, D.H. 1963. Genetic diversity, heterosis and the use of exotic stocks in maize in Colombia. *Symposium of Statistics, Genetics and Plant Breeding*. Raleigh, North Carolina. p. 581-591.

Tomato Crop Germplasm Committee. 1996. Tomato crop germplasm committee

report, 1996. National Plant Germplasm System USA, Washington. p 1-6.

Van Beuningen, L.T. and Busch, R.H. 1997. Genetic diversity among North American spring wheat cultivars: III. Cluster analysis based on quantitative morphological traits. *Crop Science* 37:981-988.

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.

Warnock, S.J. 1988. A review of taxonomy and phylogeny of the genus *Lycopersicon*. *HortScience* 23:669-673.

Williams, C.E. and St Clair, D.A. 1993. Phenetic relationships and levels of variability detected by restriction fragment length polymorphism amplified polymorphic DNA analysis of cultivated and wild accessions of *Lycopersicon esculentum*. *Genome* 36:619-630.

Wood, D. and Lenne, J.M. 1997. The conservation of agrobiodiversity on-farm : Questioning the emerging paradigm. *Biodiversity and Conservation* 6:109-129.