

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMIA
POSTGRADO EN AGRONOMIA

CARACTERIZACION MORFOLOGICA Y MOLECULAR DE AJI *Capsicum sp.* EN
VENEZUELA.

MARACAY, FEBRERO 2014

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMIA
POSTGRADO EN AGRONOMIA

CARACTERIZACION MORFOLOGICA Y MOLECULAR DE AJI *Capsicum spp.* EN
VENEZUELA.

AUTOR: ROSA V. JIMÉNEZ
TUTOR: DR HERNÁN LAURENTIN

MARACAY, FEBRERO 2014

INDICE GENERAL

LISTA DE CUADROS.....	
LISTA DE FIGURAS.....	
RESUMEN.....	
INTRODUCCION.....	
REVISION DE LITERATURA.....	
Generalidades del cultivo del cultivo.....	
Variabilidad genética.....	
Recursos fitogeneticos.....	
Caracterización.....	
Caracterización morfológica en <i>Capsicum</i>	
Caracterización molecular en <i>Capsicum</i>	
MATERIALES Y METODOS.....	
Ubicación del experimento.....	
Material vegetal.....	
Caracterización morfológica.....	
Caracterización molecular.....	
Extracción de ADN.....	
Amplificación PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa).....	
Análisis estadístico.....	
Datos morfológicos.....	
Datos genéticos.....	
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	
Análisis morfológico.....	
Análisis molecular.....	
CONCLUSIONES.....	
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	
ANEXOS.....	

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1. Sinopsis taxonómica del género *Capsicum* spp.....
- Cuadro 2. Procedencia de los 25 cultivares de ají (*Capsicum* spp.) caracterizados...
- Cuadro 3. Descriptores morfológicos aplicados para *Capsicum* según IPGRI (1995).....
- Cuadro 4. Marcadores RAPD probados y secuencia de bases para cada iniciador...
- Cuadro 5. Descriptores de características cuantitativas y estadísticos simples de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela.....
- Cuadro 6. Distribución de frecuencia de variables cualitativas nominales de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela.....
- Cuadro 7. Distribución de frecuencia medianas y moda de variables cualitativas ordinales de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela.....
- Cuadro 8. Medias de cultivares para 08 variables cuantitativas utilizadas en la caracterización de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela...
- Cuadro 9. Características cualitativas del fruto de cultivares tipo de ají (*Capsicum* sp.) estudiadas en Venezuela.....
- Cuadro 10. Matriz de correlación simple entre 22 variables cuantitativas y cualitativas utilizadas en la caracterización de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela.....
- Cuadro 11. Autovalores del análisis de los componentes principales para 22 variables morfológicas en la caracterización de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela.....
- Cuadro 12. Autovectores de los primeros 4 componentes principales en la caracterización de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela.....
- Cuadro 13. Números y tipos de bandas RAPD generados por los iniciadores utilizados para la caracterización molecular de 15 cultivares de ají (*Capsicum* sp.).....

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Dendrograma obtenido a partir de la matriz de distancia (1- GS) mediante el algoritmo de UPGMA de los coeficientes de similitud de Gower con datos morfológicos en 25 cultivares de ají (*Capsicum* sp).....
- Figura 2. Representación gráfica del análisis de Coordenadas Principales obtenido a partir de la matriz de distancia (1- GS) mediante el algoritmo de UPGMA de los coeficientes de similitud de Gower con datos morfológicos en 25 cultivares de ají (*Capsicum* ssp).....
- Figura 3. Dendrograma obtenido a partir de la matriz de distancia (1- GS) mediante el algoritmo de UPGMA de los coeficientes de similitud de Jaccard con datos de marcadores *RAPD* de cultivares de ají (*Capsicum* ssp).....
- Figura 4. Representación gráfica del análisis de Componentes Principales obtenido a partir de la matriz de distancia (1- GS) mediante el algoritmo de UPGMA de los coeficientes de similitud de Jaccard con datos de marcadores *RAPD* en cultivares de ají (*Capsicum* ssp).....

RESUMEN

En la presente investigación se planteó como objetivo general caracterizar morfológica y molecularmente algunos cultivares de ají (*Capsicum* sp.) presentes en Venezuela. Se colectaron frutos de ají de las siguientes regiones: Zulia, Centroccidente, Oriente, Sur del país, durante el año 2009 proveniente de patios caseros, mercados y supermercados. Se evaluaron 25 cultivares de ají en campo, estas fueron sembradas en bandejas de 200 alvéolos y cumplieron su fase de plántula en los invernaderos Semilleros Hortícolas, ubicados en el Manzano Edo. Lara. La fase de campo para la evaluación morfológica se llevo a cabo en el año 2010 en una parcela experimental, ubicada en Sabana de Parra, Edo. Yaracuy. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, la unidad experimental correspondió a 5 plantas. Se evaluaron un total de veintidós (22) características morfológicas de acuerdo con los descriptores para *Capsicum* sp. propuestos por IBPGRI (1995), ocho (08) cuantitativos y catorce (14) cualitativos, de los cuales diez (10) arrojan datos de la parte vegetativa, uno (01) inflorescencia y fruto, ocho (08) de fruto y tres (03) de semilla. Para la caracterización molecular, se emplearon marcadores RAPD, 08 iniciadores para detectar polimorfismo, la extracción del ADN se hizo desde la semilla, y se estudiaron un total de 15 muestras de los 25 materiales caracterizados morfológicamente. Las variables morfológicas más discriminantes fueron peso del fruto, color del fruto maduro, forma del ápice del fruto, ancho y forma del fruto, forma del fruto en la unión con el pedicelo, ancho de la hoja. De los componentes principales, el primero explicó el 30% de la variabilidad total con las características ancho del fruto, forma del fruto y forma del fruto en la unión con el pedicelo. Las variables más relacionadas fueron: Longitud de la hoja y ancho de la hoja, ancho del fruto y peso del fruto, longitud del fruto y peso del fruto, forma del fruto y ancho del fruto. En el dendrograma se observó la formación de cinco grupos principales divididos en subgrupos. Entre los cultivares estudiados el C19 obtuvo el mayor tamaño y peso del fruto, C12 obtuvo el tamaño y peso menor del fruto. Dentro de los cultivares se encontraron frutos de diversos colores: amarillo limón (C2), naranja (C17) y rojos (C14) entre otros. Para la caracterización molecular de los 15 cultivares, los 8 iniciadores amplificaron un total de 51 alelos, sólo tres presentaron bandas monomórficas (OPE06, OPG10 y OPG18). En total amplificaron 48 alelos polimórficos. Los iniciadores OPE11, OPE06 y OPO18 generaron el mayor número de

bandas polimórficas 9, 8 y 8, respectivamente. Sin embargo, los iniciadores con mayor valor de diversidad genética fueron OPP17, OPO01, OPG18 y OPO18, siendo el OPP17 quien presentó menor coeficiente de desviación estándar. El agrupamiento mostró variabilidad entre los cultivares evaluados, formándose 3 grupos principales divididos en subgrupos.

Palabras claves: *Capsicum*, IBPGRI, RAPD.

INTRODUCCION

El ají (*Capsicum* sp.) pertenece a la familia Solanáceas, es originario del continente americano y comprende alrededor de 33 especies, de las cuales se acepta que existen 5 especies domesticadas: *C. annuum* L.(1753) *C. frutescens* L.(1753), *C. chinense* Jackuin, *C. baccatum* L.(1753) y *C. pubescens* Ruiz y Pavón (1799), (Saborio y Da Costa, 1992). Así mismo, algunos arqueólogos y antropólogos han encontrado en Perú y Bolivia restos de fósiles de ají que tienen más de 7000 años de antigüedad, lo que indica que el ají *Capsicum* sp. es originario de América del Sur y Central, donde se ha cultivado desde épocas precolombinas (Martínez *et al.*, 1989; Arias y Melgarejo, 2000).

El género *Capsicum* es nativo del nuevo mundo y está compuesto de especies silvestres, semidomesticadas y domesticadas, hecho que ha dado lugar a una gran cantidad de variedades adaptadas a los diferentes ambientes y a los requerimientos culturales donde se les cultiva. Por consiguiente, *Capsicum* ha sido una fuente de confusión taxonómica desde hace muchos siglos y las bases de estas dificultades taxonómicas se centran en la evolución paralela de la forma, tamaño y color de los frutos entre las especies domesticadas (Heisser, 1976; Mc Leod *et al.*, 1979).

Este género ha sido separado en dos grandes grupos de acuerdo al color de sus corolas (blanca y púrpura). Las especies domesticadas del género presentan esos dos tipos de color de corola, aunque se puede claramente diferenciar entre las especies *C. baccatum* y *C. pubescens*; la primera presenta la corola blanca y las anteras amarillas, la segunda la corola púrpura y las anteras púrpuras o violetas. La confusión se presenta entre las especies *C. annuum*, *C. chinenses* y *C. frutescens*, las tres presentan corola blanca a amarillo verdoso y las anteras púrpuras a violeta. Lo que las diferencia a nivel de claves taxonómicas es el número de flores por nudo, y la constricción del cáliz (Alcorces, 2001).

El área mundial con ají y pimentón ocupa alrededor de 1.341.438 ha, de las cuales el 31,9% corresponde al área sembrada en China, quien junto con México, Turquía, España y Nigeria es uno de los principales productores a nivel mundial (Ligarreto *et al.*, 2004)

El cultivo se ubica entre las siete hortalizas más cultivadas en el mundo con una producción mundial estimada en 24 millones de toneladas (Tm). Los principales países productores son China (12,5 millones de Tm) y México (1,9 millones). Aproximadamente el 25% de la producción mexicana va al mercado de exportación (FAO, 2005).

Por otro lado, entre las especies domesticadas del género *Capsicum* se encuentran las especies pungentes o ajíes picantes y las especies no pungentes, conocidas como ají dulce. Este último al igual que el resto de las especies es una hortaliza principalmente de consumo fresco como condimento en las comidas entre otros, y cuya demanda cada día es mayor.

En Venezuela la producción de ají dulce (*C. chinense*) ha crecido significativamente durante los últimos años. Las principales áreas productoras de ají dulce del país están localizadas en los estados Miranda, Bolívar y Mérida, los que aportaron aproximadamente 60% de la producción nacional en 1999 (Cedeño *et al.*, 2003).

Así mismo, para el año 2006, se lograron 3.083 has cosechadas con ají, siendo principales productores los estados Barinas, Cojedes, Guárico, Aragua, Trujillo y Sucre, con rendimientos promedios entre 9.000 y 16.000 kg/ha (MPPAT, 2007).

En Mérida, la mayor producción de ají dulce está concentrada en el municipio Autónomo Alberto Adriani (Jaimez, 1998), región donde se han venido sembrando cultivares provenientes del oriente del país. El cultivar más conocido en la zona es el 'pepón', cuyos frutos tienen un peso promedio de 15g (Pérez, 2002). La zona se caracteriza por presentar una temperatura promedio de 27°C, con máxima y mínima promedio de 32 y 23°C, respectivamente (Cedeño *et al.*, 2003).

Por otro lado, el ají dulce es una hortaliza de amplio uso culinario, su fragancia y sabor típico lo hace preferido en la preparación casera de alimentos; adicionalmente, es particularmente rico en vitaminas A y C, y aceites esenciales, compuestos aromáticos y carotenoides; estos compuestos se traducen en usos curativos para dolores, cicatrización, digestión, circulación (prevención de coágulos) y reducción de radicales libres en las células (Fernández y Russo, 2006).

La industria farmacéutica requiere cultivares con alto contenido de capsaicina, principio que se utiliza en la preparación de cremas analgésicas (Sein *et al.*, 1998). Desde

la prohibición del uso de colorantes sintéticos existe un creciente interés en especies de *Capsicum* como fuente de colorantes naturales.

De acuerdo a la gran diversidad de especies de *Capsicum*, a los diferentes materiales criollos dulces y picantes de ají existentes en el país, diversidad de usos, el incremento de la demanda mundial, los bajos rendimientos, se crea la necesidad de mejorar los materiales para obtener la producción de semilla certificada. Sin embargo, previo a esto es necesario conocer y estudiar la diversidad genética existente en el país.

Con base en las consideraciones anteriores se plantea la siguiente investigación, en la cual se pretende realizar la caracterización morfológica y molecular de materiales de ají cultivados en Venezuela, enmarcado en los objetivos que se describen a continuación.

OBJETIVOS

Objetivo General

Caracterizar algunos germoplasma de ají (*Capsicum* sp.) presentes en Venezuela.

Objetivos Específicos

Caracterizar morfológicamente 25 germoplasma de ají, a través de descriptores utilizados por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI).

Caracterizar molecularmente 15 germoplasma de ají, utilizando marcadores de ADN polimórfico amplificados al azar (RAPD).

REVISION DE LITERATURA

Generalidades del Cultivo

El género *Capsicum* pertenece a la familia Solanáceas, es originario del continente americano y comprende alrededor de treinta y tres especies, de las cuales veintiocho son silvestre y cinco (*annuum*, *baccatum*, *chinense*, *frutescens* y *pubescens*) son cultivadas (Bosland, 1994). En hallazgos arqueológicos se han encontrado bayas de *C. annum* que datan de 7.000 años AC en las cavernas de Tamaulipas y Tehuacan (México) y de *C. baccatum* de 2.500 años AC en Huaca Prieta (Perú) (Brucher, 1989). Lippert *et al.*, (1966) señalaron a México como centro de origen del *C. annum* y a Guatemala como centro secundario. *C. frutescens* provendría de América tropical y subtropical y habría sido domesticada en América Central. Para otras especies cultivadas y silvestres se señala como origen a Centro y Sudamérica, especialmente para *C. chinense*, *C. baccatum* var. *pendulum* y *C. pubescens* (Galmarini, 1999) (Cuadro 1).

Los *Capsicum* fueron introducidos a Europa por Colón en 1493. El cultivo se extendió desde el Mediterráneo hasta Inglaterra en 1548, y en el mismo siglo llegó a Europa Central. Los portugueses llevaron el género a la India desde Brasil en 1585, y el cultivo ya se encontraba en China a fines del siglo XVIII (Boswell, 1949).

El nombre científico del género deriva del griego: según unos autores de *Kapso* (picar), según otros de *Kapsakes* (cápsula) (Nuez *et al.*, 1996). Asimismo, la clasificación Taxonómica es la siguiente según Ligarreto *et al.* (2004):

Clase A: Dicotiledóneas
Rama 2: Malvales-Tubiflorae
Orden XXI: Solanales (Personatae)
Familia: Solanaceae
Género: *Capsicum*

La clasificación botánica de *Capsicum* ha sido difícil debido, al alto número de variedades, la falta de características definidas, y a que no existen barreras marcadas para la hibridación de algunas especies por lo que los criterios han variado

Los taxónomos modernos reconocen cinco especies cultivadas; *Capsicum annum*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum* var. *pendulum* y *Capsicum*

pubescens. De igual manera, su domesticación se le atribuye al Nuevo Mundo por investigaciones botánicas, ya que en ninguna otra parte existían evidencias antes de la llegada de los españoles; y en este sentido, se reconoce a México como el principal centro de diversidad genética de *C. annuum* (FAO, 2008).

Cuadro 1. Sinopsis taxonómica del género *Capsicum* sp.

Especie de <i>Capsicum</i>	Distribución en America
<i>C. annuum</i> L.	Del norte de Colombia hasta el Sur de E. U. A.
<i>C. baccatum</i> L.	Argentina, Chile, Bolivia, Brasil, Paraguay, Perú, Ecuador
<i>C. buforum</i> Hunz.	Brasil
<i>C. campylopodium</i> Sendt.	Sur de Brasil
<i>C. cardenasii</i> Heiser y Smith.	Bolivia
<i>C. chacoense</i> Hunz.	Argentina, Bolivia, Paraguay
<i>C. chinense</i> Jacq.	America del Sur
<i>C. coccineum</i> (Rusby) Hunz.	Bolivia, Perú
<i>C. cornutum</i> (Hiern) Hunz.	Sur de Brasil
<i>C. dimorphum</i> (Miers) O. k.	Colombia
<i>C. dusenii</i> Bitter.	Sureste de Brasil
<i>C. eximium</i> Hunz.	Argentina, Bolivia
<i>C. frutescens</i>	Sur de EUA y Península de Yucatán hasta el Norte de Brasil
<i>C. glapagoensis</i> Hunz.	Ecuador
<i>C. geminifolium</i> (Dammer) Hunz.	Colombia, Ecuador
<i>C. hookerianum</i> (Miers) O. K.	Ecuador
<i>C. lanceolatum</i> (Greenm.) Morton y Standley	México, Guatemala
<i>C. leptopodium</i> (Dunal) O.K.	Brasil
<i>C. minutiflorum</i> (Rusby) Hunz.	Argentina, Bolivia, Paraguay
<i>C. mirabile</i> Mart ex. Sendt.	Sur de Brasil
<i>C. parvifolium</i> Sendt.	Colombia, Noreste de Brasil, Venezuela
<i>C. praetermissum</i> Heiser y Smith.	Sur de Brasil
<i>C. pubescens</i> Ruiz y Pav.	America del Sur (Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia, Argentina, México y Guatemala)
<i>C. Scolnikianum</i> Hunz.	Perú
<i>C. schottianum</i> Sendt.	Argentina, Sur de Brasil, Sureste de Paraguay
<i>C. tovarii</i> Eshbaugh Smith y Nickrent.	Perú
<i>C. villosum</i> Sendt.	Sur de Brasil

Adaptada y modificada de Eshbaugh (1993)

Por su parte, Nuez *et al.*, (1996), describe a las cinco especies domesticadas de *Capsicum*:

C. annuum (*var. annuum*): es la más conocida, encontrándose difundida prácticamente por todo el mundo. El uso de las formas no picantes, tanto las utilizadas como hortalizas, como las empleadas para pimentón, esta ampliamente extendida. Así mismo, las formas picantes constituyen la primera especia alimenticia en Latinoamérica y el resto del mundo. El predominio de esta especie probablemente es debido en parte a que fue la que primero descubrió Colón y otros exploradores del nuevo mundo (Andrews, 1995). *C. annuum* fue la primera especie llevada a Europa y rápidamente difundida a otras regiones.

Descripción botánica: flores solitarias en cada nudo (ocasionalmente fasciculadas), pedicelos a menudo pendientes en la antesis. Corola blanca lechosa (ocasionalmente púrpura), sin manchas difusas en la base de los pétalos; pétalos de la corola usualmente rectos. Cáliz persistente en los frutos maduros, sin constricción anular en la unión con el pedicelo (aunque a veces irregularmente rugoso); venas a menudo prolongadas en dientes cortos, pulpa del fruto usualmente firme (blanda en ciertos cultivares). Semillas color crema. Número cromosómico $2n = 24$, con dos pares de cromosomas acrocéntricos.

C. chinense: Fue una de las primeras especies que encontraron los exploradores del nuevo mundo y también se difundió a nivel mundial, pero en menor extensión que *C. annuum* debido a que fue descubierta en América del Sur posteriormente a *C. annuum*.

Descripción botánica: dos o más flores en cada nudo (ocasionalmente solitarias), pedicelos erectos o pendientes en la antesis. Corola blanca-verdosa (ocasionalmente blanca o púrpura), sin manchas difusas en la base de los pétalos; pétalos de la corola usualmente rectos; cáliz persistente en los frutos maduros, usualmente con constricción anular en la unión con el pedicelo, venas no prolongadas en dientes. Pulpa del fruto firme, semillas color crema. Número cromosómico $2n = 24$, con un par de cromosomas acrocéntricos.

C. frutescens: a esta especie pertenece el “chile tabasco” que fue introducido desde el estado de tabasco- México. En su descripción botánica presenta flores solitarias en cada nudo (ocasionalmente fasciculadas), pedicelos erectos en la antesis, pero flores tumbadas; corola blanca-verdosa, sin manchas difusas en la base de los pétalos. Cáliz persistente en los frutos maduros, sin constricción anular en la unión con el pedicelo, aunque a menudo

irregularmente rugoso; venas usualmente no prolongadas en dientes. Carne del fruto a menudo blanda, semillas color crema, número cromosómico $2n = 24$, con un par de cromosomas acrocéntricos.

Capsicum baccatum (*C. baccatum* var. *Pendulum*): En América del Sur es muy popular, no solo como especia picante, sino por el distintivo aroma de sus muchos cultivares (Eshbaugh, 1993). Esta especie es poco conocida fuera de Sudamérica, aunque su cultivo ha llegado a lugares como México, India y Hawái.

Descripción botánica: flores solitarias en cada nudo. Pedicelos erectos o pendientes en la antesis; corola blanca o blanca-verdosa, con manchas amarillas difusas en la base de los pétalos de la corola en cada lado de la vena central. Cáliz persistente en los frutos maduros, sin constricción anular en la unión con el pedicelo (aunque a veces irregularmente rugoso), venas prolongadas en dientes prominentes. Pulpa del fruto firme, semillas color paja, número cromosómico $2n = 24$, con un par de cromosomas acrocéntricos.

C. pubescens: esta especie es única entre las cultivadas por ser propia de tierras altas andinas. Se cultiva fundamentalmente en América del Sur, y en pequeñas cantidades en Guatemala, y en el sur de México, especialmente en Chiapas. La especie permanece prácticamente desconocida para el resto del mundo.

Descripción botánica: flores solitarias en cada nudo, pedicelos erectos en la antesis, pero flores tumbadas. Corola púrpura (ocasionalmente con los márgenes de los pétalos blancos y/o el tubo blanco), sin manchas difusas en la base de los pétalos (aunque una mancha de néctar amarillo se puede acumular en esta posición y simular una mancha en la corola), pétalos de la corola usualmente rectos. Cáliz persistente en los frutos maduros, sin constricción anular en la unión con el pedicelo, venas prolongadas en dientes. Carne del fruto firme, semillas de color oscuro, número cromosómico $2n = 24$, con un par de cromosomas acrocéntricos.

Las plantas del género *Capsicum* son plurianuales y arbustivas, de sistema radical pivotante, provisto y reforzado de un número elevado de raíces adventicias. Tallo de crecimiento limitado y erecto, con un porte que en término medio puede variar entre 0,5 – 1,5 m. Cuando la planta adquiere una cierta edad los tallos se lignifican ligeramente, hojas lampiñas, enteras, ovales o lanceoladas con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo o poco aparente. Las flores poseen la corola blanquecina, aparecen solitarias

en cada nudo y son de inserción aparentemente axilar. Su fecundación es claramente autógena, no superando el porcentaje de alogamia el 10%. La mayoría de las especies del género tienen un número cromosómico $2n=2x=24$, algunas especies poseen $2n=2x=26$ (Moscone *et al.*, 1993).

El fruto es una baya semi cartilaginosa que se puede insertar pendularmente, de forma y tamaño muy variable. Las semillas, redondeadas y ligeramente reniformes, suelen tener 3-5 mm de longitud se insertan sobre una placenta cónica de disposición central, y son de un color amarillo pálido. Un gramo puede contener entre 150 y 200 semillas y su poder germinativo es de tres a cuatro años (Maroto, 1986). Para que se produzca la floración, además de condiciones climáticas favorables se requiere de cierta madurez de la planta que en *C. annuum* L. se da con la presencia mínima de 8-12 hojas verdaderas.

El ají es una planta tolerante a temperaturas altas, sin embargo, por encima de los 32 °C disminuyen el número de flores, la fecundación y el cuajado se ve afectado (Flores, 1983). Es una especie adaptada a climas tropicales húmedos ya que crece bien en condiciones de alta humedad relativa y altitudes entre 0 y 500 m.s.n.m. Su propagación es por semilla y la germinación se produce entre los 15 y 17 días. Las bajas temperaturas nocturnas (8-10°C) reducen la viabilidad del polen favoreciendo la formación de frutos partenocárpicos. Con temperaturas por debajo de 10°C durante la floración y la fructificación (si se produce) es partenocárpica y los frutos así formado son de pequeño tamaño (Villarivau y Gonzáles, 1999).

Las especies de *Capsicum* se caracterizan por ser utilizadas como condimento picante. La pungencia es una característica del ají, y su nivel de concentración está determinado por la cantidad de capsaicina ($C_{18}H_{27}NO_3$) en el fruto. La capsaicina es el principio picante y puede estar ausente en las variedades dulces, es una sustancia de naturaleza alcaloide, siendo un producto de condensación del ácido decilénico y de la 3-hidroxi-4metoxibenzilamida. Así mismo, el contenido en capsaicina es mayor en la placenta y en el septo, donde representa un 2,5% de la materia seca, mientras que el contenido medio del fruto es del 0,6%, el de las semillas del 0,7% y el del pericarpio 0,03%. Por otro lado, el contenido de capsaicina depende de la variedad y de los factores ambientales básicos, su concentración suele ser mayor a temperaturas elevadas alrededor de los 30°C que a temperaturas inferiores (entre 21-24°C).

Variabilidad Genética

La variabilidad genética es producto de procesos evolutivos que ocurren por la dinámica de las especies en condiciones naturales, por su dispersión natural y/o artificial y por la selección. Así mismo, puede expresarse en características visibles (fenotipo) y en otras no visibles (genotipo).

En la actualidad, existen 25 especies de *Capsicum*, cinco de las cuales han sido domesticadas de manera independiente en diferentes partes de los trópicos americanos, donde el ser humano ha usado el género por más de 5.000 años, y la selección humana ha producido mucha variación de los frutos en cuanto forma, tamaño, color y pungencia (Macrae *et al.*, 1993; Pickersgill, 1997).

Palacios y García (2008), en Valle de Cauca-Colombia, llevaron a cabo una caracterización morfológica para determinar descriptores que mostraran variabilidad de 93 accesiones de *Capsicum*, representativas de 4 especies, provenientes de 11 países. En este estudio confirmaron la variabilidad dentro del género, y 78% de la variabilidad total fue determinada por los descriptores: arquitectura de planta, estructuras reproductivas y producción.

Pardey *et al.* (2006) en una caracterización morfológica del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia, reportaron que la variabilidad del género se da primero por las características de fruto, seguido por arquitectura de la planta, estructura de flores y número de flores por axila.

Por otro lado, en el banco de germoplasma del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi), se evaluaron, a través de cinco sistemas enzimáticos polimórficos, 261 accesiones del género *Capsicum* con el fin de determinar variabilidad genética, observando un agrupamiento de las especies *C. baccatum* y *C. pubescens*, mientras que las especies *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens* no mostraron agrupamiento (Quintero *et al.*, 2005).

El Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) (1993) presenta un listado de especies, y se distinguen dos grupos según el color de su flor, blanca o morada. En el grupo de flor morada existen dos ancestros silvestres muy parecidos (*C. eximium* y *C. cardenasii*), *C. tovarii* y una especie cultivada, *C. pubescens*. Los híbridos de sus diferentes combinaciones suelen dar F₁ muy fértiles (Pickersgill, 1980).

Dentro del grupo de flor blanca se ubican 4 especies cultivadas, *C. baccatum*, *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense*, y varias especies silvestres (Eshbaugh, 1977). Los cruzamientos entre especies del grupo de flor blanca y el de flor morada son muy difíciles, el nexa entre ambos grupos sería *C. chacoense*, de flores blancas (Gil, 1990), la cual es citada por algunos autores como el origen de las demás especies del género *Capsicum* (Jensen *et al.*, 1979).

Las especies cultivadas, a excepción de *C. pubescens*, tienen una forma silvestre específica. *C. annuum* tiene su origen en especies silvestres de México central que pertenecen a su misma especie (*C. annuum* var. *aviculare*). Aún hoy se encuentran en México, Guatemala y Nicaragua, donde se conocen por varios nombres como: “ají”, “chili”, “piquín”, “guajillo”, “pimiento” y “morrón”, entre otros. *C. chinense* sería originaria de la zona del Amazonas, se conoce como “panka”, “pimiento de cheiro” y “habanero”.

Por su parte, *C. frutescens* está distribuida en las zonas tropicales y subtropicales. Asimismo, *C. pubescens* es originaria de Los Andes peruano-bolivianos, se encuentra también en Colombia y en las tierras altas de México y América Central; es tolerante a las bajas temperaturas. Recibe el nombre vernáculo de “rocoto” (Perú), “siete caldos” (Guatemala), “panameño” (Costa Rica) y “chile manzano” (México). *C. baccatum* var. *pendulum* es originaria de Paraguay y del este de Bolivia, la forma silvestre se denomina *C. baccatum* var. *baccatum*. Vulgarmente se conoce como “ulupica” o “escabeche” (Perú), “cuerno de oro” (Costa Rica) y “cumbai” (Paraguay) (Galmarini, 1999). En Argentina ha sido citada en Córdoba (Hunziker, 1951).

Entre las especies silvestres que tienen importancia como posibles donantes de genes de interés, se destacan *C. chacoense*, *C. galapagoense*, *C. praetermissum*, *C. cardenasii*, *C. eximium* y *C. tovarii*. A éstas habría que añadir las anteriormente citadas *C. annuum* var. *aviculare* y *C. baccatum* var. *baccatum*, como específicas de las cultivadas. *C. chacoense* se encuentra distribuida en el norte argentino y zonas adyacentes de Bolivia y Paraguay (Galmarini, 1999).

Por otro lado, los cruzamientos entre *C. annuum* y *C. chinense* se pueden hacer en ambas direcciones, pero resultan más fáciles cuando *C. annuum* es el parental femenino (Jensen *et al.*, 1979; Pickersgill, 1980; Kumar *et al.*, 1987). El comportamiento de la F₁ es

muy variable, desde una completa esterilidad del polen hasta una moderada fertilidad (Smith y Heiser, 1957). Entre *C. annuum* y *C. baccatum*, cruzamientos recíprocos son posibles (Jensen *et al.*, 1979, Pickersgill, 1980; Saccardo y Sreramulu, 1977; Smith y Heiser, 1957), aunque existe disparidad de criterios en cuanto a la viabilidad y el comportamiento del híbrido.

La viabilidad de los cruzamientos entre *C. annuum* x *C. frutescens* depende de las variedades utilizadas (García, 1989). Cruzamientos entre *C. annuum* x *C. pubescens* resultan inviables (Smith y Heiser, 1957). *C. annuum* y *C. chacoense* pueden cruzarse en ambas direcciones; los frutos y las semillas obtenidas en ambos cruzamientos germinan normalmente (Pickersgill, 1980). *C. annuum* y *C. galapagoense* son cruzables de igual manera, pero cuando *C. galapagoense* es el parental femenino, la semilla resultante es inviable. Sin embargo, cuando la misma especie es utilizada como parental masculino los híbridos germinan normalmente (Pickersgill, 1980).

Entre *C. annuum* y *C. praetermissum* los cruzamientos son posibles en ambas direcciones. Al parecer la semilla híbrida es inviable (Pickersgill, 1980). Pundeva y Zagorska (1984) lograron obtener plantas F₁ mediante cultivo de embriones. Entre *C. annuum* y *C. cardenasii* el cruzamiento es posible, aunque cuando *C. annuum* es utilizado como parental femenino los frutos y las semillas híbridas son inviables (Pickersgill, 1980). Entre *C. annuum* y *C. eximium* sólo es posible el cruzamiento cuando *C. annuum* es el parental femenino, siendo la semilla híbrida inviable (Pickersgill, 1980).

A nivel mundial México es el país que posee mayor variabilidad genética de *Capsicum*, pero curiosamente no es el productor más importante. En la península de Yucatán hay una gran diversidad inter e intra específica de tipos de chile que se diferencian por su forma, tamaño, color, sabor y picante. Esta riqueza genética de chiles regionales se debe en gran parte a la diversidad de factores edáficos y climáticos, y a la persistencia de los sistemas tradicionales de cultivos (Latournerie *et al.*, 2001).

Los investigadores Latournerie *et al.* (2001) realizaron una exploración de la diversidad morfológica de chiles regionales en Yaxcabá, Yucatán, México; encontrando 8 tipos regionales de chile, siete pertenecientes a *C. annuum* (yaax ic, xcat`ic, cha`hua, chile dulce, susurre, pico paloma y maax, este ultimo *C. annuum* var. *aviculares*) y uno a *C. chinense* (habanero). Siendo el chile yaax ic el de mayor aceptación en la comunidad.

En Venezuela este cultivo es de gran popularidad en el Oriente, en donde se encuentra su mayor diversidad, especialmente en la Isla de Margarita y en los estados Monagas y Sucre. En otros estados también se cultiva, usando variedades llevadas del Oriente (Ohep, 1985). Este autor realizó varias visitas por las áreas donde se produce ají dulce en el país, siendo los estados Monagas y Sucre principalmente y en menor escala en los estados Anzoátegui, Carabobo, Nueva Esparta, Miranda, Trujillo y Zulia. Sin embargo, para el 2006 los principales estados productores reportados fueron: Barinas, Cojedes, Guarico, Aragua, Trujillo, Zulia, Sucre, Carabobo y Mérida (MPPAT, 2007)

Los agricultores y consumidores han asignado nombres a las selecciones más preferidas. Así, en los alrededores de Maturín, el ají "Rosa" es el más popular. Este posee un tipo de fruto alargado, ancho y grande (5 a 6 cm de largo) de superficie rugosa y color rojo al madurar. En Cumaná gustan más del tipo "Jobito", llamado así por su parecido a la fruta del mismo nombre. Este es más pequeño, de forma redondeada, cáscara gruesa, de superficie lisa y color amarillo (Ohep, 1985).

De acuerdo con Ohep (1985), la variabilidad existente de ají dulce de Oriente incluye varias especies dentro del género *Capsicum*, son ellas *C. annum*, *C. futescens* y *C. chinense*; así como una diversidad en las características de crecimiento de las plantas, susceptibilidad a las virosis y de la forma, el color, el tamaño y el grado de picantez de los frutos. *C. chinense* resulto la especie más abundante y dentro de ésta la mayoría de las selecciones son dulces o poco picantes. El sabor picante está asociado frecuentemente con el color amarillo.

Dentro de los cultivares de gran explotación comercial, tanto para la industria procesadora como para el consumo directo, Guzmán (1997) menciona a:

“Serrano”, con destino directo industrial, fruto muy picante de color rojo intenso al madurar y de forma cilíndrica, de plantas erectas muy fuertes, de mucho follaje y ramas; el tiempo de 100 días después de trasplante.

“Fresno”, es de uso directo industrial, con frutos picantes, rojos al madurar, lisos y rectos; de gran producción de bayas; resistente a la sequía y de tallos fuertes.

“Jalapeño”, de destino directo industrial, frutos cónicos con fisuras en la piel, picantes; las plantas poseen mucho follaje, fuertes y muy fructificadas.

“Red small”, destinado al procesamiento industrial, de frutos pequeños, cilíndricos y muy picantes; plantas pequeñas de alta producción.

“Anahein”, su uso para procesamiento industrial. Los frutos son largos gruesos y curvados, de color rojo púrpura; de planta fuerte y abundante follaje, de elevada producción.

“Cantaura”, en estado tierno el color del fruto es verde y amarillo al madurar; el tamaño de la baya es de mediano a grande y forma de romboide, su sabor es dulce con mucho aroma.

“Cagua”, el color del fruto es amarillo al madurar, de tamaño mediano y forma romboide, y de sabor dulce.

“Quebradon”, fruto de color rojo al madurar, de tamaño mediano y forma de romboide, de sabor dulce.

Recursos Fitogenéticos

Los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA) son cualquier material de origen vegetal, incluido el material reproductivo y de propagación vegetativa que contiene unidades funcionales de la herencia, y que tiene valor real o potencial para la alimentación y la agricultura (SNICS, 2012).

La variabilidad genética es producida por procesos evolutivos de especiación, que ocurren por la dinámica de las especies en condiciones naturales y por su dispersión tanto natural como artificial, realizada por el hombre y por la selección que este ha realizado. Todo esto en conjunto ha permitido la preservación de muchas variantes genéticas. (Ligarreto *et al.* 2004).

Desde el punto de vista de su expresión, la variabilidad contenida en el genoma de una especie puede agruparse en dos grandes clases: la que se expresa en características visibles y que conforman el fenotipo, y la que no se expresa en características visibles y se refiere, en general, a los procesos o productos internos de la planta. Esta última se está estudiando mediante técnicas de biología molecular (IPGRI, 2003).

Las fuentes de variabilidad para las especies cultivadas se pueden resumir en las siguientes categorías:

- ✚ Evolutiva, se refiere a la variabilidad producida durante los procesos evolutivos de especiación por los que haya pasado una especie. Ford-Lloyd y Jackson (1986) consideran que los patrones de diversidad genética de las plantas cultivadas resultan de: mutación, migración, recombinación,

selección (natural y artificial) y deriva genética. Los tres primeros estimulan la variabilidad, mientras que los dos restantes pueden reducirla (Franco e Hidalgo, 2003)

- ✚ Geográfica, importante para especies cultivadas que tienen un amplio rango de distribución geográfica, porque además de su dispersión natural, han sufrido una extensa dispersión artificial por acción del hombre. En ambos casos al llegar a un nuevo nicho ecológico empiezan un nuevo proceso evolutivo en el cual crean variantes genéticas de adaptación como respuesta a variaciones ambientales (Franco e Hidalgo, 2003)
- ✚ Domesticación, durante el proceso de domesticación de las especies cultivadas el hombre ha ejercido una fuerte presión de selección que ha permitido la preservación de muchas variantes, sin embargo el hombre también indujo la producción de nuevas variantes, para facilitar el manejo agronómico e incrementar la producción especialmente en las altamente domesticadas trigo, maíz, arroz (Franco e Hidalgo, 2003).

Caracterización

Se entiende por caracterización a la descripción de las variedades que existen en una colección de germoplasma en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad. La caracterización debe permitir diferenciar las accesiones de una especie. La evaluación comprende la descripción de la variación para atributos de importancia agronómica (Abadie y Barretta, 2001).

En el proceso de caracterización de una colección se pueden establecer los siguientes objetivos:

1. Medir la variabilidad genética del grupo en estudio.
2. Establecer la representatividad de la colección y su relación con la variabilidad total de la especie.
3. Investigar la estructura genética, forma como se compone la colección estudiada en relación con las variantes

4. Identificar los porcentajes de duplicidad de accesiones que puedan existir en una misma colección.
5. Identificar genes especiales que pueden ser de carácter individual que se pueden expresar en caracteres visibles en diferentes estados.

Un descriptor es una característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar, evaluar y que hace referencia a forma, estructura o comportamiento de una accesión (Franco e Hidalgo, 2003).

Los descriptores morfológicos se agrupan en:

- ✚ Botánicos – taxonómicos: caracteres que identifican a la especie y son comunes a todos los individuos que la conforman. Ejemplos: descripción de la flor, la forma del fruto y el tipo y la forma de la hoja (Franco e Hidalgo 2003)
- ✚ Morfo - agronómicos: caracteres de interés agrícola. La descripción se hace usando plantas aisladas o en surcos. Esta caracterización puede ser morfológica, agronómica, bioquímica, molecular y citogenética, y los caracteres pueden ser cualitativos o cuantitativos (Franco e Hidalgo 2003).
- ✚ Los descriptores evaluativos se expresan como respuesta a estímulos ambientales bióticos (las plagas y enfermedades) y a estímulos abióticos (estrés por temperatura, agua y nutrientes) y se conocen como caracteres cuantitativos, se deben realizar en parcelas de ensayos con repeticiones y testigos (Franco e Hidalgo 2003).

Caracterización morfológica en Capsicum

Las características morfológicas se han utilizado ampliamente con propósito descriptivo y son usadas comúnmente para distinguir variedades vegetales. Este método es cuestionable debido a que los caracteres morfológicos son afectados por el ambiente, además de ser ineficientes, costosos, y del tiempo que involucran para su medición, además, el criterio morfológico no es capaz de detectar diferencias entre variedades con comportamiento agronómico diferente (Perez, 2010). Por ejemplo, el estudio de 40 descriptores morfológicos no permitió diferenciar cuatro variedades de chile en Corea del Sur (Yong *et al.* 2005)

Alonso *et al.* (2005) caracterizaron *in situ* a *C. annumk* var. *glabriusculum* en la región Frailesca de Chiapas, México reportando que los descriptores cuantitativos con

mayor variabilidad genética son las características fenológicas. El ambiente influyó la expresión de las características fenotípicas. Las características de los frutos indicaron alta variabilidad y existió relación con el ambiente, genotipo y su interacción.

En los estudios de Latournerie *et al.* (2002) y Alonso *et al.* (2005) se encontró que los caracteres cuantitativos de tipo morfológico fueron los de mayor variabilidad y los más afectados por el ambiente, por lo que clasificar variedades solo con base en este tipo de características parece no ser adecuado, por la influencia del ambiente en su expresión (Perez 2010).

Caracterización molecular en Capsicum

La biología molecular ha aportado técnicas de marcadores genéticos que permiten visualizar diferencias tangibles entre las secuencias homólogas del ADN de los organismos. Estas diferencias son el resultado de cambios o arreglos entre los pares de bases que conforman al ADN tales como traslocaciones, inversiones, inserciones o deleciones en regiones homólogas.

Este tipo de marcadores detecta variaciones directas a nivel del ADN y tienen ventajas tales como el hecho de ser dominantes y co dominantes, de desarrollarse de manera estable, de carecer de efectos pleiotrópicos y sobre todo de no estar sujetos al ambiente en donde se desarrolla el organismo en estudio. Estas propiedades hacen a los marcadores útiles en la detección de variaciones en el genotipo, comparados con el análisis a nivel morfológico o de proteínas.

Algunos de estos métodos se basan en la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) que utiliza secuencias de oligonucleótidos iniciadores para la síntesis *in vitro* de fragmentos de ADN de longitudes variables no mayores a 6 kb en promedio y que pueden ser aleatorias, semi-aleatorias o específicas y con las que se pueden caracterizar genomas de diferentes organismos, detectar y aislar genes e incluso diferenciar organismos relacionados genéticamente.

Dentro de estos métodos están los RAPDs (Polimorfismo de ADN Amplificado al Azar), AFLPs (Polimorfismo en la Longitud de los Fragmentos Amplificados) y microsatélites o SSRs (Secuencias Simples Repetidas). Las isoenzimas y marcadores moleculares se han aplicado ampliamente en ají. La utilidad de las isoenzimas es reducida

por la insuficiencia de bandas polimórficas y el número limitado de loci detectables. Los marcadores moleculares basados en ADN como los Polimorfismo en la Longitud de los Fragmentos de Restricción (RFLP) y los RAPDs son ilimitados en número.

Los marcadores moleculares pueden acelerar mucho la obtención de un objetivo de mejoramiento y proporcionar nuevos enfoques en aquellos objetivos difíciles de alcanzar mediante el mejoramiento clásico tales como introgresión de características valiosas desde un germoplasma silvestre a uno domesticado (Paterson *et al.* 1991).

Los marcadores RAPD (Random Amplified Polimorphic DNA o fragmentos polimórficos amplificados al azar) fueron desarrollados como una manera alternativa para la detección rápida de polimorfismos entre individuos utilizando un solo iniciador de secuencia arbitraria y la amplificación de fragmentos al azar de ADN a través de la reacción en cadena de la polimerasa (Williams *et al.* 1990).

La utilidad de los marcadores RAPD ligados a genes de interés es dependiente del tipo de tejido utilizado para realizar la extracción del ADN y las condiciones de la reacción de PCR (Asemota *et al.*, 1996; Kopperud y Einset, 1995; Skroch y Nienhuis, 1995; Staub *et al.*, 1996). Algunos autores han demostrado que la presencia de enzimas degradativas y polisacáridos presentes en un tipo de tejido en particular pueden influir sobre el fenotipo de las bandas RAPD (Baker *et al.*, 1990; López y Gómez, 1992).

En los últimos años, la clasificación taxonómica así como la descripción morfológica y agronómica están siendo acompañadas de estudios directos del genoma por medio de análisis de marcadores moleculares (De Vicente, 2002). La revisión bibliográfica de los últimos años apoya la decisión de incluir la caracterización molecular en el estudio de colecciones de germoplasma y en particular del género *Capsicum* (Lefebvre *et al.*, 1993; Rodríguez *et al.*, 1999; Sanwen *et al.*, 2000; Kang *et al.*, 2001 y Kumar *et al.*, 2001).

Lefebvre *et al.* (1993) utilizaron sondas de ADN para examinar fragmentos de longitud polimórficos entre cultivares de *Capsicum* y encontraron mayor variabilidad genética entre especies que entre variedades, concluyendo además que los marcadores moleculares de ADN son más informativos en estudios intraespecíficos que las isoenzimas.

Kang *et al.* (2001) construyeron un mapa de ligamiento a partir de marcadores RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphic DNA) y AFLP (Amplified Length

Polymorphic DNA) pudiendo asignar al mapa de ligamiento los genes encargados de la biosíntesis de carotenoides y capsaicina.

Kumar *et al.* (2001) utilizaron los marcadores moleculares de ADN para la defensa de la propiedad intelectual en germoplasma de *Capsicum*, al analizar muestras de semilla que estaban siendo propagadas y vendidas sin la debida autorización legal

Rodríguez *et al.* (1999) caracterizaron 134 introducciones pertenecientes a seis especies de *Capsicum* mediante marcadores RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), identificando duplicados y permitiendo mejorar la identificación taxonómica de las introducciones.

Guzmán (2007) evaluó 21 microsatélites en una población formada por 12 especies de *Capsicum* para seleccionar los mejores marcadores para ser utilizados en una caracterización de germoplasma de esta especie

Los marcadores RAPD (Random Amplified Polimorphic DNA o fragmentos polimórficos amplificados al azar) fueron desarrollados como una manera alternativa para la detección rápida de polimorfismos entre individuos utilizando un solo iniciador de secuencia arbitraria y la amplificación de fragmentos al azar de ADN a través de la reacción en cadena de la polimerasa (Williams *et al.*, 1990).

Cheema y Pant (2013) estudiaron 7 variedades de *Capsicum annuum* mediante marcadores RAPD, utilizando 5 iniciadores (OPM01, OPN05, OPP01, OPQ01 y OPT04) que permitieron mostrar variación genética entre las variedades con respecto a rasgos morfológicos y fitoconstituyentes como capsaicina, azúcar y vitamina C.

Bhadragoudar y Patil (2011) evaluaron la diversidad genética de 45 accesiones de *C. annuum* mediante RAPD, utilizando 16 iniciadores (series OPJ, OPC, OPA, OPB, OPI) de los cuales OPA07, OPC03 y OPA03 mostraron los niveles mas alto de polimorfismo y permitieron revelar 14 grupos diferentes de *Capsicum*, reflejando la diversidad genética de los genotipos estudiados.

Los marcadores RAPD representan una herramienta de bajo costo, eficiente para generar datos moleculares y por lo tanto se han utilizado con éxito en varios estudios de taxonomía y filogenética (Nabauer *et al.*, 1999; Ryzhova and Kochieva, 2004; Ince *et al.*, 2009; Votava *et al.*, 2005).

Orenthung y Changkija (2013) utilizaron marcadores RAPD para estudiar la diversidad genética de variedades locales de Chile indígena, reportando que el iniciador OPA01 detectó dos bandas únicas que identificaron una variedad local de *C. frutescens* y OPA02 una banda única para todas las razas de variedades locales de *C. chinense*.

Krishna *et al.* (2010) utilizaron 23 iniciadores de RAPD para estimar la diversidad genética en genotipos locales y exóticos de *Capsicum*, y señalan que OPH03 fue quien mostró mayor polimorfismo.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del experimento

La fase de campo para la evaluación morfológica se llevo a cabo en una parcela ubicada en la localidad de Sabana de Parra, municipio José Antonio Páez, estado Yaracuy, Venezuela, localizada a 10°07'10" de latitud Norte y 69°02'16" de longitud Oeste, con una altitud promedio de 320 m.s.n.m.

La caracterización molecular se llevo a cabo en el Laboratorio de Biología Molecular del Postgrado de Agronomía de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado UCLA.

Material Vegetal

Se colectaron frutos de ají de las siguientes regiones de Venezuela: Zulia, Centroccidente, Oriente, Sur del país, durante el año 2009 proveniente de mercados, supermercados (Ver cuadro 2). Se evaluaron un total de 25 cultivares de ají (*Capsicum* sp.) en campo, estas fueron sembradas en bandejas de 200 alvéolos y cumplieron su fase de plántula en los invernaderos Semilleros Hortícolas, ubicados en el Manzano Edo. Lara con la finalidad de obtener uniformidad en las plántulas para su posterior evaluación morfológica en campo.

Caracterización Morfológica

La fase de campo para la evaluación morfológica se llevo a cabo en el año 2010 en una parcela experimental dentro de la finca, ubicada en Sabana de Parra, Edo. Yaracuy. Se evaluaron 25 cultivares entre dulces y picantes, se utilizó un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, la unidad experimental constó de 5 plantas que fueron sembradas a una distancia de 0,35 m entre plantas y 0,85 m entre surcos.

Cuadro 2. Procedencia de los 25 cultivares de ají (*Capsicum* sp.) caracterizados.

Cultivar	Procedencia	Estado
1	San Pedro (bodega)	Lara
2	Mercado, Margarita	Nueva Esparta
3	INIA - Maracay 02-236 JB-2835	Aragua
4	Supermercado Maracaibo	Zulia
5	INIA - Maracay 04-131 JB 2865	Aragua
6	Supermercado Maracaibo	Zulia
7	Mercabar, Barquisimeto	Lara
8	Semilleros Hortícolas Silverio Corpas Hormigos, Barquisimeto	Lara
9	Supermercado Maracaibo	Zulia
10	Mercado, Aragua de Barcelona	Anzoátegui
11	Mercado, Porlamar	Nueva Esparta
12	Patio casero, San Francisco de Bolívar	Bolívar
13	Patio casero San Francisco de Bolívar	Bolívar
14	Mercado Maracaibo	Zulia
15	Mercabar, Barquisimeto	Lara
16	Supermercado Maracaibo	Zulia
17	Mercabar, Barquisimeto	Lara
18	Semilleros Hortícolas Silverio Corpas Hormigos, Barquisimeto	Lara
19	Mercado, Caicara de Maturín	Monagas
20	Semilleros Hortícolas Silverio Corpas Hormigos, Barquisimeto	Lara
21	Semilleros Hortícolas Silverio Corpas Hormigos, Barquisimeto	Lara
22	Semilleros Hortícolas Silverio Corpas Hormigos, Barquisimeto	Lara
23	Mercabar, Barquisimeto	Lara
24	Semilleros Hortícolas Silverio Corpas Hormigos, Barquisimeto	Lara
25	Mercabar, Barquisimeto	Lara

Se evaluaron un total de veintidós (22) características morfológicas de acuerdo con los descriptores para *Capsicum* sp. propuestos por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGRI, 1995), ocho (08) cuantitativos y catorce (14) cualitativos, de los cuales diez (10) corresponden a caracteres vegetativos, uno (01) a caracteres relacionados con inflorescencia y fruto, ocho (08) de fruto y tres (03) de semilla. Las variables número de flores por axila, número de semillas por fruto y tamaño de la semilla, fueron consideradas como variables cualitativas, ya que los datos se registraron de acuerdo a escala de medición. La toma de datos, se realizó con un mínimo de tres plantas por unidad experimental, los datos recogidos permitieron obtener los valores estadísticos descriptivos. En el cuadro 3 se presentan los caracteres morfológicos considerados para esta investigación.

Las mediciones de los caracteres se realizaron siguiendo indicaciones de los descriptores de IPGRI (1995). Así mismo, el carácter ancho de la planta se midió inmediatamente después de la primera cosecha en el punto más ancho; para los caracteres ancho de la hoja madura, forma de la hoja y pubescencia de la hoja los datos se registraron cuando comenzó a madurar el primer fruto en el 50% de las plantas, promedio de 10 hojas maduras de las ramas principales de la planta; así, para ancho de la hoja se midió en la parte más ancha de la hoja, la forma de la hoja los datos se tomaron de hojas intermedias, y para la pubescencia de la hoja se observó en hojas maduras más jóvenes. Para el carácter fruto maduro los datos se registraron de frutos maduros a la primera cosecha promedio de 10 frutos; para peso del fruto las mediciones se tomaron del promedio del peso de 10 frutos maduros de la segunda cosecha.

Cuadro 3. Descriptores morfológicos aplicados para *Capsicum* según IPGRI (1995).

	CARACTERISTICAS	CLAVE	ESCALA DE MEDICION
	Forma del Tallo	FT	Cilíndrico=1, angular=2, achatado(aplastado)=3
	Pubescencia del Tallo	PT	Escasa=3, intermedia=5, Densa=7
	Color de la Hoja	CH	Amarillo=1, verde claro=2, verde=3, verde oscuro=4, morado claro=5, morado=6, jaspeado=7, otro(especificar)=8
Caracteres vegetativos	Ancho de la Planta	ANP	Centímetros
	Longitud de la Hoja	LH	Centímetros
vegetativos	Ancho de la Hoja Madura	ANH	Centímetros
	Altura de la Planta	AP	<25cm=1, 25-45cm=2, 46-65cm=3, 66-85cm=4, >85cm=5
	Forma de la Hoja	FH	Deltoides=1, oval=2, lanceolada=3
	Hábito de Crecimiento de la Planta	HCP	Postrada=3, intermedia(compacta)=5, erecta=7, otro(especificar)=7
	Pubescencia de la Hoja	PH	Escasa=3, intermedia=5, densa=7
Inflorescencia y Fruto	Numero de Flores por Axila	NFA	Uno=1, dos=2, tres o mas=3, muchas flores en racimo, pero cada una en axila individual (crecimiento fasciculado)=4, otro(cultivares con dos flores en la primera axila y con una solamente en la otra)
	Forma del Fruto	FF	Elongado=1, casi redondo=2, triangular=3, acampanulado=4, acampanulado y en bloques=5, otro(especificar)=6
	Color del Fruto Maduro	CFM	Blanco=1, amarillo-limón=2, amarillo-naranja pálido=3, amarillo-naranja=4, naranja pálido=5, naranja=6, rojo claro=7, rojo=8, rojo oscuro=9, morado=10, marrón=11, negro=12, otro(especificar)=13
Fruto	Forma del Ápice del Fruto	FAF	Puntudo=1, romo=2, hundido=3, hundido y puntado=4, otro(especificar)=5
	Forma del Fruto en la Unión en el Pedicelo	FFUP	Agudo=1, obtuso=2, truncado=3, cordado=4, lobulado=5
	Longitud del Fruto	LF	Centímetros
	Ancho del Fruto	ANF	Centímetros
	Peso del Fruto	PF	Gramos
	Numero de Lóculos	NL	Número de lóculo mas frecuentes en 10 frutos
	Color de Semilla	CS	Amarillo oscuro (paja)=1, marrón=2, negro=3, otro(especificar)=4
Semilla	Número de Semillas por Fruto	NSF	<20=1, 20-50=2, >50=3 (promedio de 10 frutos)
	Tamaño de la Semilla	TS	Pequeña=3, intermedia=5, grande=7 (promedio de 10 semillas)

Caracterización Molecular

El análisis genético se realizó a 15 muestras de los 25 materiales caracterizados morfológicamente, utilizando la semilla para la extracción del ADN ya que la caracterización molecular se realizó dos años después de la cosecha de frutos de la caracterización morfológica, las semillas perdieron viabilidad (no germinaron) y diez de las muestras se agotaron en la estandarización del protocolo de extracción.

Extracción de ADN

El protocolo utilizado para la extracción de ADN de semilla en ají se realizó a partir del método modificado de extracción con CTAB al 2% descrito por Doley y Doley (1987), siguiendo los siguientes pasos: se pesaron 200 mg de semilla, se dejaron en remojo en agua destilada por un día, se secó la semilla con papel absorbente, se colocó en un mortero previamente frío y se agregaron 100µL de buffer de extracción CTAB previo calentamiento en baño de María a 65 °C, se maceraron, se agregaron 100µL mas de buffer y se colocaron en tubos de capacidad de 1500 µL previamente identificados. Se agregaron 10µL de mercaptetanol y se incubó la suspensión por 30 minutos en baño de María a 65 °C agitando por inversión cada 5 min.

Cumplidos los 30 minutos se dejaron en reposo por 5 min. a temperatura ambiente. Luego se agregaron 800µL de cloroformo alcohol isoamílico (24:1), se mezclaron suavemente por inversión por un min. y centrifugándolas a 12000 rpm por 10 min. Se tomaron 800µL de la fase superior sobrenadante originado de la centrifugación y fue transferido a nuevos tubos de 1500 µL con su respectiva identificación. Seguidamente se agregaron 800µL de etanol frío a -20°C y 70µL de cloruro de sodio, invirtiendo suavemente, se centrifugaron una vez mas a 12000 rpm por 10 min. Luego fue descartada la fase acuosa, se realizó un lavado del pellet con etanol al 20%, se dejó secar por 30 minutos y seguidamente se hidrató agregando 50µL de buffer TE pH 8, y se guardó bajo refrigeración (nevera).

Para determinar la cantidad y calidad del ADN, se realizó electroforesis sobre un gel de agarosa al 0,8% en una cámara horizontal y tinción con bromuro de etidio que fue luego visualizado en luz UV. Se utilizó como control diluciones ADN lambda en concentraciones

conocidas. Seguidamente las muestras fueron tratadas con ARNasa y se diluyó a una concentración final aproximada de 10 ng/ μ L.

Amplificación PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa)

Las amplificaciones de RAPD fueron probadas con 31 iniciadores provenientes de Operon Technologies Inc (Alameda, Calif. U.S.A.) los cuales son mostrados en el Cuadro 4. Todas las reacciones amplificadas fueron realizadas de acuerdo a la metodología de Williams et al. (1990). La mezcla de reacción con un volumen final de 20 μ L consistió de 11,4 μ L ddH₂O, 4 μ L de buffer taq. 5X Green, 1,2 μ L MgCl₂ 25mM, 0,4 de una mezcla de los cuatro desoxiribonucleótidos 10mM, 0,8 μ L Gelatina 0,025%, 1 μ L de uno de los oligonucleótidos listados en el Cuadro 4 2mM, 1 μ L ADN (10ng/ μ L) y 0,2 μ L de Taq polimerasa 5U/ μ L (Gotaq flexi DNA Polymerase, Promega). Las amplificaciones fueron corridas por duplicado en un termociclador (Thermo Electron Corporation Px2, Thermal Cycler PCYL220, California, Estados Unidos).

Las condiciones de amplificación fueron las siguientes: Pre PCR 93°C por 2min, seguido de 45 ciclos consistentes en: desnaturalización 93°C por 1min, alineación 36°C por 1 min., extensión 72°C por 1 min. y una fase de extensión final de 72°C por 5min. Los productos de las amplificaciones fueron separados por electroforesis sobre geles de agarosa al 1,5% en buffer T.A.E. pH.8 corridos a 100 V durante 1:30 h.

El gel de agarosa se tiñó con bromuro de etidio, visualizándose el patrón de bandas en el transluminador de luz ultravioleta y finalmente se fotografió para su lectura. En cada gel se colocó un marcador de tamaño molecular 100 pb de referencia.

Cuadro 4. Oligonucleótidos utilizados en las PCR y secuencia de bases para cada uno de ellos

Marcador	Secuencia
OPA04	5` - AATCGGGCTG - 3`
OPA05	5` - AGGGGTCTTG - 3`
OPA10	5` - GTGATCGCAG - 3`
OPA19	5` - CAAACGTCGG - 3`
OPA20	5` - GTTGCGATCC - 3`
OPB02	5` - TGATCCCTGG - 3`
OPC05	5` - GATGACCGCC - 3`
OPC08	5` - TGGACCGGTG - 3`
OPC10	5` - TGTCTGGGTG - 3`
OPC12	5` - TGTCATCCCC - 3`
OPC15	5` - GACGGATCAG - 3`
OPC16	5` - CACTCCAG - 3`
OPC18	5` - TGAGTGGGTG - 3`
OPC20	5` - ACTTCGCCAC - 3`
OPE06	5` - AAGACCCCTC - 3`
OPE09	5` - CTTCACCCGA - 3`
OPE11	5` - GAGTCTCAGG - 3`
OPE13	5` - CCCGATTCGG - 3`
OPG02	5` - GGCACTGAGG - 3`
OPG10	5` - AGGGCCGTCT - 3`
OPG12	5` - CAGCTCACGA - 3`
OPG18	5` - GGCTCATGTG - 3`
OPO01	5` - GGCACGTAAG - 3`
OPO18	5` - CTCGCTATCC - 3`
OPO19	5` - GGTGCACGTT - 3`
OPP06	5` - GTGGGCTGAC - 3`
OPP08	5` - ACATCGCCA - 3`
OPP10	5` - TCCCGCCTAC - 3`
OPP15	5` - GGAAGCCAAC - 3`
OPP17	5` - TGACCCGCCT - 3`
OPP20	5` - GACCCTAGTC - 3`

Análisis Estadístico

Datos Morfológicos

El primer análisis estadístico que se hizo tuvo por objeto describir las variables analizadas. Para esto se calculó el promedio, desviación estándar, valores mínimos y máximos y coeficiente de variación para cada variable cuantitativa (ANP, LH, ANH, LF, ANF, PF, NL). Las variables cualitativas nominales (FT, CH, FH, HCP, FF, CFM, FAF, FFUP, CS) se describieron mediante una distribución de frecuencias, mientras que las cualitativas ordinales (PT, PH, NFA, NSF, TS) se describieron mediante la distribución de frecuencias, la mediana y la moda.

Un segundo análisis se hizo con la finalidad de determinar la relación existente entre las variables, para lo cual se hizo un análisis de correlación de Pearson.

En un tercer análisis se probaron las hipótesis de promedios iguales para todos los tratamientos (genotipos). Para cada una de las variables evaluadas, se determinaron los supuestos del análisis de varianza. Donde estos se cumplieron, se realizaron dichos análisis y se compararon los promedios de los tratamientos mediante la prueba de Tukey. Para aquellas variables en que no se cumplieron los supuestos del análisis de varianza, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal y Wallis. Todos estos análisis (primero, segundo y tercero) se hicieron con el programa estadístico Statistix for Windows versión 8.0.

En un cuarto análisis, se relacionaron los genotipos basados en los valores de todas las variables a la vez, con la finalidad de visualizar las similitudes de los genotipos evaluados y de determinar la(s) característica(s) más discriminante(s). Para esto se realizó un análisis de componentes principales, iniciándose con la construcción de una matriz con los valores promedio de cada variable para cada genotipo, la cual se estandarizó dentro de cada variable mediante la resta del valor promedio de esta, y su división entre la desviación estándar. Sobre esta matriz se calcularon las correlaciones existentes entre variables, obteniéndose una nueva variable. Sobre esta última se calcularon los autovalores y autovectores, lográndose una proyección ortogonal de los autovectores en un espacio bidimensional y tridimensional. Este análisis se logró con el programa estadístico NTSYS v. 1,72.

Además, se realizó el análisis de conglomerados jerárquico, con el método del grupo par no ponderado con media aritmética (UPGMA) de los coeficientes de similitud de Gower (1971), a partir de una matriz de distancia, donde la distancia es igual a 1 menos la similitud genética (1- SG de Gower) y con el cual se construyó el dendrograma correspondiente utilizando el programa InfoGen (Balzarini y Di Rienzo, 2012). En la matriz de distancia entre cada par de cultivar se consideró que valores de distancia cercana o igual a 1 representan la mínima similitud o ausencia de similitud, y el cercano o igual a 0 el de máxima similitud o similitud total

Datos de la caracterización molecular

El valor de la diversidad genética de Nei es un parámetro frecuentemente utilizado para estimar heterocigocidad y porcentaje de loci polimórficos la capacidad discriminatoria de los loci. Existen varias ecuaciones matemáticas que la definen y en todas ellas su valor varía entre 0 y 1. En este estudio se calculó la diversidad genética de Nei mediante la fórmula (Nei 1973):

$$H=1 - \sum_{i=1}^q x_i^2$$

donde:

H = Diversidad genética

Xi = frecuencia alélicas del i-ésimo alelo.

q = número de alelos observados

Para el análisis de los datos se registraron los productos de amplificación polimórficos en matrices binarias de datos, asignando (0) para ausencia y (1) para presencia de bandas. Comparaciones de pares-acertados de las muestras fueron realizadas mediante la estimación de los coeficientes de similaridad de Jaccard (GS): $a/(n-d)$, donde a = número positivo de coincidencias, n = total tamaño de la muestra, y d = número negativo de coincidencias (Jaccard 1908). La distancia genética fue estimada mediante $GD = 1-GS$. Se construyeron matrices de distancia (1- SG de Jaccard) y con estas los análisis de agrupamiento usando el método de grupos pares no ponderados con promedios aritméticos (UPGMA) con su respectivo dendrograma. Así mismo, se aplicó el análisis de coordenadas

principales (ACooP). Ambos tipos de análisis permitieron visualizar las relaciones genéticas entre los cultivares evaluados. Todos los análisis fueron realizados utilizando el programa InfoGen (Balzarini y Di Rienzo, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis Morfológico

En el Cuadro 5 se muestran los descriptores de características cuantitativas y estadísticas simples de 25 cultivares de *Capsicum* estudiados en Venezuela.

En los datos se puede observar que todas las variables consideradas presentan un coeficiente de variación igual o menor al 50%, lo que indica que la especie puede tener poca variabilidad en esos caracteres. En las variables del fruto, el carácter peso del fruto presentó un coeficiente de variación de 50,7% lo que indica que el mismo es de alta variabilidad en los cultivares evaluados. Así mismo, los caracteres color del fruto maduro y forma del ápice del fruto registraron coeficientes de variación de 30,6% y 29,3%, respectivamente.

Los caracteres número de lóculos y longitud del fruto, mostraron un coeficiente de variación de bajo, de 18 y 22% respectivamente, lo que indica que podrían no ser altamente discriminante para esta especie. Sin embargo, el grado de variabilidad de un carácter no indica necesariamente la magnitud de su utilidad desde el punto de vista del cultivo ya que este depende de los usos de la especie (Franco y Hidalgo, 2003).

Cuadro 5. Descriptores de características cuantitativas y estadísticas simples de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela

VARIABLES	N	X	S ²	CV	MIN	MAX
Ancho de la Planta	271	81,605	18,672	22,880	18,000	125,00
Longitud de la Hoja	271	9,0000	2,2178	24,642	2,0000	15,000
Ancho de la Hoja	271	5,1328	1,6747	32,627	1,0000	10,000
Altura de la Planta	243	2,4897	0,6703	26,922	1,0000	5,0000
Longitud del Fruto	168	5,0833	1,1499	22,622	2,0000	8,0000
Ancho del Fruto	168	9,8937	2,3958	24,215	2,0000	14,500
Peso del Fruto	168	8,1324	4,1258	50,733	0,60000	26,040
Numero de Lóculos	168	3,3274	0,6238	18,749	2,0000	5,0000

n= numero de muestras, X= media, S²= desviación estándar, CV= coeficiente de variación, min= valor mínimo, max= valor máximo

IPGRI (1995) señala que en la caracterización morfológica se deben registrar aquellos caracteres altamente heredables, que pueden ser fácilmente evaluados a simple vista y se expresan en todos los ambientes.

En este sentido, el uso de descriptores IPGRI ha sido previamente utilizado para caracterizar *Capsicum*. Así mismo, Junior *et al.* (2013) realizaron un estudio para la identificación y caracterización de un germoplasma de chiles y pimientos de EMBRAPA, ellos estimaron que para garantizar la explicación mínima del 90% de la variabilidad, deben ser seleccionados unos treinta descriptores como mínimo, entre estos: color de filamento, color de fruto maduro, número de lóculos, posición del fruto, origen, pungencia, longitud del tallo, altura de la planta y longitud del fruto. En esta investigación, se utilizaron las variables número de lóculos, altura de la planta, longitud del fruto y color de fruto maduro, siendo esta última una de las más discriminantes.

De igual manera, Palacios y García (2008) caracterizaron morfológicamente 93 accesiones de *Capsicum* spp. del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, utilizando 21 descriptores de IPGRI (6 cuantitativos y 15 cualitativos), 8 de caracteres vegetativos, 3 de flor y 10 de fruto y semilla. Se observó alto coeficiente de variación para caracteres del fruto, lo cual indica la importancia para discriminar variabilidad en una colección. Resultados similares se han reportado indicando que la variabilidad del género se da primero por las características del fruto, seguido por arquitectura de la planta y estructura de flores y número de flores por axila (Pardey *et al.*, 2006).

Los resultados de esta investigación concuerdan parcialmente con Pérez (2010), quien estudió la diversidad genética de chiles del estado de Tabasco, México, reportando que los valores descriptivos del germoplasma estudiado con mayor coeficiente de variación fueron aquellos relacionados al fruto, como longitud del fruto, ancho del fruto y forma del fruto (>59%).

De igual manera, Mini y Khader (2004), al estudiar la variabilidad de los *C. annuum* silvestres, encontraron también que el peso promedio de los frutos es un carácter de alto valor discriminante.

Pardey *et al.* (2006) realizaron una caracterización morfológica a cien introducciones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de

Colombia sede Palmira, y descartaron nueve descriptores: ancho de la hoja cotiledonal, días a botón, días a fruto, ancho de planta, grosor del tallo, días a fruto maduro, longitud del estambre, relación antera pétalo y diámetro de semilla, ya que el coeficiente de variación para estas variables estuvo por debajo de 16%,.

También Villota *et al.* (2012) determinaron que los descriptores, longitud de la hoja y número de lóculos, fueron los que menos contribuyeron con la variabilidad en *Capsicum*, lo que confirma los hallazgos de Pardey *et al.* (2006).

Diferente a los resultados de este estudio, Castañon *et al.* (2010) señalaron que de las variables medidas en colecta de Chile los mayores valores de coeficiente de variación lo presentaron ancho y largo del fruto con 67,7% y 77,9% respectivamente, y los menores valores forma de la corola (11,3%) y posición de la flor (18,6%).

Latournerie *et al.* (2002) al evaluar siete características (forma de la hoja, forma del fruto, diámetro del fruto, forma del fruto en la unión con el pedicelo, forma del ápice del fruto, arrugamiento transversal y número de lóculos), reportan que solo forma del ápice del fruto resultó útil, ya que el resto no permitió detectar variabilidad entre los cultivares.

El cuadro 6 muestra la distribución de frecuencia de las variables cualitativas nominales de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela. Con respecto a los caracteres vegetativos, en la variable forma del tallo se obtuvo que del total de cultivares, el 96% presentó forma cilíndrica, el restante presentó forma angular. Para la variable forma de la hoja se encontró variabilidad ya que se presentaron las 3 categorías establecidas para el descriptor, 83% de los cultivares con hojas forma oval, 10% con forma deltoide y 7% con forma de hoja lanceolada. Para forma de la hoja, el cultivar C12 se consideró lanceolada, y el cultivar C17 correspondió a la categoría deltoide.

Igualmente, para el hábito de crecimiento de la planta se presentaron las tres categorías establecidas, con mayor frecuencia se mostró el tipo compacto (intermedio) presente en el 61% de los cultivares, seguido del tipo postrada y en menor frecuencia se observó el tipo erecta en el 14% de los materiales. El cultivar C2 mostró hábito de crecimiento erecta, mientras que el cultivar C20 se observó como postrada y C11 como intermedio.

Para la variable color de hoja se presentaron solo tres de sus ocho categorías, concentrándose el 83% de los cultivares en la categoría 3 (color verde) el 10% en la

categoría 2 (verde claro) y el 7% en la categoría 4 (verde oscuro). Para el color de hoja el cultivar C14 se registró como verde claro, C2 y C8 como verde oscuro.

Para los caracteres del fruto, en la variable forma del fruto se observó alta variabilidad, ya que se presentaron cinco de las seis categorías establecidas para este descriptor, así mismo la mayor concentración de cultivares se observó para la categoría 5 forma acampanulada y en bloques (53%), seguido de la forma 4 (acampanulado) con 22% de frecuencia, forma 3 (triangular) con 18%, forma 2 (casi redondo) 5% y finalmente con 4% de frecuencia en la categoría forma elongado. Por su parte, el cultivar C22 se categorizó como acampanulado y en bloques; mientras que el cultivar C12 como elongado.

En cuanto a la variable color de fruto maduro, se observaron seis de las nueve categorías establecidas; en este sentido la mayor frecuencia la obtuvo la categoría color rojo presente en el 59% de los cultivares, seguido de el color naranja presente en el 13% de las muestras, luego el 12% de las muestras se ubicaron en la categoría amarillo limón, 9% en el color rojo claro, 7% en el amarillo naranja y un 1% en el rojo oscuro.

Los cultivares C14 y C13 se registrarón como rojo oscuro, el cultivar C2 en la categoría amarillo limón; C3, C11, C8 ubicados en la categoría como amarillo naranja pálido, el cultivar C23 correspondiente al color amarillo naranja; los cultivares C10, C18 y C17 registrados con el color naranja. sin embargo, el color rojo fue la categoría que concentró mayor número de cultivares.

Otra variable que presentó todas sus categorías fue forma del ápice del fruto, para la cual el mayor número de cultivares (45%) se concentró en la categoría 3 (hundido), seguido por la categoría 4 (hundido y punteado), 2 (rombo), 1 (punteado) y finalmente un 1% clasificado como otra forma. Los cultivares C8 y C2 se caracterizaron como ápice hundido y punteado; mientras que el cultivar C12 se ubicó en la categoría de ápice punteado.

Para la variable forma del fruto en la unión con el pedicelo se presentaron 4 de las 5 características establecidas para el descriptor, la mayor frecuencia se observó en las categorías 3 y 4 con un porcentaje de 62 y 28 % respectivamente de presencia en los cultivares, sin embargo la categoría con menor frecuencia en los cultivares fue la forma obtuso (categoría 2) con el 4% de frecuencia en los materiales. El cultivar C6 se registró como cordado; mientras que el cultivar C12 se caracterizó como obtuso. La categoría cordado concentró el mayor número de cultivares.

Finalmente para la variable color de semilla no hubo variabilidad ya que sólo se presentó una de las cinco categorías establecidas para este descriptor, observando que el 100% de los cultivares se concentró en la categoría color amarillo oscuro (paja).

Cuadro 6. Distribución de frecuencia de variables cualitativas nominales de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela

Característica	Mediana	Frecuencia de categoría								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Forma del tallo	1	383	18	0						
Forma de la hoja	2	24	202	17						
Habito de crecimiento de la planta	5	59	149	45						
Color de la hoja	3	0	26	226	19	0	0	0	0	
Forma del fruto	5	9	11	43	53	130	0			
Color del fruto maduro	8	0	29	0	16	0	32	22	144	3
Forma del ápice del fruto	3	13	58	111	61	3				
Forma del fruto en la unión con el pedicelo	4	0	9	69	153	15				
Color de semilla	1	168	0	0	0	0				

En correspondencia con estos hallazgos, Martín y González (1991) reportaron que para la variable hábito de crecimiento, sólo dos introducciones de las 59 estudiadas presentaron hábito rastrero, lo que equivale a un 3,39% del total, el restante 96,61 % presentó hábito compacto y erecto, el cual se prefiere pues facilita el manejo de la planta, así como la aplicación de los agroquímicos y los frutos están menos expuestos al contagio por hongos del suelo. Por otra parte, al ser compacta o erecta la planta tendrá mayor número de ramas principales que de acuerdo a Solanki *et al.* (1986) correlaciona positivamente con el rendimiento.

Por su parte, Adetula y Alakojo (2006) encontraron diferencias altamente significativas en color de fruto a la madurez en *C. frutescens*, por lo que señalan que este carácter es muy importante al momento de la selección de los frutos.

Los colores de los frutos maduros para este estudio fueron rojo, amarillo limón, amarillo naranja pálido, amarillo naranja y naranja (Cuadro 6 y 9). Se observó que el color rojo fue el más predominante en los frutos maduros en 68% de los cultivares. Así mismo, se obtuvo menos diversidad de colores en comparación con Inoue y Reifschneider (1989) quienes observaron naranja, amarillo, verde naranja, amarillo claro, marrón, naranja marrón y rojo oscuro. Sin embargo, se determinó más diversidad que lo reportado por Rêgo *et al.* (2011) quienes encontraron colores rojo, amarillo y naranja en 69 accesiones de *Capsicum*, predominando el color rojo en 55 de estas.

En el cuadro 7 se muestra la distribución de frecuencia, mediana y moda de las variables cualitativas ordinales de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela. En todas estas variables los cultivares se concentraron alrededor de una categoría, dándose por tanto una coincidencia entre la mediana y la moda. Con respecto a caracteres de flor se tiene que la variable número de flores por axila presentó tres de sus cuatro categorías, siendo la categoría una flor por axila la que concentró mayor número de cultivares (49%), seguido de dos flores por axila (47%) y tres o más flores por axila presente en 4% de los materiales. Los cultivares C4 y C1 registraron dos flores por axila.

Para las características vegetativas de la planta se observa que no hubo variabilidad en los caracteres pubescencia de la hoja y pubescencia del tallo, ya que solo se observó una sola categoría en ambos, concentrándose el 100% de los cultivares en la categoría 3 de pubescencia escasa. Por otra parte, para la variable número de semillas por fruto se observó poca variabilidad, solo se presentaron dos de sus categorías, siendo más frecuente la categoría 3 (mas de 50 semillas) observada en el 87% de los cultivares.

Los cultivares C1, C2, C5, C6, C7, C8, C9, C14, C15, C17, C19, C20; C21 y C22 se comportaron estadísticamente iguales ubicándose en la categoría 3 con mas de 50 semillas por fruto, mientras que el cultivar C12 se ubicó en la categoría 2, de los frutos que poseen entre 20 y 50 semillas por fruto.

Finalmente, para la variable tamaño de semilla se mostraron sus tres categorías, la categoría 5 (intermedia) se observó en 77% de los cultivares, la categoría 7 (grande) en

17% de los cultivares y la categoría 3 (pequeña) que se presentó en el 6% del total de materiales. El cultivar C6 se registró como semillas grandes; mientras que C20 como semillas pequeña, el resto se mostraron intermedias.

Cuadro 7. Distribución de frecuencia, mediana y moda de variables cualitativas ordinales de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela

Características	Mediana	Moda	Frecuencia de cada categoría			
			1	2	3	4
Numero de flores por axila	1	1	120	114	9	0
Pubescencia de la hoja	1	3	243	0	0	
Pubescencia del tallo	1	3	401	0	0	
Numero de semillas por fruto	3	3	0	22	146	
Tamaño de la semilla	5	5	10	130	28	

Los resultados presentados contradicen aquellos reportados por Martín y González (1991) para 59 accesiones de una colección de chile del banco de germoplasma del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y dos del programa de Recursos Fitogenéticos de la Universidad de Costa Rica (UCR), donde encontraron gran variabilidad en la característica pubescencia del tallo, destacando el menor porcentaje para las introducciones glabras con un 15,25% y el mayor (35,59%) para los materiales con pubescencia rala. Situación similar reportó para la pubescencia de la hoja, donde la mayoría de los materiales presentaron pubescencia rala e intermedia.

Sin embargo, los resultados de este estudio, coinciden parcialmente con estos autores en cuanto al número de pedicelos por axila, ellos reportan solo dos categorías, 83,05% de los materiales mostró un solo pedicelo y el 16,95% presentó dos, y deducen, que esta característica puede ser utilizada para la separación entre especies, debido a la poca variabilidad que presenta (Martín y González, 1991).

Martín y González (1991), señalan la mayor frecuencia para introducciones con pocas semillas por fruto y frutos de contenido medio de semillas, e indican que para ciertos

usos industriales del chile, la presencia de muchas semillas por fruto constituye una característica poco deseable, ya que afecta negativamente la calidad del producto final.

En el Cuadro 8 se muestran las medias de los cultivares para 7 variables cuantitativas utilizadas en la caracterización de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela. En cuanto a las variables relacionadas con caracteres vegetativos, longitud de la hoja y ancho de la hoja mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los cultivares. Para la variable longitud de hoja, los cultivares C3, C8 y C18 presentaron los mayores valores, comportándose de manera similar entre ellos (por encima de 10 cm). El cultivar que mostró menor longitud fue el C12 con 5,64 cm; en los 21 cultivares restantes se observó longitudes de hoja entre los 7 y 9 cm.

Para el ancho de la hoja, resultó con mayor valor C18 con 6,64 cm y el menor fue para el cultivar C12 con 2,49cm, el resto de los cultivares tuvieron comportamientos diferenciales dentro del rango señalado. Contrario a esto, la variable ancho de la planta no arrojó diferencias significativas entre los cultivares, por lo que esta variable no permitió discriminar entre los cultivares de este estudio.

En cuanto a altura de la planta, se observó poca variabilidad entre cultivares, el 92% de los cultivares se presentaron entre 25 y 45 cm de altura. De igual manera, las plantas de mayor altura correspondieron a los cultivares C9, C18, C1, C5, C13, C4 y C8 ; mientras que la menor altura lo presentó el cultivar C25.

En cuanto a las variables de fruto, se encontraron diferencias ($P < 0,05$) entre los cultivares. Para la longitud del fruto, el mayor valor correspondió al cultivar C1 con 6,53 cm y el más pequeño fue registrado en C13 (3,05 cm), los demás cultivares mostraron valores intermedios. En la característica ancho del fruto, los resultados mostraron al cultivar C24 es el más ancho con valor de (12,62 cm) y el cultivar C12 el más angosto (3,11cm). El resto de los cultivares presentaron respuestas diferenciales con valores entre 8 y 12 cm.

Para el peso del fruto, los cultivares con mayor valor fueron C19, C24 y C25 con 13,04, 12,54 y 11,15 g, respectivamente: los menores peso lo arrojaron los cultivares C12 y C13 (1,21 y 1,89 g) respectivamente. El resto de los cultivares mostraron peso de frutos entre 5 y 9 g. En relación al número de lóculos, el cultivar C22 presentó el mayor valor y el cultivar C12 el menor número de lóculos. La mayoría de los demás cultivares se mostraron generalmente 3 lóculos.

Cuadro 8. Medias de cultivares para 7 variables cuantitativas utilizadas en la caracterización de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela.

CULTIVAR	CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS							
	ANP	LH	ANH	AP	LF	ANF	PF	NL
C1	84,99 a	8,53ab	5,14abc	2,82 b	6,53c	9,39bcd	9,81cd	3,01bcd
C2	72,21 a	9,21ab	5,63bc	2,40 ab	4,46abc	10,13cd	6,65abcd	3,38cde
C3	90,31 a	10,63b	5,60bc	2,08 ab	4,33abc	9,99cd	6,05abcd	3,50cde
C4	66,87 a	9,28ab	5,50bc	2,75 b	4,91abc	8,55bcd	6,28abcd	2,94abcd
C5	91,93 a	9,76ab	5,88bc	2,78 b	3,89abc	8,87bcd	4,49abc	1,96ab
C6	84,00 a	8,63ab	4,44abc	2,27 ab	5,19abc	10,83cd	9,30bcd	3,31cde
C7	73,69 a	7,88ab	4,25abc	2,29 ab	5,28abc	11,38cd	9,23bcd	3,26cde
C8	85,92 a	10,25b	6,23bc	2,50 b	4,88abc	11,43cd	9,85cd	3,50cde
C9	88,42 a	9,79ab	6,17bc	3,00 ab	4,67abc	10,83cd	8,27abcd	3,79cde
C10	79,19 a	9,06ab	5,69bc	2,00 ab	4,50abc	8,27bc	5,74abcd	3,25cde
C11	75,31 a	8,19ab	5,00abc	2,30 ab	4,06abc	9,41bcd	5,43abcd	3,00bcd
C12	67,27 a	5,64 a	2,49 a	2,44 ab	5,06abc	3,11 a	1,21 a	1,93 a
C13	81,66 a	7,18ab	3,69ab	2,78 b	3,05 a	5,58ab	1,89ab	3,92cde
C14	85,92 a	7,68ab	4,07abc	2,00 ab	5,38abc	10,57cd	8,55abcd	3,75cde
C15	87,92 a	9,25ab	5,29abc	2,75 b	4,63abc	9,66bcd	7,64abcd	4,00de
C16	71,98 a	8,29ab	4,02abc	2,45 ab	5,50abc	10,41cd	8,87abcd	3,38cde
C17	75,68 a	8,06ab	4,58abc	2,44 ab	5,05abc	9,12bcd	7,33abcd	3,01bcd
C18	92,21 a	10,51b	6,64c	2,93 b	4,98abc	8,42bc	6,01abcd	3,00bcd
C19	79,54 a	8,84ab	4,93abc	2,50 b	6,19bc	11,98cd	13,04d	3,63cde
C20	78,69 a	9,24ab	5,22abc	2,50 ab	5,58abc	12,13cd	11,01cd	3,57cde
C21	63,92 a	7,58ab	4,10abc	2,50 ab	6,06bc	10,45cd	9,96cd	3,38cde
C22	72,59 a	7,90ab	4,29abc	2,50 ab	5,26abc	11,16cd	10,64cd	4,10e
C23	83,00 a	9,58ab	5,42bc	2,29 ab	3,61ab	9,66bcd	5,38abcd	2,93abc
C24	87,66 a	8,73ab	5,27abc	2,00 ab	5,86bc	12,62d	12,54d	2,98abcd
C25	79,13 a	8,58ab	5,08abc	1,80 a	6,19bc	10,95cd	11,15cd	2,96abcd
X	80,47	8,85	5,04	2,41	5,06	9,86	8,04	3,27
CV	16,32	17,69	20,14	26,12	17,48	13,54	32,20	10,31

ANP=Ancho de la planta, LH=Longitud de la hoja, ANH=Ancho de la hoja, AP= Altura de planta, LF=Longitud del fruto, ANF=Ancho del fruto, PF=Peso del fruto, NL=Numero de locus. Medias seguidas de la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (P<0,05) según la prueba de Tukey

Entre las variables cuantitativas que mayormente se han considerado en *Capsicum* son aquellas relacionadas con el fruto. Al respecto, Achal *et al.* (1986) encontraron que la longitud del fruto fue una de las características que más influyó en el rendimiento. Por su parte, Martín y González (1991) encontraron mayor variabilidad en la longitud y el diámetro del fruto, ubicándose el mayor porcentaje en plantas con longitud de frutos intermedios (5,44 – 7,67 cm), un 18,65% mostró frutos largos (7,68 - 9,91 cm) y solo el 5,08% frutos muy largos (9,92 – 12,1 cm).

Situación similar ocurrió con el diámetro máximo del fruto, donde el mayor porcentaje se ubicó en plantas con frutos angostos (1,21-1,93 cm) y solamente 7 plantas mostraron frutos anchos o muy anchos. La característica ancho del fruto investigada por Achal *et al.* (1986), resultó ser de alta capacidad heredable, por lo que recomiendan la selección de materiales tomando en cuenta el diámetro del fruto.

Rego *et al.* (2011) evaluaron 69 accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la universidad de Roraima. Las accesiones 15, 22 y 69 presentaron los mayores valores para el ancho del fruto menor, 2,20; 2,17 y 2,17, respectivamente, que forman un grupo separado. Esto corrobora las afirmaciones de Sudre *et al.* (2005) sobre la importancia de medir el ancho de la fruta en estudios de diversidad genética de *Capsicum*.

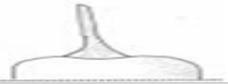
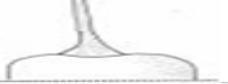
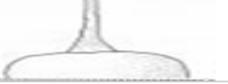
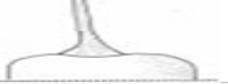
Todorova (2007) encontró que el genotipo tiene influencia predominante en la expresión fenotípica del diámetro, peso y la parte comestible del fruto de chile, mientras que el ambiente tiene un efecto dominante en la longitud del fruto.

Alonso *et al.* (2008) en evaluación *in situ* de chiles silvestres reportaron las variables número de flores por axila, longitud del filamento, diámetro, longitud y peso de los frutos, longitud de la placenta, número y peso de 1000 semillas como caracteres cuantitativos de mayor valor discriminante. El mismo autor hace referencia que la característica flores por axila es una variable importante para establecer diferencias entre las especies *C. annuum* y *C. frutescens*; los *C. annuum* se caracterizan por poseer flores solitarias y los *C. frutescens* poseen más de una flor por axila.

En el cuadro 9 se muestra características cualitativas del fruto de cultivares tipo de ají (*Capsicum* sp.). Las variables relacionadas con datos del fruto: color del fruto maduro, forma del fruto, forma del ápice del fruto y forma del fruto en la unión con el pedicelo mostraron diferencias significativas. De los 25 cultivares estudiados 12 fueron descritos

como tipo, ya que ellos representan todas las categorías abarcadas en cada variable por los 25 cultivares. Estas características permitieron diferenciar uno de otro, además de los genotipos estadísticamente distintos y a su vez mostrar una idea de la variabilidad presente en la colección. Los cultivares restantes que no aparecen en el cuadro, se ajustan a alguno de los cultivares aquí representado.

Cuadro 9. Características cualitativas del fruto de cultivares tipo de ají (*Capsicum* sp.) estudiadas en Venezuela.

Cultiva res	Características cualitativas del fruto de cultivares tipo de ají			
	CFM	FF	FAF	FFUP
C2	Amarillo limónn			
		Acampanulado	Hundido y puntado	Cordado
C5	Rojo			
		Casi redondo	Romo	Truncado
C8	Amarillo naranja pálido			
		Acampanulado	Hundido y puntado	Cordado
C9	Rojo			
		Acampanulado	Hundido	Truncado
C10	Naranja			
		Triangular	Romo	Cordado
C12	Rojo			
		Elongado	Puntado	Obtuso
C13	Rojo			
		Triangular	Romo	Truncado
C16	Rojo claro			
		Acampanulado	Romo	Cordado
C17	Naranja			
		Acampanulado	Romo	Truncado
C18	Naranja			
		Triangular	Romo	Truncado
C19	Rojo claro			
		Acampanulado y en bloques	Hundido	Cordado
C23	Amarillo naranja			
		Acampanulado	Hundido	Cordado

CMF= Color del fruto maduro, FF= Forma del fruto, FAF= Forma del ápice del fruto, FFUP= Forma del fruto en la unión con el pedicelo

Correlaciones entre variables

En el Cuadro 10 se muestra la matriz de correlación simple entre 22 variables cuantitativas y cualitativas utilizadas en la caracterización de 25 cultivares de *Capsicum*. En la matriz se observó que 106 coeficientes fueron altamente significativos ($P \leq 0,01$). Se consideró que los coeficientes $> 0,70$ corresponden a las asociaciones más importantes que en este caso fueron entre las variables vegetativas y del fruto. El signo del coeficiente indica el tipo de asociación, negativo si la relación es inversa y positivo si es directa, la magnitud está asociada con el grado de intimidad entre las variables, valor próximo a 1 están estrechamente correlacionadas, valor próximo a 0 puede indicar independencia entre las variables o una relación no lineal (Franco e Hidalgo, 2003).

Entre las variables vegetativas, la correlación más alta correspondió a la longitud de la hoja y ancho de la hoja ($r = 0,91$). Estas variables, en su orden, se puede notar que están medianamente relacionadas con el ancho de la planta ($r = 0,33$ y $r = 0,33$).

Otra asociación importante fue la formada por el ancho del fruto y el peso del fruto ($r = 0,86$), a su vez, el ancho del fruto se correlacionó positivamente con forma del fruto ($r = 0,74$) y forma del fruto en la unión con el pedicelo ($r = 0,66$).

En cuanto a la característica peso del fruto esta posee una correlación positiva con longitud del fruto ($r = 0,79$), forma del fruto ($r = 0,59$) y forma del fruto en la unión con el pedicelo ($r = 0,54$). Así mismo, la forma del fruto está correlacionada positivamente con la forma del fruto en la unión con el pedicelo ($r = 0,74$) y forma del ápice del fruto ($r = 0,58$).

Por otra parte, se observa que no hubo asociación inversa (-) significativa entre las variables ya que los coeficientes de signo negativo mostraron valores lejanos de 1 próximos a 0, lo que indica bajo grado de asociación íntima e independencia entre las variables; Sin embargo las variables forma de la hoja y ancho de la hoja ($r = - 0,40$), hábito de crecimiento de la planta y forma del fruto ($r = - 0,39$) mostraron los más altos valores de correlación inversa.

Cuadro 10. Matriz de correlación simple entre 22 variables cuantitativas y cualitativas utilizadas en la caracterización de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela.

Características	FT	CH	ANP	LH	ANH	FF	CFM	FAF	FFUP	AP	FH	NFA	HCP	LF	ANF	PF	NL	NSF	TS	
FT	1,00																			
PT	0,00																			
CH	0,12	1,00																		
ANP	0,03	-0,03	1,00																	
LH	0,11	0,00	0,33	1,00																
ANH	0,11	-0,02	0,33	0,91	1,00															
FF	-0,01	-0,06	0,06	0,28	0,19	1,00														
CFM	-0,26	-0,25	-0,02	-0,21	-0,29	-0,07	1,00													
FAF	0,12	0,14	0,11	0,36	0,38	0,58	-0,42	1,00												
FFUP	-0,06	-0,00	0,07	0,28	0,25	0,74	-0,21	0,56	1,00											
AP	-0,05	-0,00	0,13	0,23	0,19	-0,13	0,18	-0,07	-0,15	1,00										
FH	-0,06	0,04	-0,01	-0,37	-0,40	-0,25	0,22	-0,21	-0,22	0,04	1,00									
NFA	0,03	0,02	0,20	0,12	0,14	0,00	0,04	-0,00	0,00	0,16	-0,01	1,00								
HCP	0,12	-0,00	-0,20	-0,08	0,00	-0,39	-0,10	-0,10	-0,32	0,29	-0,04	0,08	1,00							
PH	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00													
LF	-0,02	-0,05	0,04	0,25	0,18	0,37	0,24	0,13	0,25	0,14	0,03	-0,13	-0,23	1,00						
ANF	0,06	0,08	0,13	0,51	0,45	0,74	-0,06	0,62	0,66	-0,00	-0,35	-0,05	-0,37	0,56	1,00					
PF	-0,00	0,05	0,07	0,37	0,30	0,59	0,15	0,38	0,54	0,12	-0,17	-0,06	-0,32	0,79	0,86	1,00				
NL	0,06	-0,04	0,00	0,12	0,10	0,38	0,14	0,26	0,33	0,01	-0,24	0,23	-0,10	-0,04	0,33	0,32	1,00			
CS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
NSF	0,04	-0,11	0,05	0,17	0,18	0,47	0,05	0,25	0,40	-0,01	-0,26	-0,03	-0,33	0,12	0,51	0,41	0,32	1,00		
TS	-0,02	-0,03	-0,17	0,01	-0,05	0,15	0,07	0,03	0,03	-0,09	0,11	-0,16	0,07	0,18	0,08	0,13	-0,03	-0,22	1,00	

FT= Forma del tallo, PT= Pubescencia del tallo, CH= Color de la hoja, ANP= Ancho de la planta, LH= Longitud de la hoja, ANH= Ancho de la hoja, FF= forma del fruto, CFM= Color del fruto maduro, FAF= Forma del ápice del fruto, FFUP= Forma del fruto en la unión con el pedicelo, AP= Altura de la planta, FH= Forma de la hoja, NFA= Numero de flores por axila, HCP= Habito de crecimiento de la planta, PH= Pubescencia de la hoja, LF= Longitud del fruto, ANF= Ancho del fruto, PF= Peso del fruto, NL= Numero de locus, CS= Color de la semilla, NSF= Numero de semillas por fruto, TS= Tamaño de la semilla. Valores en negrilla no son significativos ($P \leq 0,05$)

Según Casali *et al.* (1984), el número de los lóculos se relaciona con el aumento en el número de semillas por fruto. Sin embargo, esta correlación resultó con un coeficiente muy bajo en este estudio, lo cual coincide con Paran y Van der Knapp (2007).

Martín y González (1991) determinaron en una caracterización de chile como el grosor de la pulpa correlacionó positivamente con el peso fresco, con el número de semillas y con la longitud del fruto; y débilmente de manera negativa con la pungencia y con los días a floración. Igualmente, el diámetro del fruto se correlacionó positivamente con número de semillas por fruto y grosor de la pulpa, y esta a su vez con el número de semillas por fruto.

El peso del fruto se considera importante en el desarrollo de variedades para el mercado fresco. En este ensayo el peso del fruto se correlacionó positivamente con el ancho y la longitud del fruto. Así, Lannes *et al.* (2007) reportaron una relación positiva entre el peso del fruto y el grosor de la pared del fruto para *C. chinense*. Rêgo *et al.* (2009) sugieren fitomejoramiento por selección simple para estas variables, una vez que se determinan los efectos genéticos aditivos.

Análisis multivariado y relaciones entre genotipos

Para poder visualizar la relación existente entre los 25 cultivares de ají *Capsicum sp.* basada en las 22 variables morfológicas evaluadas, se realizó análisis de componentes principales, análisis de coordenadas principales y análisis de conglomerados jerárquico el cual se calculó a partir de una matriz de distancia (1- GS de Gower) mediante el algoritmo de UPGMA de los coeficientes de distancia de Gower entre cada par de genotipos.

En la figura 1 se muestra el dendrograma construido con los datos morfológicos en 25 cultivares de ají (*Capsicum spp*). Esta clasificación muestra cinco grupos de cultivares claramente definidos (A, B, C, D y E) que a su vez se separan en subgrupos. El grupo A y B formado por el cultivar 12 y 13 respectivamente, el grupo C por diez cultivares (C25, C24, C20, C19, C21, C7, C22, C16, C6, C14), el grupo D por seis cultivares (C3, C23, C8, C2, C17, C11) y finalmente el grupo E formado por siete cultivares (C5, C18, C10, C9, C15, C4, C1).

Por su parte, el grupo A corresponde a C12 ubicado a 0,52 de distancia, con 48% de similitud con el resto de los cultivares. Este material presentó formas particulares para

las características ancho de la hoja, peso del fruto, ancho el fruto, forma del fruto, forma del ápice del fruto y forma del fruto en la unión con el pedicelo, distintas al común observado en el resto de los materiales, mostrando el menor peso y ancho del fruto, menor tamaño de hojas, un solo lóculo, forma de fruto elongado, forma del ápice del fruto puntado, forma del ápice del fruto en la unión con el pedicelo obtuso, color de fruto maduro rojo.

El grupo B, formado por el cultivar 13 presenta también características muy específicas, similar al cultivar anterior, menor peso y longitud del fruto, tamaño pequeño de las hojas, forma del fruto triangular, forma del ápice del fruto romo, forma del fruto en la unión con el pedicelo truncado, color de fruto maduro rojo. Es importante resaltar que este y el cultivar anterior los materiales fueron traídos del estado Bolívar.

El grupo C incluye 10 cultivares agrupados en dos subgrupos, Este grupo concentra cultivares cuyos frutos presentaron mayor desarrollo en comparación con el resto de materiales, además de otras características tales como: forma del ápice del fruto hundido excepto C16 que es romo, presentaron 3 categorías de forma de fruto (acampanulado, acampanulado y en bloques y C21 de forma triangular), forma del fruto en la unión con el pedicelo cordado excepto C21 de forma truncado, color de fruto maduro rojo, rojo claro y rojo oscuro.

Por su parte, los cultivares C25, C24, C20, C19 formaron el primer subgrupo y se caracterizaron por presentar mayor desarrollo, ya que sus frutos mostraron los mayores valores en cuanto peso y ancho del fruto (peso entre 11 y 13 g y para ancho 10 y 12 cm). Por su parte C19 resultó ser el cultivar que presentó mayor peso en frutos. El segundo subgrupo conformado por los cultivares C21, C7, C22, C16, C6, C14 presentaron también buen desarrollo del fruto maduro pero menor en comparación con el grupo anterior ya que el peso y ancho del fruto resultó entre 8 y 10 gramos, 10 y 11 cm de ancho respectivamente.

Por su parte, el grupo D incluye seis cultivares (C3, C23, C8, C2, C17, C11). Este grupo concentra frutos maduros de colores diferentes a rojo (naranja, amarillo naranja, naranja pálido, amarillo limón). frutos medianos cuyo peso varía entre 5 y 9 g, con formas de fruto acampanulado y acampanulado y en bloques, formas del ápice del fruto romo, hundido y hundido y puntado, formas del fruto en la unión con el pedicelo truncado y cordado.

El grupo E, formado por siete cultivares (C5, C18, C10, C9, C15, C4, C1). Este grupo presenta cultivares con mayor desarrollo de hojas (longitud y ancho), una flor por axila excepto C1 y C4 que presentaron dos, forma de frutos triangular y acampanulados excepto C5 que se mostró casi redondo, forma del apice del fruto romo y hundido, y forma del fruto en la unión con el pedicelo truncado y cordado solo C10, color de fruto maduro rojo, rojo claro y naranja C10 y C18 que no fueron agrupados en D ya que su forma de fruto es triangular, mientras que los frutos de ese grupo son colores diferentes a rojo pero de forma acampanulado y acampanulado y en bloques.

Asimismo, en el dendrograma podemos observar que el mayor grado de similitud se presento entre los cultivares C25 – C24 con menor coeficiente de distancia, compartiendo 90% de similitud genetica; diferente a C12 quien mostró mayor coeficiente de distancia y por ende menor grado de similitud genética con el resto de los cultivares.

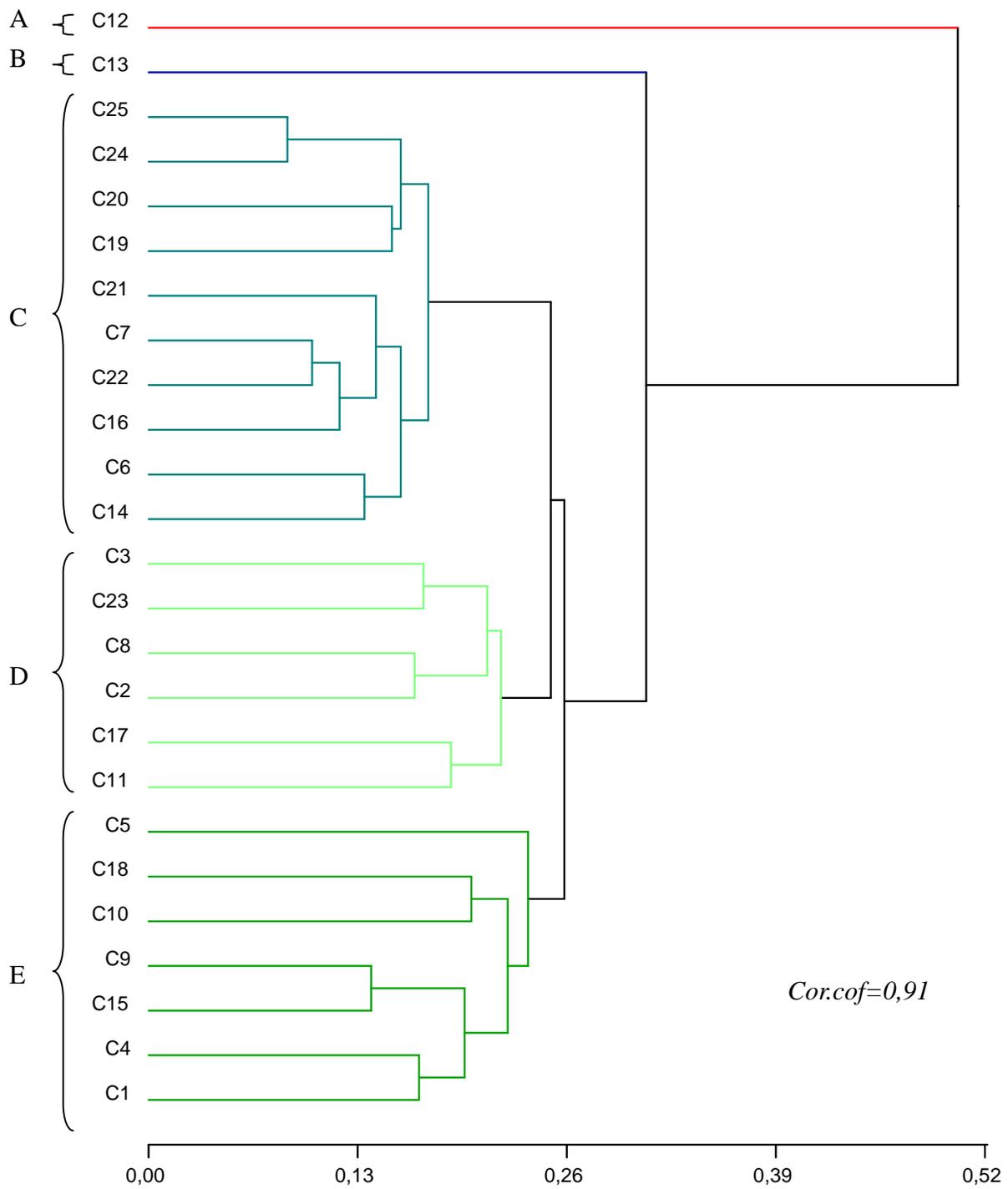


Figura 1. Dendrograma obtenido a partir de la matriz de distancia (1- GS) mediante el algoritmo de UPGMA de los coeficientes de similitud de Gower con datos morfológicos en 25 cultivares de ají (*Capsicum* sp.).

Castañón *et al.* (2008) señalan que en el dendrograma los morfotipos Blanco y Habanero, formaron el Grupo II y ambos se caracterizan por presentar la posición de la flor pendiente, mayor ancho del fruto y el color de las anteras morado. Los tipos Desconocido, Muela, Corazón de Pollo y Habanero morado, formaron cada uno de ellos grupos independientes.

Moreno *et al.* (2011) reportan tres grupos principales y 5 subgrupos generados en dendrograma, los cuales se ordenaron de acuerdo a: colectas más tardías para alcanzar floración, fructificación y madurez; mayor longitud y anchura de la hoja; mayor diámetro de tallo, mayor peso total de frutos por plantas, mayor altura de la planta, entre otras.

Bozokalfa *et al.* (2009) en análisis de similitud de genotipos reportaron la formación de siete grupos basados principalmente en características morfológicas y agronómicas, además del fruto (grosor de la pared del fruto, contenido de capsaicina y vitamina C del fruto).

Resultados de esta investigación coinciden con Zewdie y Zeven (1997) quienes reportan alta variabilidad entre accesiones de pimiento picante en Yugoslavia, e indican que el tamaño de los frutos varió desde pequeño y casi redondo a grande y acampanulado y en bloques. El color del fruto también varió de rojo a amarillo, el hábito de crecimiento de postrado a erecta y la altura de la planta de pequeña a alta.

Lefebvre *et al.* (1993) observaron que *C. annuum* es bastante variable comparado con otras especies autógamas y también sugieren que esto puede estar relacionado con su comportamiento reproductivo.

La asociación entre similitud genética y distancia geográfica entre las variedades locales no siempre está clara (Sonnante y Pignone, 2007). Probablemente el origen geográfico contribuye a la variabilidad genética entre los genotipos estudiados (Geleta *et al.* 2005).

Igualmente, Pérez (2010) menciona que la diversidad morfológica encontrada puede deberse a que el agricultor mezcle morfotipos o variantes de Chile en la misma parcela favoreciendo la recombinación y el entrecruzamiento interespecífico natural, pues a pesar de que los chiles son plantas autógamas existe alto porcentaje de cruzamiento entre especies y variedades.

Sin embargo, en esta investigación hay muestras que provienen de mercado mayorista, mercado minorista y patios caseros, lo que no permite asegurar que los cultivares se agruparon de acuerdo a su procedencia geográfica, ya que no se sabe si originalmente provienen del sitio descrito. Así mismo, las semillas para producción de ají en el país, se obtienen de los mismos frutos, y estas pueden ser trasladadas y plantadas en diferentes lugares y en ese caso podríamos encontrar un mismo cultivar en zonas distintas. Por otra parte, como no existe estudio que haya determinado las especies existentes en el país, tampoco se puede inferir que la agrupación de los cultivares se hizo en base a esta.

En la figura 2 se presenta una representación gráfica del análisis de coordenadas principales de los datos morfológicos de 25 cultivares de ají, mediante el coeficiente de similitud de Gower. En este análisis de ordenación las dos coordenadas permiten ubicar espacialmente los grupos de cultivares que presentan mayor similitud entre ellos. La combinación de las dos coordenadas permite evidenciar seis grupos de cultivares bien definidos: un primer grupo (I) formado por 2 cultivares: C5 y C18; un segundo grupo (II) que incluye 10 cultivares: C11, C3, C4, C8, C9, C2, C23, C10, C1, C15; un tercer grupo (III) formado por el cultivar 13 *per se*; un cuarto grupo (IV) formado por el cultivar C17 *per se*; un quinto grupo (V) formado por 10 cultivares: C14, C6, C16, C20, C24, C19, C21, C25, C22 y C7; un sexto y último grupo (VI) formado por el cultivar 12 *per se*.

EL grupo (I) concentró dos cultivares con formas del ápice del fruto tipo romo y forma del fruto en la unión con el pedicelo truncado, sin embargo el color de fruto maduro es diferente rojo para C5 y naranja para C18, la forma del fruto casi redondo para C5 y triangular para C18. el fruto para C5 mostró menor peso y longitud pero mas ancho, C18 resultado mayor peso y longitud pero menos ancho que el anterior..

El segundo grupo (II) incluyo 10 cultivares con buen desarrollo de hojas (longitud: 8-10 y ancho: 5-6), tamaño mediano de los frutos, longitud (3 - 6 cm), diámetro del fruto (8 - 11 cm), peso del fruto (5 y 9), forma del fruto acampanulado, triangular (C1 y C10) y acampanulado y en bloques (C3), forma del ápice del fruto hundido, romo (C1, C4, C10) y hundido y puntado (C2 y C8), forma del fruto en la unión con el pedicelo truncado y cordado; este grupo presento color de fruto maduro rojo (C1, C9, C15), amarillo limón (C2), amarillo naranja palido (C3, C8, C11), amarillo naranja (C23) y rojo claro (C4).

El grupo III incluye al cultivar 13, este se caracterizó por ser un fruto pequeño, ya que mostró valores de peso= 1,89 g, ancho del fruto= 5,58 cm, longitud del fruto= 3,05; su forma del fruto triangular, forma del ápice del fruto romo, forma del fruto en la unión con el pedicelo truncado, color del fruto maduro rojo, habito de crecimiento de la planta erecto. Su característica particular fue la longitud del fruto, ya que de todos los materiales fue quien presento menor valor para esta característica.

El grupo IV formado por C17, presento valores de fruto tales como peso= 7,33 g, ancho del fruto= 9,12 cm, longitud del fruto= 5,05; su forma del fruto acampanulado, forma del ápice del fruto romo, forma del fruto en la unión con el pedicelo truncado, color del fruto maduro naranja, habito de crecimiento de la planta intermedio, ancho de la hoja= 4,58 cm y longitud de la hoja= 8,06 cm.

El grupo V se caracterizó por agrupar cultivares con mayor desarrollo del fruto (diámetro peso y longitud), color de fruto maduro rojo y rojo claro, forma del fruto acampanulado y acampanulado y en bloques excepto C21 (triangular), forma del ápice del fruto hundido excepto C16 (romos), forma del fruto en la unión con el pedicelo cordado excepto C21 (truncado). La conglomeración de este grupo coincidió con el grupo B observado en el dendrograma anterior.

Finalmente el grupo VI incluye al cultivar 12, este se caracterizó por ser un fruto pequeño, ya que mostró valores de peso= 1,21 g, ancho del fruto= 3,11 cm, longitud del fruto= 5,06; su forma del fruto elongado, forma del ápice del fruto puntudo, forma del fruto en la unión con el pedicelo obtuso, color del fruto maduro rojo, habito de crecimiento de la planta erecto, número de locus= 1, ancho de la hoja= 2,49 cm, longitud de la hoja= 5,64 cm. Este cultivar presento el mayor numero de características diferentes a los materiales restantes, y su fruto es más pequeño que el C13, en cuanto a peso y diámetro del fruto.

Es importante señalar que la agrupación obtenida en este analisis es diferente a la jerarquización obtenida en el dendrograma anterior, exceptuando el grupo V de este analisis, el cual se conglomeró de igual manera que en el grupo D del dendrograma, del resto ninguno se parece.

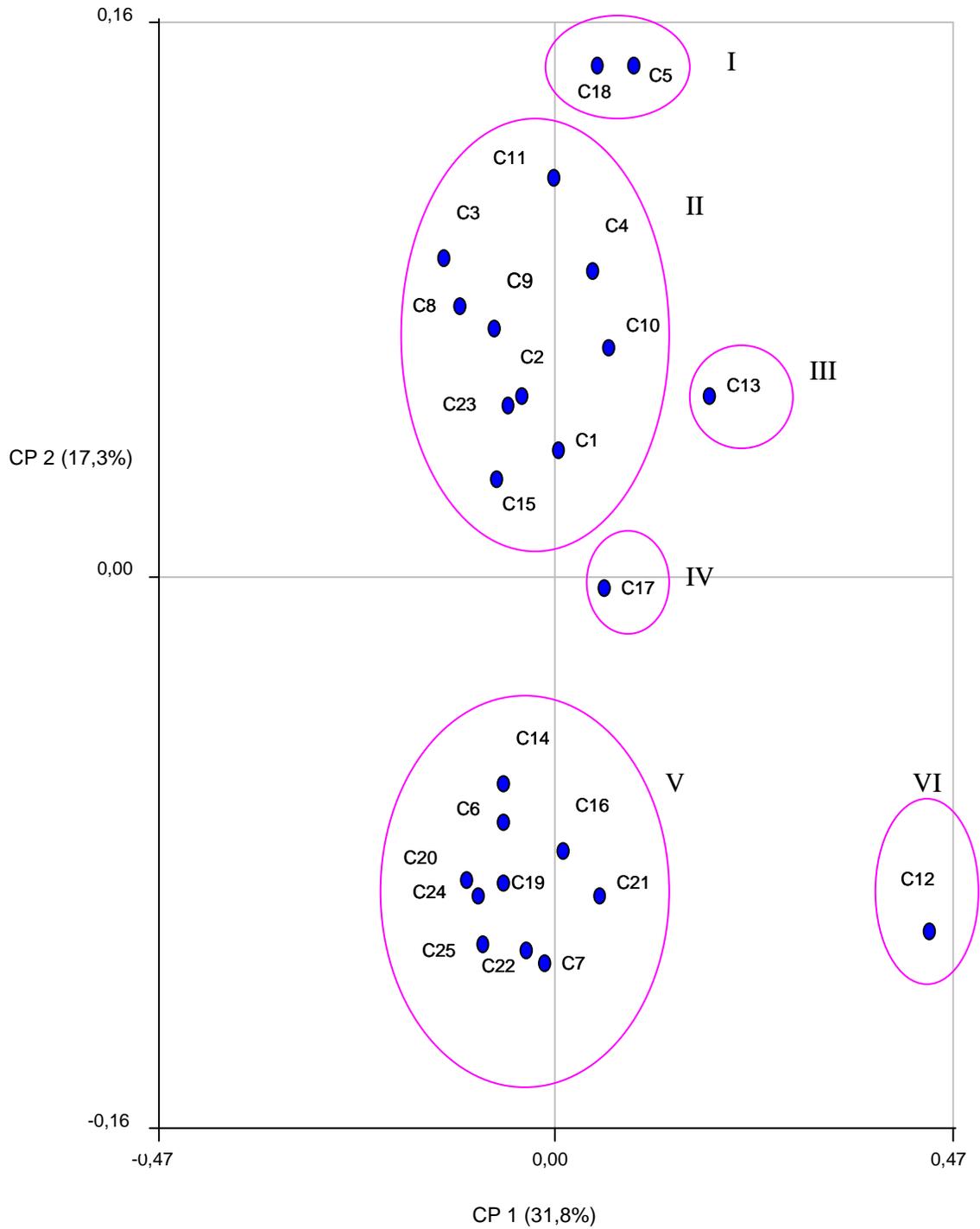


Figura 2. Representación gráfica del análisis de Coordenadas Principales obtenido a partir de la matriz de distancia (1- GS) mediante el algoritmo de UPGMA de los coeficientes de similitud de Gower con datos morfológicos en 25 cultivares de ají (*Capsicum* sp.).

En el cuadro 11 se muestran los autovalores del análisis de componentes principales para 22 variables morfológicas en la caracterización de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela. El análisis de componentes principales mostró que los cuatro primeros componentes tienen valores propios mayores a 1 con variabilidad acumulada del 70,5% de la variación total existentes en los cultivares estudiados. El componente principal 1 explicó el 33,5%, el segundo lo hizo en 16,5%, el tercero en 12,9% y el cuarto componente en 7,4%. La contribución de cada variable a la conformación de los ejes se presenta en el cuadro 12 y se evidencia que las variables de mayor contribución están relacionadas con características del fruto y de la planta

Cuadro 11. Autovalores del análisis de los componentes principales para 22 variables morfológicas en la caracterización de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela

Número	Valor propio	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	6,375	33,553	33,553
2	3,144	16,551	50,104
3	2,467	12,984	63,089
4	1,423	7,49	70,579
5	1,213	6,387	76,967
6	1,028	5,414	82,381
7	0,896	4,719	87,1
8	0,636	3,347	90,448
9	0,518	2,727	93,176
10	0,419	2,207	95,383
11	0,253	1,333	96,717
12	0,248	1,309	98,026
13	0,177	0,932	98,959
14	0,104	0,549	99,508
15	0,037	0,199	99,708
16	0,026	0,139	98,478
17	0,017	0,09	99,938
18	0,006	0,036	99,975
19	0,004	0,025	> 100%

En el Cuadro 12 se muestran los autovectores de los primeros 4 componentes principales en la caracterización de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela.

En el CP1 las variables con mayor valor descriptivo estuvieron relacionadas con características del fruto: ancho del fruto (0,948), forma del fruto (0,893) y forma del fruto en la unión con el pedicelo (0,891). El segundo componente CP2 esta determinado por los descriptores de la hoja y flor: ancho de la hoja (0,682), número de flores por axila (0,617), longitud de la hoja (0,587). El CP3 color de fruto maduro (-0,764), color de la hoja (0,705) y forma del tallo (0,608), mientras que el cuarto componente CP4 estuvo definido por tamaño de la semilla (0,790) y color de la hoja (-0,432).

Cuadro 12. Autovectores de los primeros 4 componentes principales en la caracterización de 25 cultivares de *Capsicum* estudiadas en Venezuela.

CARACTERISTICAS	COMPONENTES PRINCIPALES			
	1	2	3	4
Forma del Tallo	0,1150	0,2299	0,6088	0,1788
Color de Hoja	0,0854	-0,0409	0,7059	-0,4325
Ancho de la Planta	0,2997	0,4728	-0,3130	0,1866
Longitud de la Hoja	0,6809	0,5875	-0,2028	-0,0685
Ancho de la Hoja	0,5839	0,6828	-0,2216	-0,1734
Forma del Fruto	0,8938	-0,1938	0,0757	0,2125
Color del Fruto Maduro	-0,1614	-0,4876	-0,7644	-0,0221
Forma del Ápice del Fruto	0,7963	0,0818	0,4364	-0,0921
Forma del Fruto en la Unión con el Pedicelo	0,8911	-0,1996	0,1819	0,2214
Altura de la Planta	-0,1693	0,5295	-0,4434	-0,3448
Forma de la Hoja	-0,5190	-0,5328	-0,0087	-0,0075
Numero de Flores por Axila	0,0733	0,6176	-0,3347	0,3292
Hábito de Crecimiento de la Planta	-0,4771	0,4460	0,0607	-0,0269
Longitud del Fruto	0,3307	-0,5683	-0,4440	-0,2359
Ancho del Fruto	0,9485	-0,1909	0,0012	-0,1008
Peso del Fruto	0,7930	-0,4349	-0,2286	-0,1821
Número de Lóculos	0,5783	-0,1365	-0,0360	0,2411
Número de semillas por fruto	0,8388	0,0195	-0,1767	-0,1489
Tamaño de la Semilla	-0,0061	-0,1464	-0,0450	0,7900

Los resultados presentados coinciden con Pardey *et al.* (2006) quienes señalaron que la variabilidad del género se da primero a nivel de características de fruto, seguido de la arquitectura de la planta y finalmente de estructuras florales y número de flores por axila.

Igualmente, Villota *et al.* (2012) señalaron que en el análisis de componentes principales las características de mayor contribución fueron las relacionadas con el fruto y la arquitectura de la planta que explicaron el 70,8% de la variabilidad.

Castañón *et al.* (2008) en caracterización de Chile reportan variación morfológica para el primer componente principal de 42,41%, determinado mayormente con signo positivo en las variables color de la hoja y ancho y largo del fruto, y las variables forma del fruto y flores por axila para el tercer componente; mientras que para este estudio las dos últimas variables contribuyeron para el primer y segundo componente respectivamente.

Por otro lado, Chávez y Castillo (1999), en las poblaciones de Chile manzano (*C. pubescens* R y P.), reportan que el diámetro del fruto fue la variable que mostró mayor valor descriptivo, concordando con resultados de esta investigación.

Igualmente, García (2006) reportó que ancho, peso y longitud del fruto fueron las variables que contribuyeron de manera significativa en el primer componente, discriminando la variabilidad encontrada entre y dentro de las especies de *Capsicum*.

Los resultados encontrados concuerdan parcialmente a otros reportados, Moreno *et al.* (2011), señalaron que los primeros tres componentes principales explicaron 58% de la variación cuantitativa total, y que el mayor aporte de variación lo tuvieron las características relacionadas con la morfología de la hoja y la estructura floral (longitud y ancho de la hoja madura, longitud del peciolo y la corola y ancho de la corola), días a fructificación y número de frutos por planta.

Por otro lado Pérez (2010) reportó que los tres primeros componentes principales explicaron más del 50% del total de variabilidad morfológica y que las características morfológicas más explicativas fueron variables asociadas con la forma del fruto y de la flor.

Estos resultados coinciden con los trabajos de Medina *et al.* (2006) los cuales encontraron diferencias morfológicas, principalmente en fruto y en follaje en diferentes poblaciones del género *Capsicum*.

Los resultados de nuestra investigación presentan cierta concordancia a los publicados por Chávez y Castillo (1999), quienes reportan que variables como largo, ancho y forma del fruto de *Capsicum* presentaron gran variación genética.

Bozokalfa *et al.* (2009) en evaluación de colección de pimiento, reportaron que los seis primeros componentes principales representaron el 54,9% de la varianza total y la misma estuvo dada por las características: diámetro del fruto, peso del fruto, volumen y grosor de la pared del fruto.

Análisis Molecular

En el Cuadro 13 se presenta el número y tipos de bandas detectadas por los iniciadores RAPD utilizados para la caracterización molecular de 15 cultivares de ají (*Capsicum* sp.) estudiados en Venezuela. De los 31 iniciadores RAPD probados solo 8 fueron utilizados tomando en cuenta la calidad de la resolución de las bandas y el hecho de que amplificaran para la detección de polimorfismo en las 15 muestras evaluadas. Estos iniciadores amplificaron un total de 51 bandas RAPD. El número de fragmento por iniciador estuvo en un rango de 3 a 9 bandas. De los 8 iniciadores utilizados solo tres presentaron bandas monomórficas (OPE06, OPG10 y OPG18).

Del total de bandas obtenidas, 48 fueron polimórficas. Los iniciadores OPE11, OPE06 y OPO18 generaron el mayor número de bandas polimórficas 9, 8 y 8, respectivamente. La diversidad genética los iniciadores señalados fue similar con los valores entre 0,14; 0,22 y 0,25 respectivamente. Sin embargo, los iniciadores con mayor valor del DG son OPP17, OPO01, OPG18 y OPO18, siendo el OPP17 quien presenta menor coeficiente de desviación estándar, por lo tanto se considera el más confiable para determinar la diversidad genética en *Capsicum*.

Cuadro 13. Número y tipos de bandas RAPD generados por los iniciadores utilizados para la caracterización molecular de 15 cultivares de ají (*Capsicum* sp.)

Primer	BP	BM	BT	DG	D.E.
E06	8	1	9	0,22	0,03
E11	9	0	9	0,14	0,02
E13	3	0	3	0,18	0,02
G10	6	1	7	0,18	0,02
G18	2	1	3	0,28	0,01
O01	7	0	7	0,29	0,02
O18	8	0	8	0,25	0,03
P17	5	0	5	0,3	0,01
Total	48	3	51		

BP= Bandas polimórficas, BM= Bandas monomórficas, BT= Bandas totales, DG= Diversidad genética y D.E.= Desviación estándar.

Algunos trabajos previos demuestran la utilidad de estos marcadores para determinar la diversidad genética en *Capsicum*. Al respecto, Bahrami *et al.* (2009) probaron

eficiencia de los marcadores RAPD para evaluar la variabilidad genética de 39 genotipos de *Capsicum* detectando los mayores y menores niveles de polimorfismo con los iniciadores OPC11 y OPA07, respectivamente. También, Adetula (2006) utilizó marcadores RAPD para estudiar colección de germoplasma de *Capsicum* y estimar relación genética entre las accesiones.

En la figura 3 se muestra el dendrograma construido con los datos moleculares de marcadores RAPD en 15 cultivares de ají (*Capsicum* spp) a través de los coeficientes de distancia basados en la similaridad de Jaccard y el algoritmo de ligamiento promedio no ponderado (UPGMA). Este análisis de agrupamiento muestra claramente tres grupos definidos (I, II y III) que a su vez se separan en subgrupos. El grupo I incluye 1 cultivar, el grupo II que incluye 10 cultivares, y el grupo III conformado por 4 cultivares

El grupo I conformado por el cultivar 18, no se agrupó con ninguno de los otros cultivares y formó *per se* el grupo I. Este cultivar se ubicó separadamente del resto de los cultivares a una distancia de 0,69 indicando que está poco próximo y tiene bajo grado de similitud (0,31) con el resto de los materiales.

Por su parte, el grupo II incluyó a 10 de los cultivares (C17, C15, C21, C19, C23, C24, C20, C14, C5, C13) , que tienen desde 0,17 a 0,48 de distancia (mediano nivel de similitud), es el grupo más numeroso, dividido en varios subgrupos, donde se observa la formación independiente de dos de estos (cultivares C15 y C17), y se ubica a los cultivares con mayor grado de similitud (C20 y C24) del total de materiales evaluados.

El grupo III conglomeró a 4 de los cultivares (C9, C6, C3, C10) que tienen desde 0,22 a 0,40 de distancia (mediano grado de similitud) se observa la formación de subgrupos (C3-C10) y subgrupos independientes (cultivares C9 y C6)

Con respecto a estos resultados, Paran *et al.* (1998) estudiaron variabilidad de 34 cultivares diferentes de pimiento (*Capsicum annuum*) a través de marcadores RAPD, logrando separar variedades de frutos grandes y dulces de los pimientos de fruto pequeños y picantes, observando menos divergencia en los dulces que en los picantes.

De igual manera, Bahrami *et al.* (2009) realizó un análisis de conglomerado basado en marcadores RAPD, con un nivel de similitud de 61% identificó ocho grupos distintos de pimiento, separados en los tipo chile y tipo ornamentales.

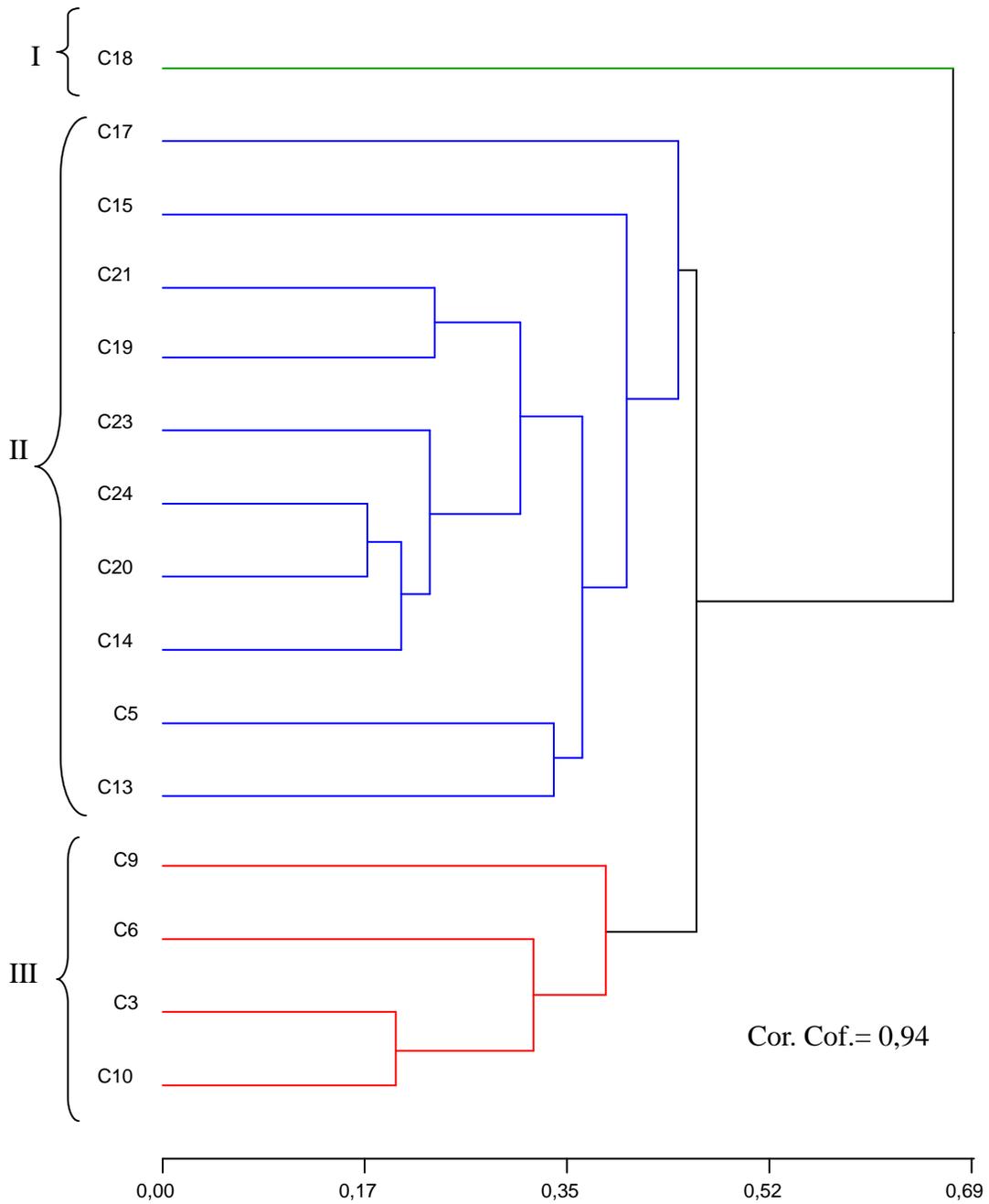


Figura 3. Dendrograma obtenido a partir de la matriz de distancia (1- GS) mediante el algoritmo de UPGMA de los coeficientes de similaridad de Jaccard con datos de marcadores *RAPD* de cultivares de ají (*Capsicum* ssp).

Los resultados de este estudio permitieron identificar los cultivares mas y menos distantes con mayor y menor grado de similitud, dando una idea de la variabilidad existente en el país, observada en apenas 15 cultivares. Sin embargo, el agrupamiento no se correspondió con los caracteres morfológicos evaluados, ya que estos se incluyen independientemente en uno u otro grupo. Probablemente, el agrupamiento está asociado a caracteres genéticos, los cuales no pudieron ser identificado por RAPD por lo que habría que utilizar otro marcador molecular.

Es común observar incongruencias entre los análisis basados en datos morfológicos y los basados en datos moleculares (Hillis y Wiens, 2000), lo que ha originado polémicas respecto a qué tipo de datos pueden proveer de información adecuada para sustentar y probar hipótesis evolutivas.

En este sentido, Yüzbaşıoğlu *et al.* (2006) mencionan que la evaluación de la variabilidad genética entre los genotipos es útil para la conservación de los recursos genéticos, para la ampliación de la base genética de los cultivares y para la protección del cultivar. El grado de diversidad genética entre cultivos depende de su comportamiento reproductivo (Geleta *et al.* 2005).

En la figura 4 se presenta una representación gráfica del análisis de coordenadas principales de los datos de marcadores RAPD en 15 cultivares de ají (*Capsicum* sp.) mediante el coeficiente de distancia basada en la similitud de Jaccard. En este análisis de ordenación las dos coordenadas explican el 28,2% y 24,3% de la variación total, y permiten ubicar espacialmente los grupos de cultivares que presentan mayor similitud entre ellos. La combinación de las dos coordenadas permite evidenciar tres grupos de cultivares bien definidos: un primer grupo formado por 1 cultivar, un segundo grupo formado por 4 cultivares, y un tercer grupo que incluye los 10 cultivares restantes.

El primer grupo conformado por el cultivar C18, este cultivar se ubicó solo y distante del resto de los cultivares, tal como se observó en la figura anterior. El segundo grupo que conglomeró a los cultivares (C9, C6, C3, C10), y un tercer grupo conformado por los cultivares C17, C15, C21, C19, C23, C24, C20, C14, C5, C13.

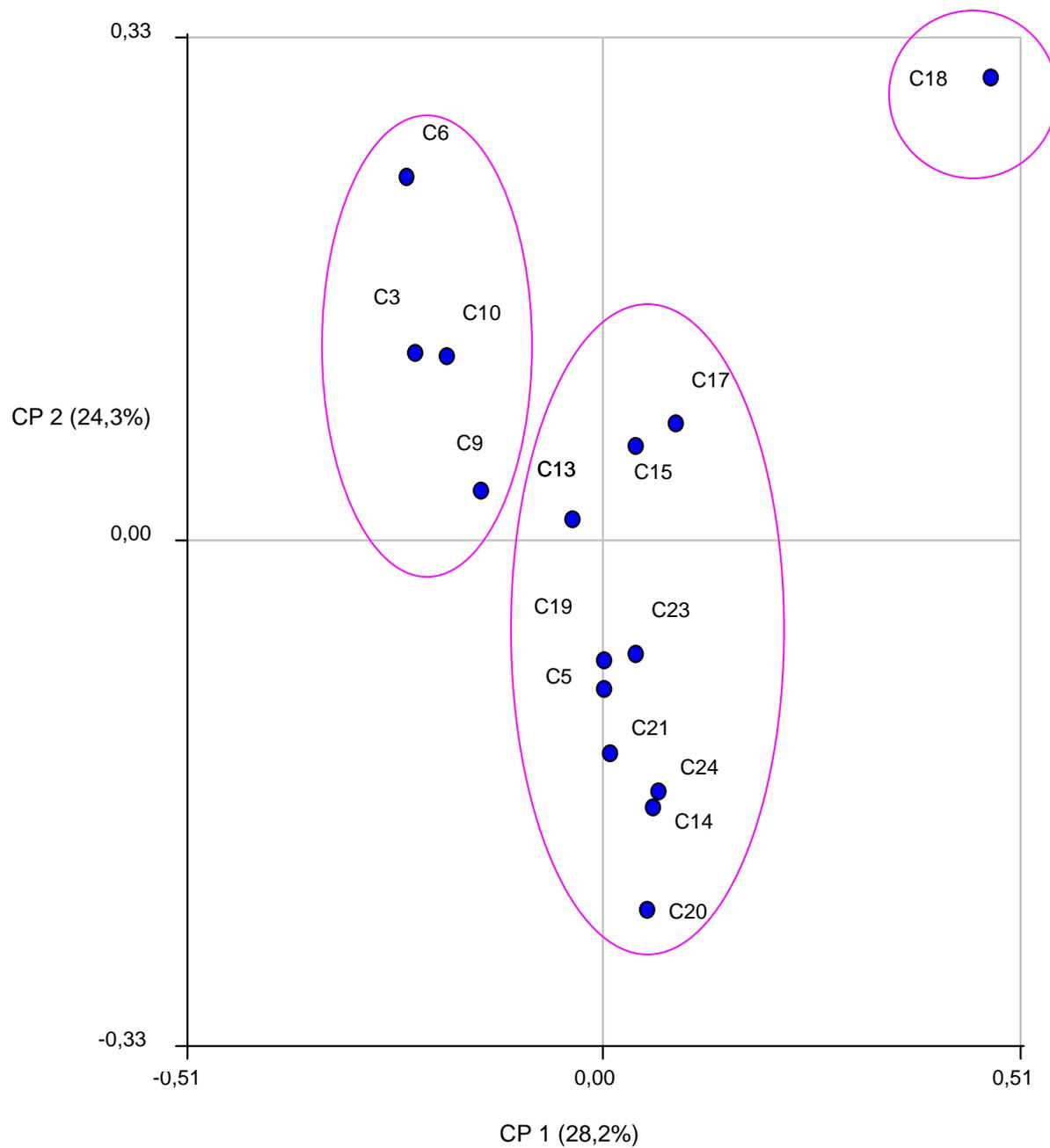


Figura 4. Representación gráfica del análisis de coordenadas principales obtenido a partir de la matriz de distancia (1- GS) (GS es coeficiente de similitud de Jaccard) mediante el algoritmo de UPGMA con datos de marcadores *RAPD* en cultivares de ají (*Capsicum* sp).

Estos resultados confirman que los marcadores RAPD son una técnica adecuada y eficiente para evaluar la diversidad genética en genotipos de pimiento, tal como ha sido reportado por Bahrami *et al.* (2009).

Asimismo, Rodríguez *et al.* (1999) utilizaron marcadores RAPD para caracterizar 110 accesiones de seis especies de *Capsicum*, identificando diferencias (discriminación) entre las especies estudiadas que le permitieron reclasificar tres accesiones que habían sido mal clasificadas previamente, basadas en caracteres morfológicos, otras tres accesiones que no habían sido clasificadas se asignaron a especies.

En otra investigación, Orenthung y Changkija (2013) utilizaron RAPD para estudiar diversidad genética de variedades locales de Chile indígena; las bandas generadas presentaron 96% de polimorfismo, lo que indica que los marcadores lograron distinguir un alto grado de variabilidad entre las variedades analizadas, el análisis permitió separar dos grupos principales, uno con las variedades locales de *Capsicum chinense* y otro con variedades locales de *C. annuum* y *C. frutescens*.

Además, Bhadrachoudar y Patil (2011) en un estudio de *Capsicum* utilizando RAPD observaron la formación de dos grupos representados por un solo genotipo exhibiendo su diferencia genética, y un gran grupo de ocho genotipos que revelan la proximidad o similitud genética, demostrando la alta eficiencia de estos marcadores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En la caracterización morfológica las variables más discriminantes fueron fruto y caracteres vegetativos de la planta (peso del fruto, color del fruto maduro, forma del ápice del fruto, ancho y forma del fruto, forma del fruto en la unión con el pedicelo, ancho de la hoja). Las variables pubescencia del tallo, pubescencia de la hoja y color de la semilla no detectaron variabilidad. Las características con mayor grado de asociación fueron: longitud y ancho de la hoja, ancho y peso del fruto, forma y ancho del fruto, longitud y peso del fruto. Los 25 cultivares se ordenaron en cinco y seis grupos principales, de acuerdo a las características peso del fruto, color de fruto maduro, forma del fruto, forma del ápice y forma del fruto en la unión con el pedicelo
2. En la caracterización molecular los iniciadores OPE11, OPE06 y OPO18 generaron el mayor número de bandas polimórficas y OPP17 mayor valor de diversidad genética. Los 15 cultivares evaluados conformaron 3 grupos principales divididos en subgrupos.
3. Este estudio permitió tener una idea de la cantidad de materiales que se encuentran dentro del país y con ellos la diversidad genética disponible entre los genotipos que puede ser utilizada en futuros programas de mejoramiento.

REVISION DE LITERATURA

- ABADIE T. ; BARRETA A. 2001. Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos para los países del cono sur En Estrategias en recursos fitogenéticos para los países del cono Sur PROCISUR On line
- ACHAL S. ; LAL S.D. ; PANT C.E. 1986. Variability studies in chilli. Progressive Horticulture 18 (3-4):270-272.
- ADETULA O. A. 2006. Genetic diversity of *Capsicum* using Random Amplified Polymorphic DNAs. African Journal of Biotechnology 5 (2):120-122. .
- ADETULA O. A.; ALAKOJOS S.A. 2006. Genetic characterization and evaluation of some pepper accessions *Capsicum frutescens* L. the Nigerian “Shombo” collections. American – Eurasian Journal Agriculture and Environment Science 1(3): 273-281.
- ALCORCES N. 2001. Estudios cromosómicos en *Capsicum chinense* Jacq. Revista UDO Agrícola 1(1): 34-41.
- ALONSO R.; MOYA C.; CABRERA A.; PONCE P.; QUIROGA R.; ROSALES M.; ZUART J. 2008. Evaluación *in situ* de la variabilidad genética de los chiles silvestres (*Capsicum* spp.) en la región Frailesca del estado de Chiapas México. Cultivos Tropicales. 29(2): 49-55.
- ALONSO R.; PONCE P.; QUIROGA R.; ZAMBRANO B.; ZUART J.; SAUCEDO H.; ROSALES M.; MOYA C.; ALVAREZ M. 2005. Caracterización y conservación *in situ* del timpinche (*Capsicum unnuum* var. *aviculare*) en la región Frailesca de Chiapas, México. Memorias del XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. México. P. 328-331.
- ANDREWS J. 1995. The domesticated *Capsicum*. University of texas Press. P. 186
- ARIAS J. y MELGAREJO L. 2000. Ají; historia, diversidad y usos. Bogota. Editorial Produmedios. P. 38.
- ASEMOTA H.; RAMSER J.; LOPEZ C.; WEISING K.; KAHL G. 1996. Genetic variation and cultivar identification of Jamaican yam germplasm by random amplified polymorphic DNA analysis. Euphytica 92: 341-351.

- BAHRAMI M.; HASSANI E.; MOHAMMADI A.; LESSAN H. y GHAZI S. 2009. Evaluation of genetic diversity in capsicum spp. As revealed by rapid markers. Acta Hort. (ISHS) 829:275-278
- BAKER S.; RUGH C. y KAMALAY J. 1990. RNA and DNA isolation from recalcitrant plant tissues. Biotechniques 9:268-272.
- BALZARINI M. y DI RIENZO J. 2012. InfoGen version 2012. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado junio 2013 en <http://www.info-gen.com.ar>
- BHADRAGOUDAR M. y PATIL C. 2011. Assessment of genetic diversity among *Capsicum annuum* L. genotypes using RAPD markers. African Journal Biothecology 10(76):. 17477-17483.
- BOSLAND P. 1994. Chiles: history, cultivation and uses. In: G. Charalambous (ed), Spices, Herbs, and Edible Fungi. Elsevier. New York. P. 347 – 366.
- BOSWELL V.R. 1949. Garden pepper. Both a vegetable and condiment. National Geographic Mag. 96: 166-167.
- BOZOKALFA M.; EŞIYOK D.; TURHAN K. 2009. Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of pepper (*Capsicum annuum* L.) from Turkey. Spanish Journal of Agricultural Research. 7(1): 83-95.
- BRUCHER. H. 1989. Useful Plants of Neotropical Origin and their Wild Relatives. Springer Verlag. Nueva York. pp: 165-172.
- CASALI VWD.; PÁDUA JG.; BRAZ LT. 1984. Melhoramento de pimentão e pimenta. Informe Agropecuário 113: 19-22.
- CASTAÑÓN G.; LATOURNERIE L.; MENDOZA M.; VARGAS A.; CÁRDENAS H. 2008. Colección y caracterización de chile (*Capsicum* spp) en Tabasco, México. Revista Internacional de Botánica Experimental. 77: 189 – 202.
- CASTAÑÓN G. ; LATOURNERIE L. ; LESHER J. ; DE LA CRUZ E. ; MENDOZA M. 2010. Identificación de variables para caracterizar morfológicamente colectas de chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. 26(3): 225-234.
- CHÁVEZ S.J.L. y CASTILLO G. 1999. Variabilidad en características morfológicas de colectas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) Revista Fitotecnia Mexicana 22: 27-41.
- CEDEÑO L.; CARRERO C.; JAIMEZ R. 2003. Pudrición basal del ají dulce por *Haematonectria haematococca* en el estado Mérida. Venezuela. INCI 28 n.10 Caracas.

- CHEEMA SK. y PANT MR. 2013. RAPD Analysis of the seven cultivated varieties of *Capsicum annuum* L. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2. N1. pp: 152-158
- DE VICENTE C. 2002. Molecular techniques to facilitate prioritization of plant genetics resources conservation and further research. Ag Biotechnet. 4
- DOYLE J. J. y Doyle J. L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochemical Bulletin 19: 11-15.
- ESHBAUGH W. H. 1993. History and exploitation of a Serendipitous New Crop Discovery. In J. Janick and J.E. Simon (eds), New Crops. Wiley, New York. Pp. 132-139.
- ESHBAUGH W. H. 1977. The taxonomy of the genus *Capsicum* (Solanaceae). IIIrd Eucarpia Meeting on *Capsicum*. Avignon Montfavet (Francia): 13-26.
- FAO. 2005. Data base.
<http://faostat.fao.org/site/612/DesktopDefault.aspx?PageID=612#ancor>
- FAO. 2008. PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS COMITÉ DEL CODEX SOBRE FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS. CX/FFV 08/14/10. 14^a reunión. Mexico. P. 2-18.
- FERNANDEZ J. M. y RUSSO L. 2006. Vida picante de Amazonas: Gran Potencial para la micro y mediana empresa. CENIAP HOY N° 12. Septiembre – Diciembre.
- FLORES A. 1983. Fundación Servicio por la Agricultura (FUSAGRI). Edición Petróleo y Agricultura. N° 3. Segunda Edición. Caracas.
- FORD B. y JACKSON M. 1986. Plant genetic resources. An introduction to their conservation and use. Edward Arnold, Publ. Baltimore. 152 p.
- FRANCO T. e HIDALGO R. (eds.) 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- GALMARINI C.R. 1999. El género *capsicum* y las perspectivas del mejoramiento genético de pimiento en Argentina. Avances en Horticultura 4(1). Edición on-line.
- GARCÍA D. M. A. 2006. Diversidad genética de *Capsicum* en Colombia. Proyecto de tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, 86 p.
- GARCÍA HERIZ. M. 1989. Cruzamientos interespecíficos en el género *Capsicum*. Monografía IAMZ. Zaragoza. 1989. pp 28

- GELETA L.F.; LABUSCHAGNE M.T.; VILJOEN C.D. 2005. Genetic variability in pepper (*Capsicum annuum* L.) estimated by morphological data and amplified fragment length polymorphism markers. *Biodivers Conserv* 14, 2361-2375.
- GIL ORTEGA R. 1990. Resistencia a *Phytophthora capsici* Leon. en pimiento. Tesis Doctoral. INIA (España). Madrid. 369 pp.
- GONZALEZ A. y PITA V. 2001. Conservación y caracterización de recursos fitogenéticos. Edit. Mundi – Prensa. Madrid. España. 279 p.
- GOWER J. C. 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics* 27 (4) 857-871 p.
- GUZMAN P. J. E. 1997. El cultivo del pimiento y el ají. Serie Agrícola Vegetal n° VI. 2^{da} edición. Editores Espasande. Caracas Venezuela. 13-15 y 34-36 p.
- GUZMÁN F.; AYALA H.; AZURDIA C.; DUQUE M. y DE VICENTE M. 2005. AFLP assessment of genetic diversity of *Capsicum* genetic resources in Guatemala: home gardens as an option for conservation. *Crop Sciences* 45:363-370.
- GUZMÁN D. F. A. 2007. Desarrollo de una herramienta molecular para el estudio de la diversidad genética de germoplasma del género *Capsicum*. Tesis Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Maestría en ciencias biológicas. Cali. Colombia 34 pag
- HEISSER C. 1976. Peppers *Capsicum* (Solanaceae) in: N. W. Simmonds. Evolution of crop plants. Longman. London.
- HILLIS D.M. Y WIENS J.J. 2000. Molecules versus morphology in systematics. In: J.J. Wiens (ed.). Phylogenetic analysis of morphological data. Smithsonian Institution Press. Washington. pp. 1-19.
- HUNZIKER A.T. 1951. Noticias sobre el cultivo de *Capsicum baccatum* L. (Solanaceae) y géneros afines. *Kurtziana* 1: 303.
- HUNZIKER A.T. 1979. South American Solanaceae: a synoptic survey. In J.G. Hawkes. R.N. Lester. and A.D. Skelding (eds.). The biology and taxonomy of the Solanaceae. *Linnean Society Symposium*. Series 7. 49-85. Academic press. London.
- INCE AG.; KARACA M. ONUS (2009). Development and utilization of diagnostic DAMD-PCR markers for *Capsicum* accessions. *Genet. Resour. Crop Evol.* 56: 211-221
- INOUE AK.; REIFSCHNEIDER FJB. 1989. Caracterização da coleção de germoplasma de *Capsicum* do CNPH, *Horticultura Brasileira* 1: 10-18.

- INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE (IPGRI) 2003. Analisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico IPGRI N° 8. p 27-39.
- INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE (IPGRI) 1995. Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum* spp). Roma, Italia. 51 pp.
- JACCARD P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull Soc Vaud Nat 44 : 223-270.
- JAIMEZ R. (1998) Notas sobre la producción de ají dulce. Boletín Divulgativo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Universidad de Los Andes. Venezuela. Año 23 N° 1-4. pp. 37-38.
- JENSEN R.J.; MCLEOD M. J.; ESBAUGH W. H. y GUTTMAN S. 1979. Numerical taxonomic analysis of allozymic variation in *Capsicum* (Solanaceae). Taxon. 28: 315-327.
- JUNIOR e SILVA W.C.; CARVALHO S.I.C.; DUARTE J.B. 2013. Identification of minimum descriptors for characterization of *Capsicum* spp. germplasm. Horticultura Brasileira. 31: 190 – 202.
- KANG B.C.; NAHMS H.; HUH J.H.; YOO H.S.; YU J.W.; LEE M. H.; KIM B. D. 2001. An interspecific (*Capsicum annuum* × *C. chinense*) F2 linkage map in pepper using RFLP and AFLP markers. Theor Appl Genet 102: 531–539
- KOPPERUD C. y EINSET J. 1995. DNA isolation from begonia leaves. Plant Molec. Biol. Reprt. 13: 129-130.
- KRISHNA M.S.R.; YADAVALLI V.; SALAM S.A.; NAIK C. 2010. Genetic analysis of *Capsicum* varieties using RAPD markers. Advanced BioTech. Vol. 10-06.
- KUMAR ANIEL. O.; RAMESH C. P. y RAJA RAO K.G. 1987. Cytogenetic studies of the hybrids of *Capsicum annuum* with *Capsicum chinense* and *Capsicum baccatum*. Theor. Appl. Genet. 74: 242-246.
- KUMAR L. D.; KATHIRVEL M.; RAO. G. V.; NAGARAJU. J. 2001. DNA profiling of disputed chilli samples (*Capsicum annum*) using ISSR-PCR and FISSR-PCR marker assays. Forensic Science International 116:63-68
- LANNES SD; FINGER FL; SCHUELTER AR; CASALI VWD. 2007. Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. Scientia Horticulturae 112: 266-270.

- LATOURNERIE L.; CHAVEZ J. L.; PEREZ M.; CASTAÑÓN G. ; RODRIGUEZ S. A.; ARIAS L. M. ; RAMIREZ P. 2002. Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatan. Rev. Fitotec. Mex. 25: 25-33.
- LATOURNERIE L.; CHAVEZ J. L.; PEREZ M.; HERNANDEZ C. F. ; MARTINEZ R. ; ARIAS L. M. ; CASTAÑÓN G. 2001. Exploración de la diversidad morfológica de chiles regionales en Yaxcabá. Yucatán. México. Agronomía Mesoamericana 12(1): 41-47.
- LEFEBVRE V. ; PALLOIX A. ; RIVES M. 1993. Nuclear RFLP between pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.). Euphytica 18: 189 - 199
- LIGARRETO M. G. A.; ESPINOZA B. N.; MENDEZ P. M. A. 2004. Recursos genéticos y cultivo de ají y pimentón *Capsicum sp.* Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. sede Bogotá. 1era edición. Colombia.
- LIPPERT L.F.; SMITH P. G. y BERGH B.O. 1966. Cytogenetics of the vegetable crops. garden pepper. *Capsicum sp.* Bot. Rev. 32: 24-55.
- LIU B. 1998. Statistical genomics: linkage, mapping, and QTL análisis CRC Press. Pp62-63. N.Y.USA
- LOPEZ J. e HIDALGO M. 1994. Analisis de componentes principales y analisis factorial. En: Ato, M. y Lopez, J. J. (eds.). Fundamentos de estadística con Systat. Addison Wesley Iberoamericana. P. 457-503.
- LOPEZ R. y GOMEZ M. 1992. Amethod for extracting intact RNA from fruits rich in polysaccharides using ripe mango rriesocarp. Hort. Science 27: 440-442.
- MACRAE R.; ROBINSON R.; SADLER.M. 1993. Encyclopedia of food science technology and nutrition. Academic Press Limited.
- MAROTO J. 1986. HORTICULTURA HERBACEA Y ESPECIAL. Ed. Mundi-Prensa 5ta edición. Madrid-España. 590 pp.
- MARTIN N. y GONZALEZ W. 1991. Caracterización de accesiones de chile (*Capsicum spp.*) Agronomia Mesoamericana 2: 31-39.
- MARTINEZ O.; HOYOS P.; PALACIOS Y. 1989. Análisis de factores principales en la variabilidad de una colección colombiana de ají. Revista ICA. 24(2): 104-109.
- MC LEOD M.; ESHBAUGH H. y GUTTMAN. S. 1979. An electrophoretic study of *Capsicum* (Solanaceae): The purple flowerd taxa. Bull. Of the Torrey. Bot. Club. 106. 4: 326-333.

- MEDINA C. C. I.; LOBO A. M.; FARLEY G. A. 2006. Variabilidad fenotípica en poblaciones de ají y pimentón de la colección colombiana del género *Capsicum*. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria 7: 25-39.
- MELGAREJO L. M.; RODRIGUEZ F.; GIRALDO M.; CARDONA G.; CELIS M.; ARIAS J.C. 2000. Informe técnico final. Caracterización morfológica, bioquímica y molecular de especies promisorias de la amazonía Colombiana pertenecientes al género *Capsicum* para su conservación y uso. Bogotá. Instituto SINCHI. P 120.
- MINI S. y KHADER A. K. M. 2004. Variability, heritability and genetic advance in wax type chilli (*Capsicum annum L.*). *Capsicum and Eggplant Newsletter*. 23, p. 49-52.
- MINISTERIO PARA EL PODER POPULAR DE AGRICULTURA Y TIERRA. 2007. Anuario Estadístico. Dirección General de Planificación del Sector Agrícola.
- MORENO E.; AVENDAÑO C.; MORA R.; CADENA J.; AGUILAR V.; AGUIRRE J. 2011. Diversidad morfológica en colectas de chile guajillo (*Capsicum annum L.*) del centro – norte de México. *Revista Chapingo serie Horticultura* 17(1): 23-30
- MOSCONE E.A.; HUNZIKER A.T. y EHRENDORFER F. 1993. Giemsa C-banded karyotypes in *Capsicum* (Solanaceae). *Plant Systematics and Evolution* 186: 213-229.
- NABAUER SG.; DEL CASTILLO-AGUDO; SEGURA J. (1999). RAPD Variation within and among natural populations of out-crossing willow-leaved foxglove (*Digitalis obscura L.*). *Theor. Appl. Genet.* 98: 985-994.
- NEI M. 1973. Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proc Nat Acad Sci USA* 70:3321–3323. doi: 10.1073/pnas.70.12.3321
- NUEZ V. F.; GIL O. R.; COSTA G. J. 1996. El cultivo del pimiento. chiles y ajies. Ediciones Mundi-prensa. Madrid-España. 15-25 y 49-52 p.
- OHEP G. J. C. 1985. La producción de ají dulce en el Oriente del país. FONAIAP DIVULGA N° 18. JUNIO-JULIO.
- ORENTHUNG N. y CHANGKIJA S. 2013. RAPD marker assisted study on genetic diversity of indigenous chilli (*Capsicum sp.*) landraces of Nagaland, India. *International Journal of Bio-Resource & Stress Management*. 4 pp. 9-13
- PALACIOS C. S.; GARCIA D. M. A. 2008. Caracterización morfológica de 93 accesiones de *capsicum spp* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira. *Acta Agronómica*. 57. No 4.

- PARAN I.; AFTERGOOT E.; SHIFRIS C. 1998. Variation in *Capsicum annuum* revealed by RAPD and AFLP markers. *Euphytica*. 03 – 99 pp. 167-173.
- PARAN I.; VAN DER KNAAP E. 2007. Genetic and molecular regulation of fruit and plant domestication traits in tomato and pepper. *Journal of Experimental Botany* 58: 3841-3852.
- PARDEY C. 2008. Caracterización y evaluación de accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y determinación del modo de herencia de la resistencia a Potyvirus (PepDMV). Doctorado en Ciencias Agraria. Universidad Nacional de Colombia. 117pp.
- PARDEY C.; GARCIA M.; VALLEJO F. 2006. Caracterización morfológica de cien accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira. *Acta Agron (Palmira)*. 55 (3):1-9.
- PATERSON A.; TANKSLEY S. y SORRELLS M. 1991. DNA markers in plant improvement. *Adv. Agron*. 46:39-69.
- PEREZ E. (2002) Características ecofisiológicas de *Capsicum chinense* Jacq. bajo efectos de la poda en el Sur del Lago de Maracaibo. Tesis. Universidad de los Andes. Venezuela. 62 pp..
- PEREZ CASTAÑEDA L. 2010. Diversidad genética de chiles (*Capsicum* spp.) del estado de Tabasco, Mexico. Tesis de Doctorado en Ciencias en Biomedicina y Biotecnología Molecular. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. D.F. México.
- PICKERSGILL B.. 1980. Some aspects of interespecific hybridization in *Capsicum*. IVth Eucarpia *Capsicum* Meeting. Wageningen: PP 2-6.
- PICKERSGILL B. 1997. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica*. 96:129-133.
- PUNDEVA. R. y ZAGORSKA N. 1984. Overcoming on the incompatibility in *C. annuum* x *C. eximium* hybrid combination by tissue cultures methodes. Vth Eucarpia *Capsicum* Meeting. Plovdiv (Bulgaria). 3 pp
- QUINTERO B. L.; CUDRIS G. M.; GIRALDO M. C.; MELGAREJO L. M. 2005. Caracterización por isoenzimas de accesiones de *Capsicum* pertenecientes a la colección amazónica colombiana. *Revista Colombiana de biotecnología*. 7(1):59-65.
- RÊGO E.; RÊGO M.; MATOS I.; BARBOSA L. 2011. Morphological and chemical characterization of fruits of *Capsicum* spp. accessions. *Horticultura Brasileira* 29: 364-371

- RODRIGUEZ J. M.; BERKE T.; ENGLE L.; NIENHUIS J. 1999. Variation among and within *Capsicum* species revealed by RAPD markers. *Theor Appl Genet* 99: 147 -156.
- RYZHOVA NN.; KOCHIEVA EZ. 2004. Analysis of microsatellite loci of the chloroplast genome in the genus *Capsicum* (pepper). *Russ. J. Genet.* 40: 892-896.
- SABORIO M.; DA COSTA. C. P. 1992. Autoincompatibilidad en *Capsicum pubescens*. *Agronomia Costarricense.* 16(2): 279-286.
- SACCARDO F. y K. SRE RAMULU. 1977. Mutagenesis and cross breeding in *Capsicum* for disease resistance against *Verticillium dahliae*. IIIrd Eucarpia *Capsicum* Meeting. Avignon-Montfavet. pp: 161-169.
- SANWEN H.; BAOXI Z.; MILBOURNE D.; CARDLE L.; GUIMEI Y.; JIAZHEN G. 2000. Development of pepper SSR markers from sequence data bases. *Euphytica.* 117: 163-167p
- SEIN G.O.; GARDINALI C.A. ; MANDRILE E.L. y F.R. CAFFERRATA-LAZARO. 1998. Quantitation of capsaicinoids in *Capsicum chacoense* A.T. Hunziker (Solanaceae) and in pharmaceutical dosage forms. *Acta Farmacéutica Bonaerense* 17.1:5-10
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas – SNICS (2012). Disponible en: <http://snics.sagarpa.gob.mx/rfaa/Paginas/recursos-fitogeneticos.aspx>
- SINGH D.; KAUR S.; DHILLON T.; SINGH P.; HUNDAL J.; y SINGH G. 2004. Protected cultivation of sweet pepper hybrids under net-house in Indian conditions. *ISHS Acta Hort.*, 659.
- SKROCH P. y NIENHUIS J. 1995. Impact of scoring error and reproducibility of RAPD data on RAPD based estimates of genetic distance. *Theor. Appl. Genet.* 91: 1086-1091.
- SMITH P.G. 1966. Los ajíes cultivados del Perú. Raleigh. N.C. University. Agricultural mission to Perú. Bulletin 306.
- SMITH P. G. y C.B. HEISER (Jr.) 1957. Breeding behavior of cultivated peppers. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 70: 286-290.
- SOLANKI S.S.; SAXENA P.K.; PANDEY I.C. 1986. Genotypic paths to fruit yiel in chilli (*Capsicum annum* L.). *Progressive Horticulture* 18 (3-4): 227-229.
- SONNANTE G.; PIGNONE D. 2007. The major Italian landraces of lentil (*Lens culinaris* Medik.): their molecular diversity and possible origin. *Genet Resour Crop Evol* 54, 1023-1031.

- STAUB J.; BACHER J. y POETER K. 1996. Sources of potential errors in the application of random amplified polymorphic DNAs in cucumber. Hort. Science 31:262-266.
- SUDRÉ CP.; RODRIGUES R.; RIVA EM.; KARASAWA M.; AMARAL JÚNIOR AT. 2005. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. Horticultura Brasileira 23: 22-27.
- TODOROVA V. 2007. Fruit characterization and influence of variation factors in pepper Kapiya type varieties and breeding lines (*Capsicum annuum* L.). Bulgarian Journal of Agricultural Science 13: 309 – 315.
- VILLARIVAU A y GONZALES J. 1999. PLANTELES. SEMILLEROS. VIVEROS. Ediciones de Horticultura. S.L.. Madrid-España. 271 pp. K.
- VILLOTA D.; BONILLA M.; CARMEN H.; JARAMILLO J.; GARCIA M. 2012. Caracterización morfológica de introducciones de *Capsicum* spp. existentes en el banco de germoplasma activo de Corpoica C.I. Palmira, Colombia. Acta Agronómica 6(1) p. 16-26
- VOTAVA EG.; BARAL JB.; BOSLAND PW. 2005. Genetic diversity of chile (*Capsicum annuum* var. *annuum* L) landraces from northern New Mexico, Colorado and Mexico. Econ. Bot., 59(1): 8-17.
- WILLIMS J.; KUBELIC A.; LIVAK K.; RAFALSKI J.; TINGEY S. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acid. Res. 18:6531-6535.
- YONG K.; JE L.; GI Y.; SEUNG Y.; KYUNG K.; EUN S.; KYUNG B.; EUN P.; IN S.; BYUNG K. 2005. Use of SSR markers to complement test of distinctiveness, uniformity and stability (DUS) of pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties. Moll. Cells. 19: 428-435.
- YÜZBAŞIOĞLU E.; ÖZCAN S.; AÇIK L. 2006. Analysis of genetic relationships among Turkish cultivars and breeding lines of *Lens culinaris* Mestile using RAPD markers. Genet Resour Crop Evol 53, 507-514. doi:10.1007/s10722-004-2030-6.
- ZEWDIE Y.; ZEVEN A.C. 1997. Variation in Yugoslavian hot pepper (*Capsicum annuum* L.) accessions. Euphytica 97, 81-89.