



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

**Caracterización morfológica de 200 accesiones de chile (*Capsicum* spp.) del
banco de germoplasma del Centro Agronómico Tropical de Investigación y
Enseñanza (CATIE)**

por

Nelly Paredes Andrade

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de

Magister Scientiae en Agricultura Ecológica

Turrialba, Costa Rica, 2012

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

MAGISTER SCIENTIAE EN AGRICULTURA ECOLÓGICA

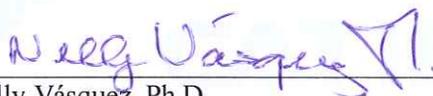
FIRMANTES:



William Solano, M.Sc.
Codirector de tesis



Fernando Casanoves, Ph.D.
Codirector de tesis



Nelly Vásquez, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Carlos Astorga, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Thomas Dormody, Ph.D. / Francisco Jiménez, Dr. Sc.
Decano / Vicedecano de la Escuela de Posgrado



Nelly Judith Paredes Andrade
Candidata

DEDICATORIA

A mis Padres Luz Andrade y Eduardo Paredes por su preocupación, consejos, por enseñarnos a luchar, por su perseverancia y estímulo dedicados a nuestro desarrollo personal, cariño, amistad y amor brindado en estos dos años y porque siempre me enseñaron a buscar nuevos caminos a favor de mi superación personal y profesional, formándonos bajo principios familiares que son de vida.

A mis queridos hermanos Mery, Eduardo y Ángel quienes siempre estuvieron pendientes con sus consejos, sonrisas, mensajes para que este tiempo de alejamiento sea más llevadero, quienes me enseñaron que no importa la distancia para mantener siempre los lazos de hermandad.

A quien jamás encontraré la forma de agradecer por el amor, comprensión y apoyo brindado en los momentos buenos y malos de mi vida, hago este triunfo compartido, sólo esperando que comprenda que mis ideales y esfuerzos son inspirados en usted “*mi rey bello*”, con amor, agradecimiento y respeto.

A todos de cada uno de ustedes que no menciono con nombres propios pero que de forma desinteresada me brindaron todo el apoyo para ser más llevada mi estancia acá en CATIE, que Dios les bendiga, les llevare siempre en mi corazón

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por su aliento de vida y por las infinitas muestras de su presencia a mi lado, por haber puesto en mi camino a las personas e instituciones que agradezco y deseo expresar mis sinceros agradecimientos a continuación:

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP-Ecuador) en la persona del Dr. Julio César Delgado Arce, Director General y en particular al Ing. Carlos Caicedo Vargas, Director de la Estación Experimental Central de la Amazonía por el apoyo institucional para continuar mis estudios.

Un especial agradecimiento al Ing. César Tapia Bastidas Líder del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos (DENAREF), por el apoyo técnico, consejos, confianza incondicional y sobre todo por su amistad y a todos mis compañeros del DENAREF y de la Estación Experimental Central de la Amazonia que Dios les Bendiga.

A Fernando Casanoves, por la dedicación, tiempo y apoyo dado durante los primeros inicios y la ejecución de mi investigación quien me apoyo en todo momento en los aspectos estadísticos y la revisión general del documento, muchas gracias por toda su solidaridad, comprensión en cada momento a pesar de que algunos momentos estaba delicado de salud no le importó un fin de semana u horario para estar siempre apoyando en la revisión y análisis del documento, muchas gracias por el tiempo que dedicó con mucho esmero y comprensión su valiosa ayuda fue fundamental para culminar mi trabajo, que Dios le Bendiga siempre.

A William Solano, por su apoyo, consejos y amistad, quien me brindó su mejor disposición tanto en apoyo logístico, información y revisión durante la realización de esta tesis, por haberme brindado la oportunidad desde el primer día que me acerque siempre estuvo dispuesto en apoyarme y facilitar todos los materiales en campo, pero sobre todo por su confianza.

A Carlos Astorga, por su amistad, por su tiempo invertido, confianza, sus consejos y apoyo para continuar con todo el trabajo, muchas gracias por todo su genial y carismática personalidad, no hubiera podido terminar a tiempo, un millón de gracias por todo las largas platicas donde estaba el tema del cacao de todo corazón un millón de gracias.

A Nelly Vásquez, quien a más de ser mi profesora y asesora en el presente trabajo de investigación, se convirtió en una guía, en una amiga incondicional que siempre estuvo presta a brindar sus consejos, su apoyo y sobre todo su confianza depositada en mí, nunca dudó ya que siempre confió en cada una de las cosas que hacía, por ello quiero dejar constancia de que siempre la consideraré, la respetaré y la llevaré en mi corazón como una madre, que Dios la bendiga siempre.

Alexander Salas, quien me brindó su amistad, consejos, por su valioso tiempo y por su colaboración desinteresada sin importar la hora y las condiciones del clima, y además por permitirme compartir experiencias y enseñanzas que siempre las llevaré presentes y a todo su personal, que de no ser por todos, este trabajo no habría sido posible, por sus amplios conocimientos quienes estuvieron siempre en la mejor disposición de ayudarme, y por estar siempre pendiente de lograr los mejores resultados, muchas gracias por todo.

A Diego Salazar por su ayuda y amistad brindada en el registro de datos, a José Mata, Jairo Méndez y demás personas que apoyaron en el manejo agronómico del cultivo.

A Carlos Cordero y todo el personal de Cabiria con quienes compartí largos momentos de alegría, gracias por todo su apoyo y colaboración desinteresada en el trabajo de campo y demás actividades que requirió esta investigación, mil gracias porque siempre estaban presentes para apoyarme en lo que se necesitaba.

Al personal del Jardín Botánico quienes apoyaron la ejecución del taller de selección participativa de los materiales, muchas gracias por su tiempo, esfuerzo y sobre todo por la amistad brindada.

A Gabriela Soto por sus enseñanzas, apoyo, consejos y sobre todo por su dedicación y su tiempo en la coordinación de la maestría, quien siempre estuvo enseñándonos el amor por la agroecología.

A todos mis compañeros Agroecólogos gracias por su amistad, cariño les llevare siempre en mi corazón. Bendiciones “GUAJIROS”.

A los amigos de la biblioteca Orton en especial a Eyleen Angulo, Claudia Rodríguez, Javier Brenes y Juan Rojas y de la Escuela de Posgrado en especial a Aranjid Valverde y Jeannette Solano por su ayuda durante mis estudios.

A todos mis profesores que fueron pilar fundamental y fortaleza en mi formación académica, gracias por todos los conocimientos compartidos.

A todo el personal CATIE.

A la Familia Figueroa Cabrera, por todo su apoyo, oraciones, y amor brindado, que Dios les Bendiga.

A Gina Lima Campoverde, por todo su apoyo, mensajes de motivación y su gran amistad, que Dios la Bendiga.

A mis compañeras y compañeros que apoyaron en el taller de selección participativa: Doris, Paola, María Fernanda, Anita, Carlos, Yuri, mil gracias.

A mi compañera de departamento gracias por la confianza y amistad brindada, que Dios te Bendiga Marce, eres la mejor “ya sabes”.

A María Elisa, Doris, Anita, Paola Pinto, María Fernanda Gonzales, Milagros, Natividad, Fabiola, Isabel, Yuritza, mil gracias chicas por estar siempre presente apoyándome en todo momento, Dios les Bendiga.

A todos mis compañeros de promoción con los que compartí dos años de mi vida llenos de experiencias incomparables e irrepetibles, Dios les Bendiga por siempre.

A ellos y a todas aquellas personas que quizá no las nombro pero que han contribuido en el desarrollo de este trabajo. Gracias a ustedes quien lee estas líneas, razón y motivo fundamental de este trabajo, para quien espero sea de utilidad o agrado.

BIOGRAFÍA

Nelly Judith Paredes Andrade nació en Guaranda, Bolívar, Ecuador el 12 de febrero de 1977. En 1995 culminó sus estudios de Bachiller en Química y Biología en el Instituto Superior Ángel Polibio Chávez de su ciudad natal. Recibió el título de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Estatal de Bolívar en el año 2000.

Desde junio del 2000 labora en el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) con sede en la Estación Experimental Central de la Amazonia. Entre junio de 2000 hasta junio del 2008, se desempeñó como Asistente de Investigación del Programa de Agroforestería. En el año 2008 inicia sus labores como Responsable de la Unidad de Recursos Fitogenéticos del INIAP en la Estación Experimental Central de la Amazonia. Encargada del Manejo del Banco de Germoplasma y caracterización de cacao y frutales amazónicos, hasta la presente fecha.

En enero del 2011 ingresó al Programa de Maestrías del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica y egresa en diciembre del 2012 como Magister Scientiae en el área de Agricultura Ecológica.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
BIOGRAFÍA.....	VII
CONTENIDO	VIII
RESUMEN	X
SUMMARY.....	XI
ÍNDICE DE CUADROS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	XVIII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos del estudio	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 Hipótesis del estudio.....	2
2 Revisión de literatura.....	3
2.1 Origen, superficie cultivada e importancia alimenticia del chile.....	3
2.2 Taxonomía y morfología	4
2.2.1 Taxonomía	4
2.2.2 Morfología	7
2.2.3 Características de la flor de las diferentes especies.....	7
2.2.4 Características del fruto.....	8
2.2.5 Características de la hoja.....	9
2.3 Características nutraceuticas de <i>Capsicum</i> spp.	9
2.3.1 Valor nutricional del <i>Capsicum</i> spp.	9
2.3.2 Capsaicina	10
2.4 Recursos fitogenéticos	11
2.4.1 Los bancos de germoplasma	11
2.4.2 Disponibilidad y conservación en bancos de germoplasma a nivel mundial	12
2.5 Mejoramiento genético	14
2.5.1 Importancia para mejoramiento	14
2.6 Plagas y enfermedades.....	16

2.6.1	Plagas	16
2.6.2	Enfermedades	16
2.7	Control de malezas	17
2.8	Caracterización del germoplasma utilizando descriptores morfológicos	17
2.9	Métodos estadísticos multivariados aplicados a las caracterizaciones morfológicas	20
3	MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1	Descripción del área de estudio	23
3.2	Caracterización morfológica	23
3.2.1	Material experimental	23
3.2.2	Preparación del material y siembra de accesiones	24
3.3	Caracterización de las accesiones	28
3.4	Evaluación sensorial participativa	30
3.5	Esquema de campo	30
3.6	Determinación del contenido nutricional	30
3.7	Análisis estadísticos	32
4	RESULTADOS	35
4.1	Análisis descriptivo de la población	35
4.2	Análisis estadístico inferencial de los datos de la población <i>Capsicum</i> spp.	53
4.2.1	Agrupación de las accesiones en función de las variables cuantitativas	53
4.2.2	Análisis combinado de las variables cualitativas y cuantitativas	54
4.2.3	Distribución de las características cuantitativas por grupos	57
4.2.4	Distribución de características cualitativa por grupo	61
4.2.5	Valores discriminantes de los caracteres para separar grupos con caracteres cuantitativos	76
4.2.6	Valores discriminantes de los caracteres para separar grupos con caracteres cualitativos .	78
4.2.7	Relaciones entre características cuantitativas de los grupos	89
4.2.8	Estructura de los agrupamientos entre características cuantitativas y cualitativas de los grupos	89
4.2.9	Caracterización de la selección participativa	91
4.2.10	Análisis descriptivo de las variables nutricionales de la población	94
5	DISCUSIÓN	98
6	CONCLUSIONES	108
7	RECOMENDACIONES	110
8	BIBLIOGRAFÍA	112
	ANEXOS	121

RESUMEN

El género *Capsicum* spp., es originario de América del Sur y comprende alrededor de 30 especies, de las cuales cinco son las especies domesticadas (*C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens*). El género *Capsicum*, incluye los pimentones y ajíes de importancia alimenticia y económica ya que se consume directamente como verdura fresca o como condimento y se lo utiliza en la industria farmacéutica como medicamento, colorante y otros usos potenciales que se derivan de la capsaicina, antioxidantes, vitaminas y polifenoles.

El objetivo de esta investigación fue realizar la caracterización morfológica de 200 accesiones de *Capsicum* spp., procedente de 21 países. Se utilizaron 56 descriptores morfológicos establecidos por el IBGRI-CATIE-AVRDC de los cuales 17 fueron cuantitativos y 39 cualitativos. Con estos descriptores se definieron nueve grupos de accesiones por las características mediante un conglomerado jerárquico, utilizando el método de Ward y la distancia calculada a partir de la similaridad de Gower, obteniendo como resultado que estos grupos son estadísticamente diferentes (MANOVA, $p < 0,0001$; gDGC multivariado, $p < 0,05$). Las distancias entre grupos se analizaron para los caracteres de mayor valor discriminante. Se identificaron dos grandes grupos: *C. annuum* (G3, G5, G7 y G8) y *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. chinense* y *C. pubescens* (G1, G2, G4, G6 y G9).

Los descriptores cualitativos con mayor valor discriminante fueron 15, identificándose el color de la corola, color de las anteras y posición de la flor como los caracteres más útiles para separar accesiones dentro de grupos genéticos. Los descriptores cuantitativos más discriminantes fueron: longitud de la hoja madura, ancho de la hoja madura, ancho de la planta, diámetro altura ancho de la planta, longitud del fruto y altura de la planta.

En el “Taller de Selección Participativa” se identificaron accesiones con características deseables (consumo del hogar, producción, productos con valor agregado y ornamental), las personas evaluaron en campo 200 accesiones tomando datos de color, forma, tamaño, y producción.

Por último, en la etapa de degustaciones se identificaron como promisorias a las accesiones 15661, 17262, 16209, 17750, 9892 y 7818. En el análisis de las características bioquímicas la mayor concentración de flavonoides, polifenoles, capsaicina y antioxidantes se presentaron en las accesiones 10757 (16640 ug/g), 17750 (11680 ug/g), 17750 (90,85 mg/g), respectivamente.

Palabras claves: caracterización morfológica, germoplasma, recursos genéticos, accesiones, variabilidad genética, flavonoides, polifenoles, capsaicina y antioxidantes.

SUMMARY

The genus *Capsicum* spp. is native from South America and has about 30 species, five of which are domesticated species (*C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens*). The genus *Capsicum* peppers includes chilies and chili peppers that have nutritional and economic importance since they are consumed directly as fresh vegetable or as seasoning. They also are used in the pharmaceutical industry as a drug, dye and other potential uses that derive from capsaicin, antioxidants, vitamins and polyphenols.

The objective of this research was to conduct the morphological characterization of 200 accessions of *Capsicum* spp., that came from 21 countries. We used 56 morphological descriptors set by IBGRI-CATIE-AVRDC (17 were quantitative and 39 were qualitative). With these descriptors nine groups of accessions were defined for its characteristics by hierarchical clustering using Ward's method and Ward based distance, the results showed that these groups are statistically different (MANOVA, $p < 0.0001$; gDGC multivariate $p < 0.05$). The distances between groups were analyzed by their higher value discriminant characters. Two groups were identified: *C. annuum* (G3, G5, G7 and G8) and *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. chinense* and *C. pubescens* (G1, G2, G4, G6 and G9).

The qualitative descriptors with more discriminant value were 15, identifying the color of the corolla, color of anthers and flower position as the most useful characters to separate accessions within genetic groups. The quantitative descriptors with more discriminant value were: mature leaf length, leaf width of the mature plant, diameter, height, width of the plant, fruit length and plant height.

In the "Workshop of Participatory Selection" accessions with desirable characteristics were identified (household consumption, production, value-added products and ornamental value), people evaluated in the field 200 accessions taking data of color, shape, size, and production.

Finally, at the stage of tastings 15661, 17262, 16209, 17750, 9892 and 7818 accessions were identified as promising. In the analysis of the biochemical characteristics the highest concentration of flavonoids, polyphenols, capsaicin and antioxidants were found in accessions 10757 (16640 ug /g), 17750 (11680 ug /g), 17750 (90.85 mg /g), respectively.

Keywords: morphological characterization, germplasm, genetic resources, accessions, genetic variability, flavonoids, polyphenols, capsaicin and antioxidants.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Especies silvestres, semidomesticadas y domesticadas de <i>Capsicum</i> spp. en el mundo	5
Cuadro 2. Descripción morfológica de especies domesticadas del género <i>Capsicum</i> spp.....	8
Cuadro 3. Composición nutritiva de <i>Capsicum</i> spp.	10
Cuadro 4. Procedencia y cantidad de los grupos de <i>Capsicum</i> spp.....	24
Cuadro 5. Descriptores cualitativos y cuantitativos de <i>Capsicum</i> spp.	29
Cuadro 6. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimos y máximos para las características de la planta, tallos, hojas y flores de 200 accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.)	36
Cuadro 7. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimos y máximos para las características del fruto de 192 accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.)	36
Cuadro 8. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del tallo y hoja joven para las 200 accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.)	37
Cuadro 9. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del tallo maduro para las 200 accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.)	38
Cuadro 10. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del tallo y la hoja madura para las 200 accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.)	39
Cuadro 11. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de la flor para las 200 accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.).....	41
Cuadro 12. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del fruto en estado intermedio y maduro para las 200 accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.).....	43
Cuadro 13. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de la semilla para las 192 accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.)	45
Cuadro 14. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de la forma del fruto para las 192 accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.)	48
Cuadro 15. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del sabor de chile para las 192 accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.)	51

Cuadro 16. Tablas de frecuencia para la característica cualitativas susceptibilidad al estrés biológico para las 200 accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.).....	53
Cuadro 17. Distribución de las accesiones por grupo, según el análisis de conglomerados jerárquico (método de Ward, distancia obtenida a partir de la similaridad de Gower)	56
Cuadro 18. Promedio para las variables cuantitativas de los nueve grupos formados con las 192 accesiones de <i>Capsicum</i> spp., con datos completos	60
Cuadro 19. Coeficiente de variación en porcentaje para las variables cuantitativas de los nueve grupos formados con las 192 accesiones de <i>Capsicum</i> spp., con datos completos	61
Cuadro 20. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte del tallo y hoja joven de <i>Capsicum</i> spp.	63
Cuadro 21. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte del tallo maduro de <i>Capsicum</i> spp.	65
Cuadro 22. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte de la hoja de <i>Capsicum</i> spp.....	67
Cuadro 23. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte de la flor de <i>Capsicum</i> spp.....	69
Cuadro 24. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte del color del fruto de <i>Capsicum</i> spp.....	70
Cuadro 25. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la forma del fruto <i>Capsicum</i> spp.....	71
Cuadro 26. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la persistencia y epidermis del fruto <i>Capsicum</i> spp.....	73
Cuadro 27. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte de la semilla de <i>Capsicum</i> spp.	75
Cuadro 28. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte de la susceptibilidad al estrés biótico de <i>Capsicum</i> spp.....	76
Cuadro 29. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte del sabor de <i>Capsicum</i> spp.....	76
Cuadro 30. Autovalores determinados por la función discriminante canónicas que determinan el poder de discriminación entre grupos de <i>Capsicum</i> spp.....	77
Cuadro 31. Clasificación cruzada para los grupos formados de <i>Capsicum</i> spp.	78

Cuadro 32. Tabla de clasificación cruzada para los grupos formados.....	79
Cuadro 33. Coeficiente de correlación entre pares de características cuantitativas de 200 accesiones de chile <i>Capsicum</i> spp.	89
Cuadro 34. Accesiones a las cuales se les determino la especie correspondiente según sus características morfológicas.....	90
Cuadro 35. Accesiones que no corresponden su morfología a los datos pasaporte.....	91
Cuadro 36. Resultados de la valoración sensorial de chile usando modelos lineales generales y mixtos para <i>Capsicum</i> spp. La calificación máxima es 5 y la mínima es 1.....	93
Cuadro 37. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimos y máximos para las características del valor nutricional de 15 accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.)	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procesos de preparación de semilleros, siembra, controles sanitarios y cosecha, de chile (<i>Capsicum</i> spp.).	27
Figura 2. Procesos de caracterización, evaluación e incorporación de semillas de chile (<i>Capsicum</i> spp.) al banco de germoplasma.	31
Figura 3. Taller de selección participativa para identificación de materiales promisorios de chile (<i>Capsicum</i> spp.) del banco de germoplasma.	32
Figura 4. Habito de crecimiento de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.).	40
Figura 5. Color de la mancha de la corola de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.).	41
Figura 6. Color de la corola de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.).	42
Figura 7. Posición de la flor de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.).	42
Figura 8. Color de las anteras de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.).	43
Figura 9. Color del fruto en estado intermedio de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.) del banco de germoplasma.	44
Figura 10. Manchas o rayas antocianinicas del fruto de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.) del banco de germoplasma.	44
Figura 11. Color de las semilla de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.) del banco de germoplasma.	46
Figura 12. Color de los frutos en estado maduro de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.) del banco de germoplasma.	47
Figura 13. Forma de los frutos de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.) del banco de germoplasma.	49
Figura 14. Forma del ápice del fruto de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.) del banco de germoplasma.	49
Figura 15. Longitud de la placenta de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.) del banco de germoplasma.	50
Figura 16. Persistencia del pedicelo con el tallo de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.) del banco de germoplasma.	50

Figura 17. Tipo de epidermis del fruto de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.) del banco de germoplasma.....	51
Figura 18. Sabor de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.) del banco de germoplasma.....	52
Figura 19. Aspecto del cultivo con marchitez de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.) del banco de germoplasma.....	53
Figura 20. Dendograma obtenido por análisis de conglomerados jerárquico (método de Ward, distancia obtenida a partir de la similaridad de Gower) de las variables cuantitativas completas caracterizadas en 192 accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.).....	55
Figura 21. Altura de planta subgrupo 2 (B) y altura de planta subgrupo 1 (A), de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.).....	57
Figura 22. Longitud del fruto del primer subgrupo (A) y longitud del fruto del segundo subgrupo (B) de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.).....	59
Figura: 23. Color de la corola de las diferentes especies de chile (<i>Capsicum</i> spp.).....	80
Figura: 24. Color de las anteras de las diferentes especies de chile (<i>Capsicum</i> spp.).....	81
Figura: 25. Posición de la flor del grupo G7 y G5 (A) de <i>C. annuum</i> y G4 (B) de <i>C. frutescens</i>	81
Figura: 26. Densidad de la hoja de los G7, G2 y G6 (A) y de los G5 (B) de las diferentes especies de chile (<i>Capsicum</i> spp.).....	82
Figura: 27. Color de la mancha de la corola de <i>C. bacatum</i>	83
Figura: 28. Color de la antocianina del nudo de las diferentes especies de (<i>Capsicum</i> spp.) ..	83
Figura: 29. Forma del arrugamiento transversal del fruto.	84
Figura: 30. Forma del fruto del G1 (A) y G4 y G9 (B) en la unión con el pedicelo.	84
Figura:31. Color de los frutos de G4 y G9 (A) <i>C. chinense</i> y G 3, G5 y G7 (B) <i>C. annuum</i> en estado intermedio.	85
Figura:32. Tipo de epidermis del G4 (A) y del G7 y G8 (B) de los frutos de las diferentes especies de (<i>Capsicum</i> spp.).....	86
Figura:33. Formas de los frutos de los G5 y G8 (A) y al G7 y G4 (B) de las diferentes especies de (<i>Capsicum</i> spp.).....	86
Figura 34. Habito de crecimiento de los G4 (A) <i>C. frutescens</i> y del G5 (B) <i>C. annuum</i>	87
Figura 35. Longitud de la placenta de las diferentes especies de (<i>Capsicum</i> spp.).....	88
Figura 36. Manchas antocianinicas de los frutos de (<i>Capsicum</i> spp.).....	88
Figura 37. Selección participativa de las accesiones de chile de (<i>Capsicum</i> spp.).....	92

Figura 38. Muestras de las accesiones de chile (<i>Capsicum</i> spp.), en proceso de deshidratación	94
Figura 39. Valores nutricionales de <i>Capsicum</i> spp.....	96
Figura 40. Gráfico Biplot obtenido del análisis de componentes principales de las 15 accesiones de <i>Capsicum</i> spp.	97

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

ANCHTALLO	Ancho del tallo (cm)
ANTOCINUDO	Antocianina del nudo
ALTURAPLTA	Altura de la planta (cm)
ANCHPLTA	Ancho de la planta (cm)
ANCHOHOJA	Ancho de la hoja madura (cm)
ANCHFRUTO	Ancho del fruto (cm)
APENFLOR	Apéndice en el fruto, vestigio de la floración
ARRUFRUT	Arrugamiento transversal del fruto
ANTOCIANFR	Manchas o rayas antocianínicas
AVRDC	Asian Vegetable Research and Development Center
CATIE	Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza
COLHIPO	Color del hipocótilo
COLORCOT	Color de la hoja cotiledonar
COLTALLO	Color del Tallo
COLHOJA	Color de la hoja
COLCOROLA	Color de la corola
COLMANCHA	Color de la mancha de la corola
COLANTERA	Color de las anteras
COLFRINTERM	Color de fruto en estado intermedio
COLFRMADU	Color del fruto en estado maduro
CUELLOBASE	Cuello en la base del fruto
COLSEM	Color de la semilla
CLANOSEMFR	Clasificación número de semillas por fruto
DENSHOJA	Densidad de hoja
Desc	Desconocido
DIASAFLOR	Días a la floración
DIAFRUTIF	Días a la fructificación
DENSRAM	Densidad de ramificación
EMBRAPA	Empresa Brasileña de Pesquisa Agropecuaria
ESPFRUTO	Espesor de la pared del fruto (mm)
EPIDFRUT	Tipo de epidermis del fruto
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FORMCOT	Forma de la hoja cotiledonar
FORMTALLO	Forma del tallo
FORMHOJA	Forma de la hoja
FORMFRUT	Forma del fruto
FORMUNIPED	Forma del fruto en la unión con el pedicelo
FORAPICEFR	Forma del ápice del fruto
G	Grupo
HABCRECI	Hábito de crecimiento de la planta
IPGRI	Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos
LONGFRUTO	Longitud del fruto (cm)
LONTALLO	Longitud del tallo (cm)
LONGHOJA	Longitud de hoja madura (cm)
LONGPEDFRUT	Longitud del pedicelo del fruto (cm)
LONPLACENT	Longitud de la placenta (cm)
MACOLLA	Macollamiento
MACOLLAMIENTO	Producción de tallos laterales por el cultivo durante el crecimiento
MARGLAMFO	Margen de la lámina foliar
NRFLORAX	Número de flores por axila
PESOFRUTO	Peso del fruto (g)
PESO1000S	Peso 1000 semillas (g)
PERSPEFRUT	Persistencia del pedicelo con el fruto
PERSPETALLO	Persistencia del pedicelo con el tallo
POSIFLOR	Posición de la flor
PUBHIPO	Pubescencia del Hipocótilo
PUBTALLO	Pubescencia del tallo
PUBHOJA	Pubescencia de la hoja
RATALTANCHPL	Ratio altura/ancho de la planta
RATLONGANCH	Ratio longitud/ancho de la hoja (cm)
SUPERFSEM	Superficie de la semilla
TAMSEM	Tamaño de la semilla
SUSESTBIO	Susceptibilidad al estrés biológico
SABOR	Sabor del chile

1 INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum* spp., existe en las Américas, aproximadamente desde hace el año 7.000 A.C. Es originario de América del Sur y se dispersó por todo el continente Americano junto con las migraciones precolombinas (Fernández y Russo 2006; Walsh y Hoot 2001). Fue domesticado por primera vez en México (FAO 2008). El proceso de domesticación ocurre debido a que el hombre interfiere en el proceso natural de la especie, por lo cual se hace difícil establecer las asociaciones entre las especies domesticadas y silvestres.

El género *Capsicum* spp., comprende alrededor de 30 especies (Nuez et ál. 1996). Algunos autores establecen que son entre 20 y 27 especies (Loaiza et ál. 1989, Walsh y Hoot 2001, Morán et ál. 2004) de las cuales son cinco las especies domesticadas que se encuentran en el mundo, esas son *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens* (Morán et ál. 2004; Milla 2006). Estudios realizados por Hernández et ál. (1999) muestran que de las cinco especies domesticadas destacan *C. annuum* y *C. frutescens* como las de mayor producción y superficie cultivada.

En investigaciones realizadas es frecuente observar el uso de un gran número de variables para caracterizar la diversidad morfológica y genética del chile (IPGRI-AVRDC-CATIE 1995; Latournerie et ál. 2002; Cherian e Indira 2003; Medina et ál. 2006; Pardey et ál. 2006; Castañón et ál. 2008). En la colección del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) existe un gran número de accesiones de chile que es necesario caracterizar, para conocer el potencial del germoplasma conservado, eliminar duplicados y organizar los materiales; sobre todo identificar genotipos valiosos, para ser seleccionados directamente o usados en los programas de mejoramiento genético. Por lo tanto, es importante que las accesiones que dispone el CATIE estén conservadas, pero principalmente caracterizadas y evaluadas a fin de tener información disponible de cada genotipo, sobre caracteres cualitativos y cuantitativos de importancia económica actual o futura.

Los recursos fitogenéticos para que sean utilizados, es necesario conocerlos, por ello, el presente trabajo está enfocado en la caracterización morfológica de 200 accesiones de chile (*Capsicum* spp.) que se encuentran en el banco de germoplasma del CATIE. En tales accesiones se determinará si existe duplicidad, mediante la clasificación morfológica en

grupos según su afinidad. Se analizará la disposición de materiales para investigaciones futuras y se generará información que retroalimente el banco de datos existente.

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo general

Caracterizar la variabilidad genética de 200 accesiones de Chile *Capsicum* spp., de la colección de germoplasma del CATIE mediante la caracterización morfológica de sus genotipos.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Establecer la diversidad morfológica presente en las accesiones de Chile caracterizadas (*Capsicum* spp.).
- b) Clasificar las accesiones en grupos basados en las características morfológicas más discriminantes utilizando herramientas estadísticas de análisis multivariado.
- c) Identificar las características cuantitativas y cualitativas de mayor valor discriminante.
- d) Seleccionar materiales promisorios, tanto para su utilización en proyectos de mejoramiento genético, como en proyectos productivos que eventualmente puedan generar ingresos adicionales a los productores.

1.2 Hipótesis del estudio

- Existe diversidad morfológica entre las 200 accesiones de *Capsicum* spp.
- Existe un conjunto de descriptores cualitativos y cuantitativos que permite discriminar grupos en la colección del banco de germoplasma.
- Existe un subgrupo de materiales promisorios, tanto para su utilización en proyectos de mejoramiento genético como en otros proyectos productivos, que pueden generar ingresos adicionales a los productores.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen, superficie cultivada e importancia alimenticia del chile

El género *Capsicum* spp., es originario de las regiones tropicales y subtropicales de América, se distribuye a través de los Andes suramericanos y en el sur y nordeste Brasileño. Su distribución es continua desde Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil, Paraguay y Norte de Argentina; lugares desde donde se habría diseminado a toda América debido a que se han encontrado semillas de formas ancestrales de más de 7.000 años (Walsh y Hoot 2001; Alberto 2000). Perry et ál. (2007) indican que se encontraron restos de semilla al suroeste del Ecuador en la península de Santa Elena, donde usaban el chile para intercambio y consumo. Ellos afirman que el uso de este producto se realizó primero en Ecuador que en los altiplanos peruanos o en México. *Capsicum* spp., comprende más de 25 especies silvestres y cinco especies domesticadas que dan origen a numerosos cultivares entre los que se puede mencionar: *Capsicum annuum* L., *Capsicum frutescens* L.; *Capsicum chinense* Jacq., *Capsicum pubescens*. y *Capsicum baccatum* var. *pendulum* Willd (Bosland 1995).

El chile posee un fruto que se usa como especia, y que en los últimos años ha tenido un aumento considerable de consumo en todo el mundo. Anteriormente se consumía en países en vías de desarrollo como los latinoamericanos, africanos y asiáticos. El consumo de chile en países como la Unión Europea y Estados Unidos ha ido aumentando debido al incremento poblacional, demanda por exportación, uso de productos industriales, y por la gran cantidad de inmigrantes que lo demandan (Rodríguez 2000; FAO 2008).

Según la División de Estadísticas de FAO (2007), la superficie mundial sembrada de chiles asciende a 1.725.090 ha de chiles frescos, y 1.834.350 ha de chiles secos, para un total de 3.559.440 ha con una producción total de 27.465.740 t. De 1993 a la fecha se observa un incremento del 40% en los rendimientos unitarios, debido al uso de nuevas tecnologías que dan un promedio de rendimiento de 14,74 t/ha.

La superficie mundial cultivada de chile se encuentra distribuida en seis países del mundo. China es el país que presenta una mayor participación en la producción de chiles. Su superficie sembrada actual es de 612.800 ha, lo que representa un 36% de la superficie sembrada mundialmente con una producción de 12.531.000 t. Esto es, más de la mitad de la producción mundial de chiles al año. México, ocupa el segundo lugar en volumen de producción y el

tercero en superficie cosechada con 140.693 ha y 1.853.610 t; participando con el 8% del área cultivada. De acuerdo a la producción obtenida en toneladas, les siguen Turquía, Estados Unidos, España e Indonesia, representando juntos el 25% del volumen mundial de producción (FAO 2007).

Algunos de los recursos fitogenéticos como el chile, maíz, el frijol, la calabaza, la papaya, el algodón, el cacao y la vainilla entre otros, contribuyen favorablemente a la agricultura y alimentación mundial (Molina y Córdova 2006). Generalmente se ha reconocido la importancia económica de los chiles, los tipos dulces son fuente de vitaminas en la dieta de muchos pueblos, mientras que los picantes se consume en menor cantidad; sin embargo, constituyen una tradición en varias partes del mundo (Bolaños 2001). Este tipo de hortalizas constituyen productos de gran importancia desde el punto de vista alimenticio y económico, lo que implica que los productores deben conocer perfectamente su comportamiento agronómico y comercial, de tal manera que puedan planificar mejor sus actividades productivas y comerciales (Alberto 2000).

El chile está siempre presente en la dieta de la mayoría de los países del mundo; debido a sus múltiples recetas se usa en salsas, condimentos o especias; se consumen verdes, maduros, asados, en conservas, en pastas, deshidratados, como colorantes o en polvo; además se usa como planta ornamental por sus frutos brillantes y llamativos. El género *Capsicum* spp., se relaciona con poderes místicos y espirituales para nuestros ancestros; debido a que desempeñaron un papel importante en ceremonias religiosas y en la cultura de muchos pueblos americanos (Nuez et ál. 1996).

2.2 Taxonomía y morfología

2.2.1 Taxonomía

El género *Capsicum* spp., junto con otros 84 géneros más, constituyen la familia Solanácea; entre las cuales se encuentran el chile, el tomate, la papa, el tabaco, la berenjena, el lulo, la uchuva y algunas plantas medicinales (Jaramillo y Lobo 1982). El chile está compuesto por más de 25 especies silvestres y cinco especies domesticadas que son las que se reconocen como las formas cultivadas de Chile: *C. annum*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C.*

chinense y *C. pubescens* (Bolaños 2001). En estudios realizados por Eshbaugh (1980) sobre el género *Capsicum* spp., se citan 27 especies (Cuadro 1).

Cuadro 1. Especies silvestres, semidomesticadas y domesticadas de *Capsicum* spp. en el mundo

Especie Silvestre	Especie Semidomesticada	Especie domesticada
<i>C. buforum</i> A. T. Hunz	<i>C. annuum</i> var <i>labriusculum</i> .	<i>C. annuum</i> L
<i>C. campylopodium</i> Sendt	<i>C. baccatum</i> var <i>baccatum</i>)	<i>C. baccatum</i> L. var <i>pendulum</i> (willd
<i>C. chacoense</i> var <i>tometosum</i>	<i>C. baccatum</i> var <i>praetermissum</i>	<i>C. chinense</i> jacq
<i>C. ciliatum</i>	<i>C. chinense</i> (forma silvestre)	<i>C. frutescens</i> L.
<i>C. coccineatum</i>	<i>C. frutescens</i> (forma silvestre)	<i>C. pubescens</i>
<i>C. cornutum</i> (Hiern) A. T. Hunz	<i>C. cardenasii</i> Heiser & Smith	
<i>C. dimorphum</i> (Miers)	<i>C. eximium</i> A. T. Hunz	
<i>C. flexuosum</i> Send	<i>C. tovari</i>	
<i>C. dusenii</i> Bitter	<i>C. chacoense</i> A. T. Hunz	
<i>C. geminifolium</i> A. T. Hunz	<i>C. galapagoense</i> A. T. Hunz	
<i>C. hookerianum</i> (Miers)	<i>C. annuum</i> var <i>avicularen</i>	
<i>C. lanceolatum</i> (Morton & Standley		
<i>C. minutiflorum</i>		
<i>C. mirabile</i> Mart.		
<i>C. parvifolium</i> Sendt		
<i>C. schottianum</i>		
<i>C. scolnikianum</i> A. T. Hunz		
<i>C. pendulum</i>		
<i>C. villosum</i> Send		

Fuente: Eshbaugh (1980)

Pickersgill (1969b) menciona que las especies cultivadas de *Capsicum* spp., fueron domesticadas en los últimos 800 años y ellas tienen tres centros de origen: a) *C. annuum*, México y Guatemala; b) *C. chinense* y *C. frutescens*, Cuenca del Amazonas y c) *C. baccatum* y *C. pubescens*, regiones altas de Bolivia y Perú. La diferenciación de grupos se hace difícil entre las especies domesticadas y silvestres debido a que el hombre interfiere en el proceso natural de la especie.

Según Pickersgill (1994), las especies más representativas en cuanto a número de accesiones son *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens*, y tienen una amplia distribución en Centro y Suramérica. Las especies *C. baccatum* y *C. pubescens* tienen poca representatividad

(1,3% y 0,8%) en Centro y Suramérica; esta baja representatividad se puede deber a que es una especie cultivada mayormente en los altiplanos bolivianos y peruanos.

Las especies *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens* conforman un complejo morfológico de superposición de caracteres provenientes de una base común de genes; las tres especies se separan morfológicamente por caracteres cualitativos, por ejemplo las flores. Estas son solitarias de color blanco cremoso en *C. annuum*, la especie *C. chinense* por su parte presenta dos o tres flores por nudo de color verde-blanquecino y con una constricción en la base del cáliz en la unión con el pedicelo. Mientras que la especie *C. frutescens* presenta una flor erecta blanco-verdosa y sin constricción de cáliz. Las otras especies son relativamente fáciles de distinguir: *C. baccatum* presenta flores amarillas o blanco amarillas con manchas verduzcas hacia la parte basal de los pétalos y el *C. pubescens* presenta flores moradas o moradas con base blanca y semillas negro rugosas (Melgarejo et ál. 2004; Chávez et ál. 2006). La palabra chile se utiliza para nombrar materiales picantes; mientras que para los no picantes se utiliza pimentón, pimienta y chile dulce. Según Nuez et ál. (1996) el nombre *Capsicum* se deriva de Kapsos que significa picar o de Kapsakes o Capsa que significa caja o cápsula.

Clasificación Taxonómica

Nuez et ál. (1996) menciona que el chile y el pimiento pertenecen al género *Capsicum* spp., y realiza la siguiente clasificación taxonómica.

Reino:	Vegetal
División:	Spermatofita
Clase:	Dicotiledoneae
Subclase:	Asteridae
Rama:	Malvales
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Capsicum</i>
Especies domesticadas:	<i>C. annuum</i> <i>C. chinense</i> <i>C. baccatum</i> <i>C. frutescens</i> <i>C. pubescens</i>

2.2.2 Morfología

El chile es un cultivo anual, semi arbustivo perenne, con alturas entre 0,3 y 1,5 m, dependiendo principalmente del género, de las condiciones climáticas y de la fertilización. La inflorescencia está compuesta por flores hermafroditas, pentabuladas con cinco anteras soldadas y un estigma. La longitud del estilo varía con la especie. En los tipos silvestres el estilo es más largo que los estambres (longistilas), mientras que en las especies domesticadas presenta un estilo más corto (brevistilas). Las especies cultivadas se consideran autógamas, sin embargo, existen altos porcentajes de polinización cruzada (Nuez et ál. 1996).

Consuelo y Nelia (1991) mencionan que la planta de *Capsicum* se caracteriza por presentar una raíz principal y numerosas raíces secundarias. La mayor cantidad de raíces se sitúan en los primeros 40 cm, aunque la raíz principal puede llegar hasta los 70 a 80 cm. El tallo es cilíndrico y con ligeras angulosidades, su parte inferior es leñosa; crece de manera vertical puede alcanzar alturas entre 0,3 y 1,5 m dependiendo de la variedad; sin embargo, a determinada altura se bifurca produciendo de 2 a 3 ramificaciones; las ramificaciones son generalmente débiles.

2.2.3 Características de la flor de las diferentes especies

Los colores de la flor son diferentes en el género *Capsicum* de acuerdo a la especie (Cuadro 2). En *Capsicum* spp., se presenta dos grupos de flores: blancas y púrpuras. En el grupo de flores blancas hay dos subgrupos, los conformados por *C. baccatum* y los conformados por *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens*. En el grupo de flores púrpuras se encuentran la especie *C. pubescens* (Pickersgill 1980).

Cuadro 2. Descripción morfológica de especies domesticadas del género *Capsicum* spp.

Características	<i>annuum</i>	<i>frutescens</i>	<i>chinense</i>	<i>baccatum</i>	<i>pubescens</i>
Flores	Solitarias	Solitarias	Dos o más por nudo	Solitarias	Solitarias e inclinadas
Pedicelos	Declinados	Erectos	Erectos o declinados	Erectos o declinados	Erectos
Corola	Blanco lechoso, ocasionalmente púrpura	Verdosa-blanca	Verdosa-blanca ocasionalmente blanca o morada	Blanca o Verdosa-blanca	Morada
Manchas	No	No	No	Si	No
Cáliz	No tiene constricción anular	No tiene constricción anular	Tiene constricción anular	Tiene constricción anular	No tiene constricción anular
Venas	Prolongadas en dientes cortos	No están prolongadas en dientes	No están prolongadas en dientes	Prolongadas en dientes prominentes	Prolongadas en dientes
Pulpa	Blanda	Blanda	Firme	Firme	Firme
Semillas	Amarillas	Amarillas	Amarillas	Amarillas	Oscuras
No. cromosómico	2n=24	2n=24	2n=24	2n=24	2n=24
	Un par de cromosomas acrocéntricos	Un par de cromosomas acrocéntricos	Un par de cromosomas acrocéntricos	Un par de cromosomas acrocéntricos	Un par de cromosomas acrocéntricos

Fuente: IBPGR (1983); Muñoz (2002)

2.2.4 Características del fruto

Las especies silvestres de *Capsicum* presentan frutos pequeños, verdes, pungentes, que pueden ser ovales, cónicos, esféricos, u oblongos, crecen en forma erecta o decidua. Las semillas son prevalentemente diseminadas por los pájaros atraídos por el color brillante de los frutos. En contraste, las cultivadas presentan menor cantidad de frutos de mayor tamaño, pendientes, persistentes y con variedad de colores: amarillo, naranja, violeta, marrón y verde (García 2006).

El fruto del género *Capsicum* se compone de pericarpio y semillas. De acuerdo con la variedad los frutos pueden presentar de 2 a 4 lóbulos bien diferenciados, y su tamaño y forma pueden ser variables; su peso fluctúa entre pocos gramos hasta medio kilo. Presentan diversas formas entre las que se destacan: redondas, acorazonadas, largas, cilíndricas, cónicas, rectangulares y hasta cuadradas. Los frutos cuando están inmaduros son de color blanco, verde, café y hasta negro. En estado maduro predominan los frutos de color rojo; sin embargo

también hay frutos de color marfil, amarillo, anaranjado, café, lila, morado y negro. En la placenta se encuentran muchas semillas pequeñas, planas y de color crema a pardo. Las semillas del *C. pubescens* son de color negro, únicas en el género (Nuez et ál. 1996).

2.2.5 Características de la hoja

El color de las hojas es típicamente verde, sin embargo puede presentar colores amarillo, verde claro, verde oscuro, morado claro, morado, jaspeado u otro y, sus formas pueden variar de ovalada, lanceolada o deltoidea. El margen de la lámina foliar puede ser entera, ondulada o ciliada. Las barras pueden tener antocianina en toda su longitud y la presencia o ausencia de pubescencia (EMBRAPA 2007).

2.3 Características nutraceuticas de *Capsicum* spp.

2.3.1 Valor nutricional del *Capsicum* spp.

Existen hallazgos que demuestran que el chile tiene propiedades benéficas para la salud (Cuadro 3), debido a su alto contenido de polifenoles, flavonoides y vitaminas que poseen propiedades antioxidantes y tienen efectos benéficos en algunas enfermedades degenerativas (López-Carrillo et ál. 1995).

A los chiles (pimientos) se les consideran una fuente buena de vitaminas A, C, E y compuestos polifenólicos, conocidos todos ellos como compuestos con propiedades antioxidantes (Sukrasno et ál. 1993; Palevitch et ál. 1996; Daood et ál. 2006). Además, los cultivares picantes son ricos en capsaicinoides, los cuales son alcaloides con propiedades farmacológicas específicas (Daood et ál. 2006).

Estudios realizados en fracciones de flavonoides con ácidos fenólicos y capsaicinoides de chile rojo ha mostrado actividades antioxidantes mayores que las de chile verde (Sun et ál. 2007).

Cuadro 3. Composición nutritiva de *Capsicum* spp.

	Pimiento dulce verde	Pimiento dulce maduro (rojo)	Pimiento picante verde	Pimiento picante maduro (rojo)
Agua (%)	93,4	90,7	88,8	80,3
Prótidos (g)	1,2	1,4	2,3	2,3
Grasas	0,2	0,3	0,2	0,4
Hidratos de carbono (g)	4,8	7,1	9,1	15,8
Fibra (g)	1,4	1,7	1,8	2,3
Cenizas (g)	0,4	0,5	0,6	1,2
Calcio (mg)	9	13	10	16
Fósforo (mg)	22	30	25	49
Hierro (mg)	0,7	0,6	0,7	1,4
Sodio (mg)	13	-	-	25
Potasio (mg)	213	-	-	564
Vitamina A (UI)	420	4.450	770	21.600
Tiamina (mg)	0,08	0,08	0,09	0,10
Riboflavina (mg)	0,08	0,08	0,06	0,20
Niacina (mg)	0,5	0,5	1,7	2,9
Ácido ascórbico (mg)	128	204	235	369
Valor energético (cal)	22	31	37	65

Fuente: López-Carillo et ál. (1995)

2.3.2 *Capsaicina*

La capsaicina es el componente responsable del comportamiento picante, en mayor o menor grado, de los frutos del chile, localizándose fundamentalmente en la placenta y semillas; no es un compuesto simple, sino una mezcla de varias amidas, que son conocidas como capsaicinoides, siendo la capsaicina la más importante entre ellas. En el género *Capsicum* el grado de pungencia de los frutos se mide por el contenido de capsaicina. (Nuez et ál. 1996).

El contenido de capsaicina es mayor en la placenta del fruto, principalmente en el septo, donde células de la epidermis se transforman en glándulas ricas en esta sustancia, que se encuentra en menor cantidad en las semillas, paredes del fruto y la cáscara. El contenido de

capsaicina depende de la variedad y de la interacción genotipo por ambiente (Nuez et ál. 1996).

2.4 Recursos fitogenéticos

Se considera recurso fitogenético a cualquier material genético de origen vegetal que está presente en la biosfera y que tiene un valor real o potencial. La FAO (1996) define a los recursos fitogenéticos como la clave para el desarrollo agrícola, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad. Tomando en consideración que las áreas de tierra cultivables se mantienen estables, la población humana aumenta en mayor proporción, razón por la cual se hace necesario producir nuevos genotipos de plantas, utilizar genotipos tradicionales adaptados al ambiente e incrementar la productividad por planta. Así, los recursos fitogenéticos son importantes ya que proveen la materia prima de un programa de mejoramiento vegetal.

Los recursos fitogenéticos se conservan para ser utilizados; esto es posible si se conocen sus características y posibles usos. Por ello, es importante la caracterización y evaluación en diversas etapas ya que nos permite conocer el germoplasma y determinar su utilidad. La caracterización y la evaluación son actividades complementarias que consisten en describir los atributos cualitativos y cuantitativos de las accesiones de una misma especie para diferenciarlas, determinar su utilidad, variabilidad genética, estructura, y sus posibles relaciones. Además, permite identificar genes de interés para programas de mejoramiento genético de cultivos o que estimulen su uso en la producción. Es de resaltar que las evaluaciones requieren de un registro de datos y demandan precisión, cuidado y paciencia (Cleveland et ál. 1999; Jaramillo y Baena 2000).

2.4.1 Los bancos de germoplasma

El germoplasma y los bancos que lo conservan son el sustento en la mejora de plantas; sin este recurso es imposible llevar a cabo tal actividad; el material genético puede ser utilizado para la perpetuación de una especie o una población ya que a través de la manipulación genética, puede ser mejorado para un comportamiento superior del cultivo, además sirve para la conservación de especies, favoreciendo esto su protección ante los cambios climáticos que ejercen presión ante los cultivos.

El germoplasma provee los materiales (progenitores) utilizados para iniciar un programa de mejora. Algunas veces los fitomejoradores evalúan el germoplasma vegetal y seleccionan dentro de la variación biológica existente; posteriormente los genotipos promisorios adaptados a las regiones de producción son liberados a los productores.

Desde milenios atrás las culturas de asentamientos iniciaron con el mejoramiento genético de una manera rústica de prueba y error, ya que podían mejorar y adaptar sus cultivos a los desafíos de la naturaleza, confiando en que los dioses nunca serían tan rencorosos que no les permitieran autoabastecerse de alimento. Esta práctica en la actualidad se le conoce como el manejo de germoplasma, lo cual por definición es: “Especie vegetal cultivada que incluye cultivares nativos de la especie, cultivares mejorados, poblaciones en proceso de mejoramiento, especies silvestres relacionadas y especies cultivadas relacionadas” (Sevilla 2006).

Un Banco de germoplasma también contribuye a los programas de mejoramiento con la entrega de materiales (accesiones caracterizadas), a fin de que se hagan procesos de mejora genética. En algunos casos el mejoramiento de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA) es llevado a cabo en fincas de agricultores destacando la participación de estos en todos los procesos de selección y mejoramiento; dicha participación se extiende en muchos casos también, a las ferias de semillas, distribución de semillas y promoción de mercados (Tapia et ál. 2008).

2.4.2 Disponibilidad y conservación en bancos de germoplasma a nivel mundial

El esfuerzo más significativo para la conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos en general lo realizan algunos centros internacionales pertenecientes al Grupo Consultivo Internacional de Investigación Agrícola (CGIAR, por sus siglas en inglés), tales como: Bioversity International, el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Centro Internacional de la Papa (CIP); entre otros así como el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), de Costa Rica. La conservación de los recursos fitogenéticos de *Capsicum* spp., entre otras especies en Estados Unidos, la realiza el Departamento de Agricultura (*United States Department of Agriculture* - USDA), conserva 4634 accesiones de

Capsicum por medio del Programa Nacional de Recursos Genéticos (*National Genetic Resources Program-NGRP*) responsable por la adquisición, la caracterización, la conservación, la documentación y la distribución de germoplasma. Esta tiene sede en Betsville, Maryland, y el principal centro de almacenamiento de semillas en Fort Collins, Colorado (FAO 2009). El AVRDC (*Asian Vegetable Research and Development Center*) en Taiwán cuenta con una colección mundial de germoplasma de *Capsicum* spp., de 6.844 accesiones de 95 países, representando ocho especies.

Entre los países que conservan germoplasma de *Capsicum* spp., están: México, a través del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) en Celaya, Guanajuato, con 3.590 accesiones y la segunda colección se encuentra en el Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG), en Guadalajara, Jalisco, con 1.500 accesiones. De igual forma existen colecciones conservadas por la Escuela Agrícola Panamericana-Zamorano (EAP) en Honduras, el Salvador y Nicaragua (FAO 2009). Los países de América del sur, Centroamérica y el Caribe, en sus bancos de germoplasma almacenan aproximadamente 660.000 accesiones pertenecientes a un rango amplio de géneros y especies de plantas; las cuales están parcialmente documentadas. Sin embargo, en los últimos años se están haciendo importantes esfuerzos en la caracterización, evaluación y elaboración de base de datos pasaporte, así como el intercambio de la información de los diferentes materiales (Franco 2003).

Según FAO (2009) la conservación, multiplicación y caracterización de germoplasma en *Capsicum* spp., en América del Sur igualmente la realizan algunos institutos de investigación como la Fundación PROINPA y UTO (Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias) en Bolivia. En Brasil, EMBRAPA, Recursos Genéticos y Biotecnología, el Instituto Nacional de Investigación de la Amazonía (INPA), localizado en Manaus, y el Departamento de Fitotecnia de la Universidad de Visosa. En Colombia, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), la Universidad Nacional de Colombia, con 720 accesiones. En Ecuador, el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP/DENAREF). En Perú el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIEA) y la Universidad Agraria de La Molina. En Venezuela el INIA Venezuela y la Universidad del Zulia, y en Guyana el Instituto Nacional de Investigación Agrícola (*National Agricultural Research Institute NARI*).

2.5 Mejoramiento genético

2.5.1 Importancia para mejoramiento

Todos los países sin excepción, mantienen una interdependencia en recursos fitogenéticos tanto para la producción de alimentos, como para la generación de otros bienes de origen vegetal, así como para el desarrollo de nuevos cultivares a través del mejoramiento genético (Molina y Córdova 2006). Las principales fuentes de genes para estos fines se encuentran en los diferentes bancos de germoplasma.

Estudios realizados por Castañón et ál. (2010) caracterizaron 40 colectas de *Capsicum* spp., en Tabasco, para lo cual utilizaron cuatro descriptores para la planta, cinco de fruto y nueve de flor. Las variables de fruto (ancho del fruto) fueron las que presentaron la mayor variabilidad, posteriormente las de planta, y finalmente las de flor (número de flores por axila, forma de la corola y posición de la flor). Mediante el análisis de correlación canónica generalizado (ACCG) se determinó que las variables altura de la planta, número de flores por axila, forma de la corola y posición de la flor fueron las más importantes en la asociación con los grupos previamente formados. También determinaron que el largo y ancho del fruto estaban correlacionados positivamente. Concluyeron que de acuerdo a los resultados encontrados, el análisis de correlación canónica generalizado es una metodología útil para determinar la importancia de variables y que existía diversidad en las colectas evaluadas.

En las investigaciones realizadas por Castañón et ál. (2008) sobre caracterización morfológica *in situ* de *Capsicum* spp., en 13 localidades en Tabasco, México, se encontró 11 morfotipos de chile, la mayoría silvestres (amashito, corazón de pollo, muela, garbanzo). El análisis de componentes principales (ACP) indicó que los primeros cuatro componentes explicaban el 88% de la variación morfológica total; permitiendo agrupar en grupos comerciales y morfotipos silvestres. El análisis de conglomerados (AC) permitió clasificar a los morfotipos en grupos contrastantes; ese agrupamiento se dio principalmente por la forma en que se encontró el cultivo (silvestre o cultivado). Ellos concluyeron que en ambos análisis, las variables que más participaron en la agrupación de los morfotipos fueron el color de las anteras, la posición de la flor y el ancho del fruto. Pardey (2008) caracterizaron morfológicamente cien introducciones de *Capsicum* spp., en Colombia (UNC), Sede Palmira; utilizando 51 descriptores propuestos por el IPGRI.

La caracterización morfológica mostró variabilidad para todos los descriptores evaluados; principalmente los que estaban relacionados con el fruto y arquitectura de planta que explicaron el 60% de la variabilidad total. La distancia obtenida a partir de la similaridad de Dice permitió formar grupos basados en tamaño, peso y color de fruto, pero no logró discriminar entre especies. Además, basados en la estrecha distancia genética entre *C. annuum*, *C. frutescens*, y *C. chinense* se concluyó que las tres especies forman un grupo.

El trabajo realizado por Martín et ál. (1991), caracterizó 59 accesiones de (*Capsicum* spp.) del CATIE y dos accesiones de la Universidad de Costa Rica (UCR) en Costa Rica, logrando determinar, que el grosor de la pulpa correlacionó positivamente con el peso fresco (0,75), con el número de semillas (0,59) y con la longitud del fruto (0,53), y débilmente, de manera negativa, con la pungencia (-0,42) y con los días a floración (-0,36). El diámetro del fruto correlacionó positivamente con el número de semillas por fruto (0,62), grosor de la pulpa (0,72), y ésta a su vez con el número de semillas por fruto (0,51).

Investigaciones realizadas en Colombia por Hurtado (2010) buscaron resistencia a *Phytophthora capsici* en germoplasma de *Capsicum* spp. Debido a que esta enfermedad produce la pudrición del cuello de la raíz y tallo en los cultivos de *Capsicum* spp., generando pérdidas hasta del 100%. Para esto colectaron 28 aislamientos de *Phytophthora capsici*. Las accesiones fueron evaluadas en condiciones de invernadero, y se clasificaron en cinco grupos diferentes de acuerdo a su nivel de resistencia: muy susceptibles, altamente susceptibles, susceptibles, parcialmente resistentes y altamente resistentes. Nueve de ellas se clasificaron como altamente resistentes.

Estudios realizados en México por Pech et ál. (2010) sobre la aptitud combinatoria y la heterosis de siete poblaciones criollas de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) y las cruza resultantes entre ellas, mediante un diseño dialélico, midieron el rendimiento de fruto, peso individual de frutos, número de frutos por planta, días a inicio de cosecha, altura de planta, longitud y diámetro de fruto. Los progenitores (P2, P3 y P4) mostraron los efectos positivos más altos de ACG en el rendimiento de fruto, y dos de éstos generaron híbridos con altos valores de ACE y heterosis. Concluyeron que la hibridación sería el método de mejoramiento genético más adecuado para incrementar rendimiento de fruto y número de frutos por planta. En cambio, para mejorar altura de planta, peso individual de fruto, días a inicio de cosecha,

longitud y diámetro de fruto, el método de mejoramiento por endocría y selección sería el indicado para crear variedades.

2.6 Plagas y enfermedades

2.6.1 Plagas

Durante el desarrollo del chile (crecimiento vegetativo, floración y fructificación) la planta se ve afectada por el ataque de insectos y ácaros; especialmente cuando las condiciones del agroecosistema favorecen el crecimiento de las poblaciones plaga. Los insectos son los que mayor daño causa, debido a que atacan a frutos; por lo tanto se requiere su control. Además, es importante conocer la biología y ecología de las especies para estimar con precisión las épocas de mayor o menor presencia de las plagas (CATIE 1993; Costa et ál 2007) principalmente si se quiere hacer un manejo agroecológico.

Las principales plagas que afectan al cultivo de *Capsicum* spp. (Nuez et ál. 1996) son:

- Áfidos o pulgones del género (*Aphis gossypii* y *Mizus persicae*)
- Picudo (*Anthonomus eugeni*)
- Gusano cortador y comedor de la hoja (*Spodoptera* spp.)
- Minadores de la hoja (*Lyriomiza* y *Agromyza*)
- Arañita roja (*Tetranychus urticae* Koch)
- Diabrotica (*Diabrotica balteata* LeConte)
- Ácaros (*Polyphagotarsonemus latus* Banks)

2.6.2 Enfermedades

Las enfermedades de las plantas son anomalías causadas generalmente por hongos bacterias, nematodos y virus. Las causadas por hongos y bacterias se presentan especialmente en periodos de lluvias y las enfermedades virales son transmitidas principalmente por insectos y continúa su diseminación por el manejo cultural que se hace en el cultivo (Costa et ál. 2007).

Las principales enfermedades que afectan al cultivo de *Capsicum* spp. (Nuez et ál. 1996; Guigón et ál. 2001; Rodríguez et ál. 2004;) son:

- Pudrición basal (*Phytophthora capsici*)

- Marchitez (*Verticillium* spp.)
- Antracnosis (*Colletotrichum* spp.)
- Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*)
- Mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris*)
- Virosis (TMV)
- Pudrición apical (Fisiológica)

El método de control más apropiado para el manejo racional de las enfermedades en *Capsicum* es el manejo integral. El desarrollo de este concepto exige primero una caracterización adecuada de cada uno de sus componentes (la planta y el desarrollo del cultivo, insectos, hongos, bacterias, control biológico, resistencia varietal y el control químico) para después hacer un control integrado. Este tiene como objetivo principal la reducción de la necesidad del uso de plaguicidas; realizar una fertilización balanceada de acuerdo a los resultados del análisis de suelo, evitar daños a la planta durante las operaciones de colocar la cinta, deshierbe, riego y otras prácticas culturales. Adicionalmente es fundamental inspeccionar los cultivos con regularidad para identificar posibles brotes de la enfermedad (CIAT 1989; Costa et ál. 2007).

2.7 Control de malezas

Las malezas compiten por agua, luz y nutrientes que afectan la germinación y crecimiento de *Capsicum*. El grado de competencia que sufre la planta depende del cultivo (especie, densidad de siembra y espaciamiento) y la población de malezas (especie, densidad, distribución y duración de la competición). El combate es el manejo integrado que incluye la prevención, erradicación y control y su eficiencia depende del grado de infestación, agresividad, condiciones climáticas y conocimiento de la interacción entre las plantas de *Capsicum* y las malezas (Bolaños 2001; Costa et ál. 2007).

2.8 Caracterización del germoplasma utilizando descriptores morfológicos

Los descriptores son atributos fáciles de medir o evaluar y son aplicados en la caracterización y evaluación de las accesiones debido a que ayudan a diferenciar atributos de manera precisa y uniforme, lo que simplifica, el almacenamiento, la clasificación, y el uso de

los datos (Franco e Hidalgo 2003). La variabilidad almacenada en el genoma de una especie puede ser clasificada en dos grandes clases: 1) la que expresa en características visibles y que conforman el fenotipo, y 2) la que se refiere a los procesos internos de la planta y que están siendo identificados mediante herramientas de biología molecular (Hidalgo 2003).

Según Abadie y Berretta (2001), en la caracterización y la evaluación de germoplasma se utilizan descriptores, que son caracteres importantes en la descripción de una muestra. En este sentido existen diferentes enfoques de la caracterización, en función del tipo de caracteres utilizados. De manera general los principales descriptores utilizados en la caracterización, permiten dividir la caracterización en las siguientes clases: morfológica, citológica, fisiológica, molecular y bioquímica (González et ál. 2001).

La caracterización de germoplasma es la descripción de las variedades que existen en una colección de germoplasma en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad y 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). La caracterización consta de registros de atributos de alta heredabilidad que se expresan en todos los ambientes y la evaluación comprende la toma de datos para una serie de caracteres que pueden ser afectados por el ambiente, como también de aspectos específicos, incluyendo la reacción a enfermedades, plagas y sequía. Los estados del descriptor se registran mediante escalas de valor; si se expresa en forma cualitativa, se generan datos binarios o de doble estado; datos con secuencia u ordinales y datos sin secuencia o nominales. Si se expresa en forma cuantitativa, los datos son continuos o discretos (Franco e Hidalgo 2003).

En relación con el fenotipo, los caracteres que lo conforman corresponden en su mayoría a la descripción morfológica de la planta y su arquitectura; estos caracteres se denominan descriptores, los cuales deben reunir las siguientes características: 1) ser fácilmente observables; 2) tener alta acción discriminante y baja influencia ambiental 3) ser uniformes, ya que al existir uniformidad en los descriptores la caracterización que se realiza tiene un valor universal (Abadie y Berretta 2001; Pinzón y Rojas 2008).

La importancia de las colecciones de germoplasma reside en la utilización que se haga para producir nuevos cultivares en beneficio de las actividades productivas. Las colecciones deben proporcionar a los mejoradores genes que permitan responder al alto rendimiento y

calidad que demandan la agroindustria y el mercado, por ello es fundamental conocer las características del germoplasma conservado (Abadie y Barretta 2001; Hernández 2007).

Los descriptores morfológicos que tiene relación con el fenotipo se agrupan en:

Botánicos – taxonómicos: caracteres que describen e identifican a la especie y son comunes a todos los individuos que la conforman; presentan caracteres de alta heredabilidad y presentan poca variabilidad, como son descripción de la flor, la forma del fruto y el tipo y la forma de la hoja (Franco e Hidalgo 2003).

Morfo - agronómicos: se relacionan con caracteres de interés agrícola, mejoramiento genético, mercado y consumo. 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. Ejemplos: pigmentaciones en tallos, color, forma y brillo de semillas, arquitectura de la planta, hábito de crecimiento, tipo de ramificación, rendimiento (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 cualitativos (Franco e Hidalgo 2003). Instituciones como el IPGRI, CATIE y AVRDC (1995) han propuesto una lista de descriptores morfológicos para la identificación y evaluación de grupos de *Capsicum* spp.; ellos han seleccionado 60 descriptores distribuidos entre la parte vegetativa, datos de la planta, inflorescencia y fruto, semilla, rendimiento y características de calidad.

El IPGRI, CATIE y AVRDC (1995) mencionan que los descriptores altamente discriminantes para ser utilizados en la descripción morfológica de *Capsicum* para la parte vegetativa son el ciclo de vida de la planta; color del tallo antes del trasplante; altura de la planta; hábito de crecimiento de la planta; también indican que los descriptores más discriminantes para inflorescencia y fruto está el número de días a la floración; número de flores por axila; color de la corola; color de las anteras. Por otra parte, afirman que entre los descriptores altamente discriminantes para el fruto son su color en estado intermedio y en estado maduro; forma del fruto; longitud promedio de diez frutos maduros; ancho promedio de 10 frutos; peso promedio de 10 frutos; cuello de la base del fruto; tipo de epidermis del fruto;

peso de 1000 semillas; número de semillas por fruto el promedio de diez frutos por accesión y el rendimiento del fruto/planta promedio de 10 frutos por planta y contenido de capsaicina.

Según Pickersgill (1969) la posición del fruto es una característica distintiva entre materiales silvestres y domesticados, ya que las poblaciones silvestres presentan la posición del fruto erecto, mientras que en los materiales cultivados con mayor grado de domesticación la posición del fruto es colgante (IBPGR 1983; Smith y Heiser 1951).

Los órganos más importantes en *Capsicum* para ser utilizados en la descripción morfológica son la flor y el fruto, por ser menos influenciados por el ambiente, le sigue en importancia las hojas, tallo, ramas, raíces (Castañón et ál. 2010). El color de la corola de las flores, es una característica discriminante, se emplea para delimitar especies (IPGRI 1983; Smith y Heiser 1951).

2.9 Métodos estadísticos multivariados aplicados a las caracterizaciones morfológicas

La génesis del análisis multivariado inicia a principios del siglo XX, con Pearson y Spearman, época en la cual comenzaron a introducir los conceptos de la estadística moderna. De manera general el análisis multivariado se refiere a todos los métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas múltiples (más de dos variables) de cada individuo. En este sentido, son una extensión de los análisis univariados (análisis de distribución) y bivariados (clasificaciones cruzadas, correlación, análisis de varianza y regresiones simples) que se consideran como tal si todas las variables son aleatorias y están interrelacionadas (Franco e Hidalgo 2003).

Los coeficientes de similitud están recomendados para comparar accesiones evaluadas con características de escala nominal o de datos de doble estado (presencia o ausencia). Los valores que se obtienen de los coeficientes de similitud varían entre uno (1) y cero (0), siendo el valor 1 el de máxima y el valor 0 el de mínima similitud. Entre los índices más usados están Jaccard, Emparejamiento Simple, Sorensen (Bray y Curtis) y Dice (Casanoves et ál. 2011).

Los análisis de conglomerados crean un conjunto de individuos en grupos exhaustivos y mutuamente excluyentes de razas o variedades, de tal forma que se puedan hacer inferencias estadísticas de semejanza o diferencias, dentro de los grupos y entre los grupos provistos por

el análisis, respectivamente. El dendrograma muestra primero los grandes grupos, es decir los que se han originado a niveles bajos de similitud; luego se analizan dichos grupos separándolos en subgrupos, conjuntos y subconjuntos hasta llegar a los núcleos que representan la máxima similitud hallada en los individuos que se estudian (Ward 1963; Martínez 1995; Balzarini et ál. 2008).

Los métodos jerárquicos producen agrupamiento de tal manera que un conglomerado puede estar incluido dentro de otro, pero no se permite otro tipo de superposición entre ellos. Los resultados de agrupamiento jerárquicos se presentan en un dendrograma (diagramas de árboles en dos dimensiones), en donde se pueden observar las uniones y/o divisiones que se van realizando en cada nivel del proceso de construcción del conglomerado (Di Rienzo et ál. 2012).

En el análisis de componentes principales las variables originales definen un espacio euclidiano en las cuales la similitud entre ellas es medida como una distancia euclidiana. Los resultados de este análisis se grafican sobre ejes ortogonales que representan los componentes principales y que delimitan un espacio bi o tridimensional en donde los individuos se sitúan dentro del espacio delimitado por las componentes según los valores de sus coordenadas con respecto a estas (Cornide 2000).

El análisis de componentes principales (ACP) es una técnica que permite determinar el aporte de las variables a la variación total de cada componente principal (CP); así mismo, indica la relación que existe entre las variables y pone en evidencia posibles agrupamientos (Judez 1989). El AC o análisis cluster, determina y describe la relación o similitud de las accesiones y define los grupos que presentan características en común (Crisci y López 1983). El ACP, es el método más utilizado para realizar caracterizaciones morfológicas; y su propósito fundamental es re-ordenar las poblaciones en términos de una combinación de nuevas variables o componentes principales no correlacionados, con la finalidad de obtener toda la variabilidad de las variables originales (Jolliffe 2002).

Existen dos formas para obtener el ACP: 1) A partir de una matriz de varianzas y covarianzas, o no estandarizados; 2) a partir de la matriz de correlación o estandarizados (Anderson 2001). Las matrices de las caracterizaciones morfológicas se forman mediante la utilización de diferentes escalas de medida por lo que es necesario, para el cálculo de los

componentes principales, utilizar la matriz de datos estandarizados, también conocida como la matriz de correlación de las variables originales (Chávez et ál. 2006).

En un ensayo de caracterización, se obtiene la descripción de las poblaciones o accesiones mediante una serie de variables medidas en diferentes escalas con el propósito de cuantificar la variabilidad morfológica o genética de la colección. En términos estadísticos, el ACP se denomina como un método descriptivo de ordenación; debido a que permite reducir la dimensionalidad a nuevas combinaciones lineales o componentes principales, capaces de captar la mayor variabilidad de las variables originales, y por otro, también ayuda a reducir el número de variables originales que no aportan suficiente variabilidad (Jolliffe 2002).

Cuando existen pocos genotipos y muchos descriptores, para reducir el número de variables a incluir en el ACP, usualmente se utilizan dos criterios. El primero que tiene que ver con la revisión de los datos originales, donde no se deben incluir variables con poca variabilidad entre las poblaciones evaluadas y no se deben incluir variables con alta correlación ($> 0,7$) (Anderson 2001; Jolliffe 2002). Para efectuar esta operación, se requiere un análisis de correlación entre las variables originales y, posteriormente, tomar las decisiones más adecuadas.

La segunda fase del ACP está relacionada con los métodos propuestos para descartar variables. Al respecto, se destacan las propuestas de (Jolliffe 2002), que consiste en un análisis interactivo de CP; donde se enfocan en los últimos componentes principales asociados con un valor propio (λ) menor a 0,7 y, posteriormente, se revisa el vector propio con el valor propio de menor magnitud. Entonces, se identifican las variables que presenten los mayores coeficientes (en valor absoluto), las cuales son descartadas y así sucesivamente. Las variables descartadas se basan en el mismo principio, aunque a partir de un determinado porcentaje (α) de la variación total por cierto número de componentes principales, por lo general $\alpha = 80\%$. En lo que respecta a cuantos componentes principales deben retenerse, es importante fijar niveles críticos de manera subjetiva: 1) Retener los primeros componentes principales que son capaces de explicar el 80% o más de la variabilidad total o bien 2) Seleccionar exclusivamente aquellos componentes principales con un valor propio o característico mayor que 1 en el caso de descriptores estandarizados (Jolliffe 2002) o que supere el promedio de los valores propios en datos no estandarizados.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en la sección conocida como “El Encierro” en los terrenos de Cabiria 6, del CATIE, ubicado en Turrialba, Costa Rica. La parcela está situada a los 9°54′ de Latitud Norte, 83° 40′ Longitud Oeste, a una altitud de 625 msnm. La precipitación media anual es de 2700 mm y la temperatura media anual de 22 °C (CATIE 2009). El análisis bioquímico de los frutos se llevó a cabo en el Laboratorio del Instituto Tecnológico de Mérida, Yucatán de la Ciudad de México.

3.2 Caracterización morfológica

3.2.1 Material experimental

Para la caracterización morfológica se trabajó con 200 accesiones de chile (*Capsicum* spp.) procedentes del Banco de Germoplasma del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Estas accesiones proceden de diversas colectas realizadas en Centro América y México entre los años 1976 y 2006 e intercambios de germoplasma realizadas entre instituciones procedentes de cinco continentes correspondientes a 21 países (Cuadro 4).

Cuadro 4. Procedencia y cantidad de los grupos de *Capsicum* spp.

Procedencia	Especies de <i>Capsicum</i>					No identificada.
	<i>annuum</i>	<i>frutescens</i>	<i>chinense</i>	<i>baccatum</i>	<i>pubescens</i>	
Perú	1		2	5		
Panamá	3	5	2			2
Costa Rica	8	32	2	1		4
México	21	4		1		
Honduras		8	2			1
Guatemala	31	7			1	6
Salvador	4	8				
Ethiopia	5	2				1
Zimbabwe	1					
España	2					
Malasia	10	1				2
E.E.U.U	1					
Siria	1					
Rusia	2					
Ecuador				2		
Brasil	1			2		1
Filipinas						1
Cuba						1
Colombia		1				
Nicaragua		1				
Malvides	1					

3.2.2 Preparación del material y siembra de accesiones

Semillero: la preparación del sustrato se realizó un día antes de la elaboración del semillero, para lo cual se utilizó arena de río lavada. La siembra de las semillas se realizó en bandejas plásticas de 20×40×10 cm, al voleo y se cubrió la semilla con 0,5 cm de arena. Cada bandeja estuvo debidamente etiquetada con la fecha de siembra, número de accesión; y se realizaron riegos ocasionales a fin de mantener húmedo el sustrato. El semillero fue ubicado bajo condiciones de invernadero, con buena ventilación durante un período de doce días.

Siembra en bandejas de germinación: Se preparó un sustrato con tierra y turba en una relación de 2:1. Se usaron dos bandejas plásticas de 32 huecos para el trasplante de 64 plántulas de cada accesión; en el caso de haber accesiones que no lograron las 64 plántulas se sembró el número de plántulas que lograron germinar. Cada bandeja estuvo debidamente etiquetada con la fecha de siembra y número de accesión. Se realizaron riegos ocasionales a fin de mantener húmedo el sustrato. Los controles para la eliminación de malezas fueron manuales. Cuando las plántulas lograron desarrollar entre 3 y 4 hojas verdaderas se procedió al trasplante en el campo.

Preparación del área: La preparación del suelo se hizo 30 días antes de la siembra, con el uso de un moto cultivador. El suelo de las parcelas era uniforme en cuanto a fertilidad, de textura ligera, profundo y bien drenado. Se elaboraron lomillos para la siembra de las accesiones a una distancia de 1,0 m entre surcos y 30 cm de altura con el fin de proporcionar las condiciones óptimas para el desarrollo de la planta.

Trasplante: se efectuó entre los 35 y 40 días después de sembrado el semillero, cuando las plantas tenían entre 3 a 4 hojas verdaderas o 10 a 15 cm de altura. Durante esta fase se evitó provocar heridas al sistema radical o el tallo para evitar el ataque de algunos hongos o bacterias.

El trasplante se realizó en horas de la mañana (7:00 a 10:00 AM) para reducir la deshidratación y el stress que sufren las plántulas en esta etapa; cada fila estaba debidamente etiquetada con la fecha de siembra y número de accesión (Bolaños 2001). El trasplante se realizó sobre el lomillo de 30 cm, con una distancia de 1,0 m entre surcos y 40 cm entre plantas, se sembraron 35 plantas por accesión y la siembra de las plantas se realizó a campo abierto sin cobertura.

Tutoreo: algunas accesiones de *Capsicum*, requirieron amarrarse con piola, con el propósito de evitar la ruptura de tallos y ramas; para esto, a los treinta días después del trasplante se colocaron espalderas. Para las espalderas se utilizaron postes de madera separados 3 m entre sí. El primer hilo de piola se colocó a 60 cm de altura y en él se amarró el tallo principal de la planta; el segundo hilo de piola se ubicó a una altura de 1 m, y sirvió para amarrar todas las ramas y evitar que se quiebren (Bolaños 2001).

Aplicación de agroquímicos: Debido al ataque de plagas y enfermedades se realizaron controles con insecticidas, acaricidas y fungicidas con intervalos de 15 días dependiendo la incidencia del ataque. Los productos utilizados fueron insecticida, acaricida- lactona. Macro cíclica ABAMECTIN Hunter (10 cc/bomba), fungicidas bactericida-2-Thiocyanomethylthio benzothiazole Butrol TCMTB 315 EC (50 cc/bomba), fungicida-bactericida Hercules (20 cc/bomba), acaricida insecticida ketoenol spiromesifen Oberón (28 cc/bomba), insecticida Hortene (20 gr/bomba), bactericida antibiótico-bacteriostático Agri-Mycin-16,5WP, 100 (70 gr/bomba), fertilizante foliar Nutri phite-P SOIL HI-GRANDE 0-60-0 (100 cc/bomba) y Nitrato de calcio 90% (25 gr/planta), las aplicaciones se realizaron de acuerdo al requerimiento del cultivo alternando los productos a fin de lograr un mayor control para las plagas y enfermedades.

Cosecha: Cuando los frutos llegaron a la madurez fisiológica (entre los 61 y 227 días después de la siembra) se cortaron con el pedicelo, para evitar la infestación de hongos y el deterioro de la planta. Los frutos maduros fueron reconocidos por su color amarillo, naranja, o rojo brillante dependiendo de la especie.

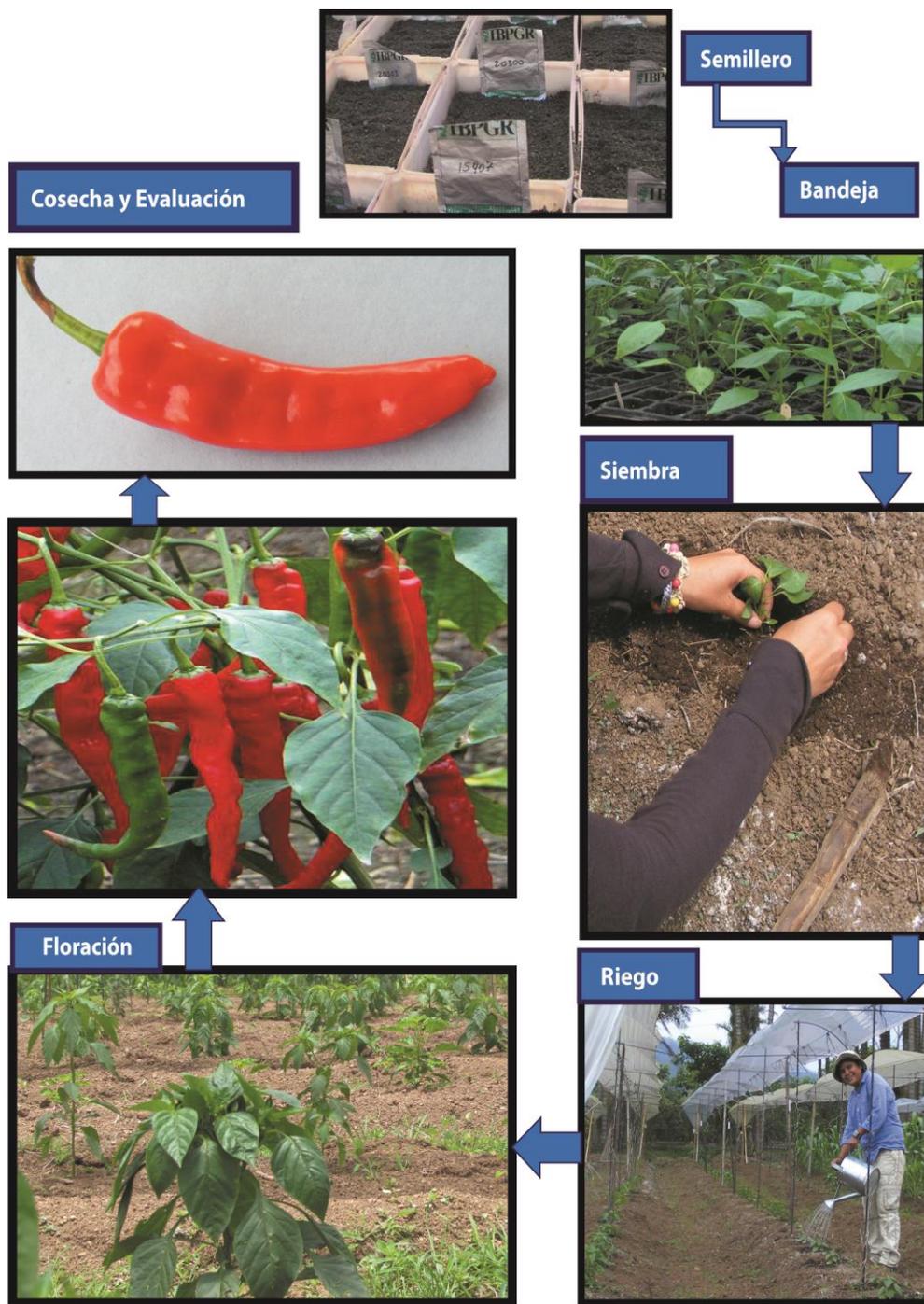


Figura 1. Procesos de preparación de semilleros, siembra, controles sanitarios y cosecha, de chile (*Capsicum* spp.).

3.3 Caracterización de las accesiones

Para caracterizar morfológicamente las accesiones se utilizó la lista de descriptores definida por IPGRI, CATIE y AVRDC (1995), que comprende 60 descriptores (Cuadro 5). De los 60 descriptores a evaluar, 37 son de tipo cualitativo y 23 de tipo cuantitativo (Anexo 1). Los datos cuantitativos y cualitativos se registraron a través de visitas periódicas al campo, según lo indican los diferentes descriptores de IPGRI, CATIE y AVRDC (1995). De acuerdo al estado fenológico de la planta se llevó un registro manual y digital de los datos. Se evaluaron 56 descriptores morfológicos y agronómicos de los 60 descriptores propuestos por el IPGRI, AVRDC y CATIE (1995). Los descriptores no evaluados fueron: periodo de fructificación, rendimiento número de frutos por planta, cuajado del fruto y rendimiento peso de frutos por planta.

Para las medidas de mayor longitud se utilizaron reglas calibradas en metros y centímetros. Para los datos de los descriptores cuantitativos de longitudes pequeñas, se utilizaron reglas calibradas en milímetros, centímetros y cintas flexibles. Mientras que, para los datos de los descriptores de color, se utilizó la tabla de colores de Munsell y dibujos de los descriptores de IPGRI, CATIE y AVRDC (1995).

Para determinar los diámetros y espesores de ancho del tallo, longitud del fruto y espesor de la pared del fruto se utilizó un calibrador Vernier Universal. Para la extracción de la semilla se utilizó guantes de látex y bisturí. Los pesos se registraron en una balanza calibrada en miligramos.

Cuadro 5. Descriptores cualitativos y cuantitativos de *Capsicum* spp.

	Cualitativos	Cuantitativos
1	Color del hipocótilo	Altura de la planta
2	Pubescencia del hipocótilo	Ancho de la planta
3	Color de la hoja cotiledonar	Ratio altura/ancho de la planta
4	Forma de la hoja cotiledonar	Longitud del tallo
5	Color del tallo	Ancho del tallo
6	Antocianina del nudo	Longitud de hoja madura
7	Forma del tallo	Ancho de la hoja madura
8	Pubescencia del tallo	Ratio longitud/ancho de la hoja
9	Hábito de crecimiento de la planta	Días a la floración
10	Densidad de ramificación	Número de flores por axila
11	Acallamiento	Cuajado del fruto
12	Densidad de hoja	Periodo de fructificación
13	Color de la hoja	Longitud del fruto
14	Forma de la hoja	Ancho del fruto
15	Margen de la lámina foliar	Peso del fruto
16	Pubescencia de la hoja	Longitud del pedicelo del fruto
17	Posición de la flor	Espesor de la pared del fruto
18	Color de la corola	Días a la fructificación
19	Color de la mancha de la corola	Peso 1000 semillas
20	Color de las anteras	Rendimiento número de frutos por planta
21	Manchas o rayas antocianinicas	Rendimiento peso de frutos por planta
22	Color de fruto en estado intermedio	
23	Color del fruto en estado maduro	
24	Forma del fruto	
25	Forma del fruto en la unión con el pedicelo	
26	Cuello en la base del fruto	
27	Forma del ápice del fruto	
28	Apéndice en el fruto, vestigio de la floración	
29	Arrugamiento transversal del fruto	
30	Tipo de epidermis del fruto	
31	Persistencia del pedicelo con el fruto	
32	Persistencia del pedicelo con el tallo	
33	Color de la semilla	
34	Superficie de la semilla	
35	Susceptibilidad al estrés biológico	
36	Sabor del chile	
37	Longitud de la placenta	
38	Tamaño de la semilla	
39	Clasificación número de semillas por fruto	

Fuente: IPGRI, AVRDC y CATIE, 1995

3.4 Evaluación sensorial participativa

La evaluación sensorial de las 200 accesiones se llevó a cabo en un día de campo, con un grupo de panelistas de 50 participantes entre agricultores, representantes de la industria y personas que gustan del cultivo por la producción o simplemente por el sabor. Los panelistas identificaron los materiales sobresalientes con base en su criterio y bajo cuatro características importantes: color, forma, tamaño y rendimiento.

Además, se realizó una evaluación sensorial mediante los siguientes criterios: color, olor, textura, sabor, tamaño de fruto y grosor de la pulpa. Para el análisis sensorial las accesiones seleccionadas por los agricultores fueron preparados con la siguiente receta: chile desprovisto de semillas (35 g), sal (14 g) y dos vasos de agua (220 ml). En la prueba para eliminar el sabor residual, se utilizó queso de mesa, vino, leche y agua, los cuales fueron consumidos a discreción de los evaluadores después de la degustación de cada accesión.

3.5 Esquema de campo

Se sembraron 200 accesiones de *Capsicum* spp., utilizando 35 plantas por accesión. La posición de las accesiones en el área se determinó aleatoriamente. La unidad de observación estuvo constituida por 10 plantas tomadas al azar de las 35; se identificó aquellas plantas que presentaban características similares en cuanto a color y forma de fruto, para evitar la variación por mezclas producto de los sitios donde fueron colectadas.

3.6 Determinación del contenido nutricional

Debido al costo solo se pudo realizar los análisis químicos de 15 accesiones. La selección de las accesiones se realizó tomando en cuenta la evaluación sensorial realizada en el taller de selección participativa de los materiales. La metodología empleada para el análisis del contenido nutricional (Anexo 3), se llevó a cabo en el Laboratorio del Instituto Tecnológico de Mérida, Yucatán de la ciudad de México donde se determinó el contenido de actividad antioxidante, polifenoles totales, flavonoides y capsaicina.

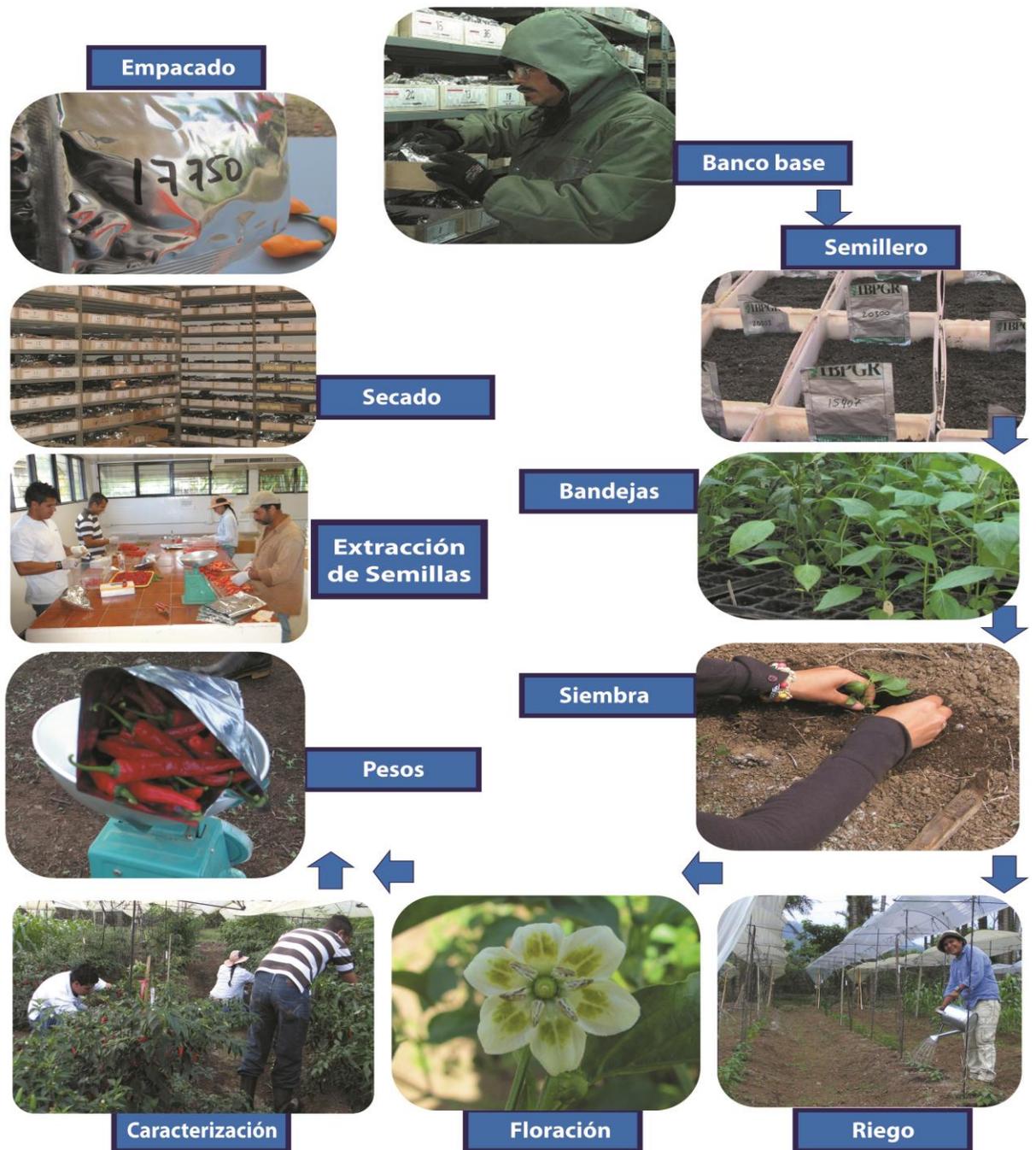


Figura 2. Procesos de caracterización, evaluación e incorporación de semillas de chile (*Capsicum* spp.) al banco de germoplasma.

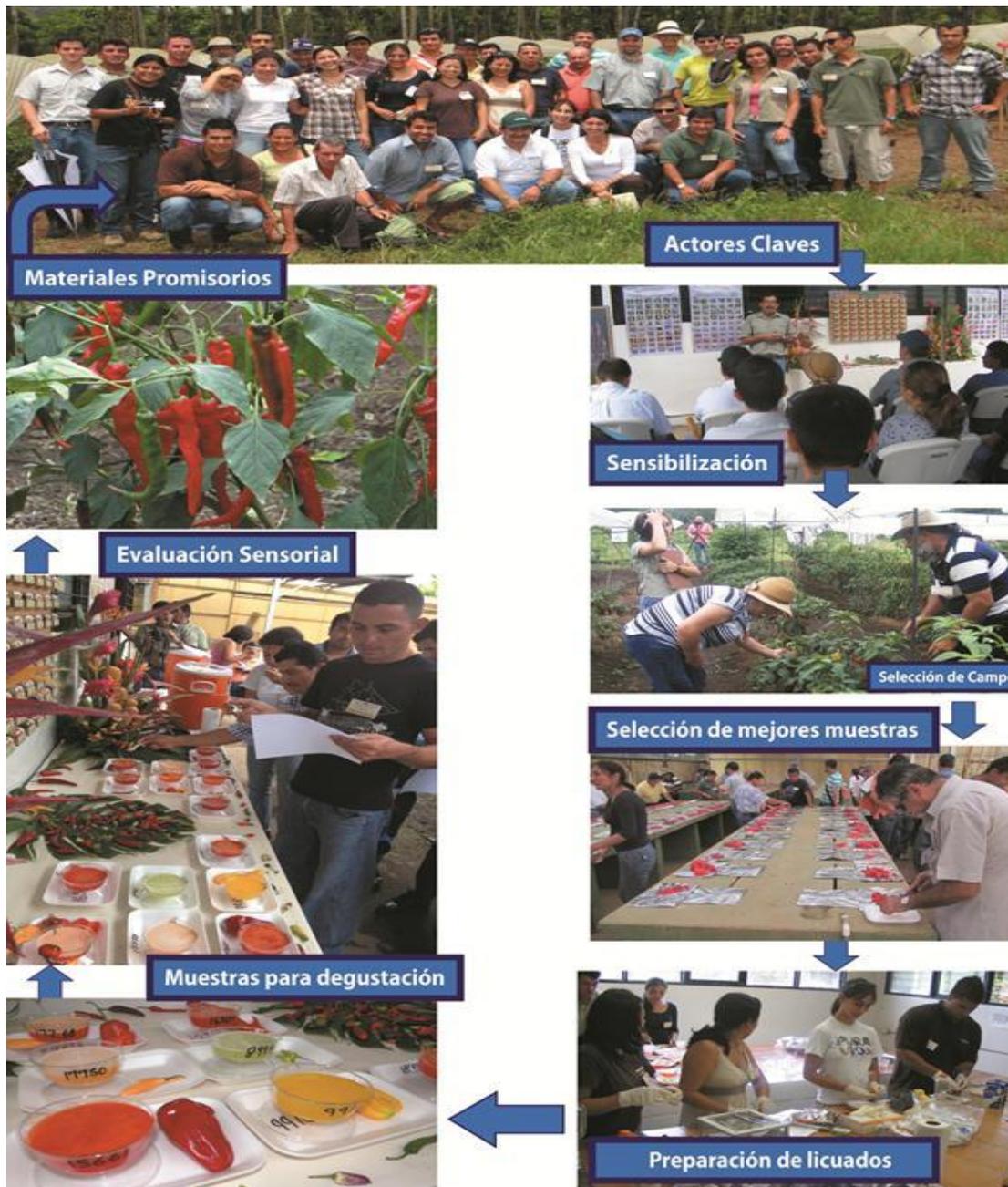


Figura 3. Taller de selección participativa para identificación de materiales promisorios de chile (*Capsicum* spp.) del banco de germoplasma.

3.7 Análisis estadísticos

Los datos obtenidos de la caracterización morfológica se analizaron por medio del programa InfoStat/Profesional versión 2012. Para analizar los descriptores morfológicos cualitativos se realizó a través de un análisis descriptivo por análisis de frecuencia. En el caso

de los descriptores cuantitativos se usaron medidas de resumen como media, coeficiente de variación, valor mínimo, valor máximo.

Las variables consideradas en el estudio fueron 56 descriptores morfológicos el *Capsicum* spp., propuestos por el IPGRI, AVRDC y CATIE (1995), que se dividieron en **cuantitativos** y **cualitativos**. Algunos descriptores no estaban completos en las accesiones en el momento de evaluarlas, por lo que se clasificaron como **completos** o **incompletos**. (esta clasificación es para el uso de los análisis estadísticos).

Una vez valorados los descriptores cualitativos y cuantitativos se elaboró una base de datos clasificando las variables en continuas, discretas, ordinales y nominales. Posteriormente se obtuvo la base de datos resumida considerando el promedio para las 10 unidades experimentales por accesión con las variables continuas, discretas y ordinales, y para las variables nominales, se usó la moda como medida de resumen. Las variables categóricas fueron transformadas a variables binarias (0 y 1) para su posterior análisis.

La agrupación de genotipos según su parecido fenotípico se hizo mediante el análisis de conglomerados con el método de Ward y la distancia Euclídea para los descriptores cuantitativos y cuando se combinaron descriptores cuantitativos y cualitativos se usó una distancia construida a partir de la similaridad de Gower.

Para validar la formación de grupos con descriptores cuantitativos se usó el MANOVA. Para comparar los grupos se usó la técnica de comparación de vectores de medias gDGC multivariada y Hotelling.

Para encontrar los descriptores cualitativos relacionados con los grupos se emplearon tablas de contingencia, usando el estadístico Chi-cuadrado máximo verosímil. Las variables que mostraron asociación significativa en el análisis de tablas de contingencia, fueron analizadas con un análisis de correspondencias múltiples.

Para las variables nutricionales se calcularon los parámetros descriptivos de las variables analizadas (media, desviación estándar y coeficiente de variación). Posteriormente, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para verificar si existen diferencias entre los grupos formados previamente para estas características sensoriales.

4 RESULTADOS

4.1 Análisis descriptivo de la población

Las 200 accesiones consideradas en el estudio permitieron la evaluación de características del tallo, hojas y flores. No obstante, las características del fruto se evaluaron en 192 accesiones; ya que al momento de registrar esta variable el número de accesiones muertas ascendió a cinco debido a condiciones ambientales no favorables. Otras tres accesiones no llegaron a producir frutos a la fecha en que se realizó la caracterización. Esto puede deberse a características propias de estas accesiones, o al tiempo en que se registró los datos aún no llegaban al completo desarrollo de las plantas (accesiones tardías), o bien, que las condiciones agroecológicas del lugar de estudio no eran las apropiadas para el desarrollo óptimo de las accesiones.

El análisis descriptivo de los datos se realizó para el grupo de variables cuantitativas y cualitativas por separado. A su vez, dentro de cada uno de estos grupos, se realizaron análisis para cada uno de los componentes de la planta (tallo, hojas, flor y fruto). Las variables cuantitativas que se evaluaron en la sección del tallo, hojas y flor fueron 11 (Cuadro 6). Las características que presentaron mayor variabilidad fueron la longitud del tallo (CV 52,66), ancho de la hoja (CV 41,00), número de flores por axila (CV 43,83) y la longitud de la hoja (CV 36,70); mientras que las características con menor variabilidad fueron altura de la planta (CV 29,42), ancho del tallo (CV 27,03), días a la floración (CV 27,81) y días a la fructificación (CV 22,85).

Las variables cuantitativas correspondientes al fruto fueron seis, donde las características longitud del pedicelo del fruto (CV 27,46) y peso de 1000 semillas (CV 23,88) fueron las dos características que se expresan en la población con una menor variabilidad. Las características peso del fruto (CV 129,17), espesor de la pared del fruto (CV 60,34), ancho del fruto (CV 53,93) y longitud del fruto (CV 46,62) expresa una mayor variación en la población, debido a que entre las poblaciones en estudio se encontraron frutos de diversos tamaños y por lo tanto presentaron mucha diferenciación en el espesor de la pared del fruto debido a la variabilidad presente en la población (Cuadro 7).

Cuadro 6. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimos y máximos para las características de la planta, tallos, hojas y flores de 200 accesiones de chile (*Capsicum* spp.)

Variab les	Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación	de	Valores mínimos	Valores máximos
Altura de la planta (cm)	66,27	19,50	29,42		27,30	135,00
Ancho de la planta (cm)	62,47	19,40	31,06		22,40	150,00
Relación altura/ancho de la planta (cm)	1,09	0,23	21,42		0,63	2,53
Longitud del tallo (cm)	23,43	12,34	52,66		0,20	60,00
Ancho del tallo (cm)	1,28	0,34	27,03		0,51	2,70
Longitud de la hoja (cm)	9,49	3,48	36,70		2,11	19,30
Ancho de la hoja (cm)	5,05	2,07	41,00		1,36	9,80
Relación longitud/ancho de la hoja (cm)	1,94	0,33	16,74		1,02	3,67
Días a la floración	93,74	26,06	27,81		43,00	199,00
Número de flores por axila	1,44	0,63	43,83		1,00	4,00
Días a la fructificación	118,46	27,07	22,85		61,00	227,00

Cuadro 7. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimos y máximos para las características del fruto de 192 accesiones de chile (*Capsicum* spp.)

Variab les	Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación	de	Valores mínimos	Valores máximos
Longitud del fruto (cm)	4,56	2,13	46,62		0,95	10,70
Ancho del fruto (cm)	1,68	0,90	53,75		0,57	7,20
Peso del fruto	60,75	78,47	129,17		0,60	662,40
Longitud del pedicelo del fruto (cm)	2,71	0,75	27,46		0,70	6,00
Espesor de la pared del fruto (mm)	1,52	0,92	60,34		0,16	7,07
Peso1000 semillas (g)	4,49	1,07	23,88		2,00	6,00

Se registraron 4 variables cualitativas en el tallo y hojas jóvenes con sus diferentes grados de expresión (Cuadro 8). Se destaca el color verde de la hoja cotiledonar presente en 145 accesiones (73%) y el color verde del hipocótilo en 123 accesiones correspondiente al 62%. La pubescencia del hipocótilo predominante en las accesiones es de carácter intermedia y la forma de la hoja cotiledonar en las accesiones mayormente es elongada-deltoide.

La mayoría de las accesiones en estudio corresponden a *C. annuum*, *C. frutescens*, y especies no identificadas.

Cuadro 8. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del tallo y hoja joven para las 200 accesiones de Chile (*Capsicum* spp.)

Característica	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Color del Hipocótilo	1	Blanco	3	2
	2	Morado	74	37
	3	Verde	123	61
Pubescencia del Hipocótilo	1	Densa	10	5
	2	Escasa	84	42
	3	Intermedia	106	53
Color de la hoja Cotiledonar	1	Verde	145	73
	2	Verde claro	38	18
	3	Verde Oscuro	17	9
Forma de la hoja Cotiledonar	1	Elongada-deltaide	100	50
	2	Lanceolada	78	39
	3	Oval	22	11

Las variables cualitativas caracterizadas en el tallo maduro mostraron que la forma del tallo cilíndrico, el color del tallo maduro verde y la pubescencia del tallo escasa, presentaron la mayor frecuencia en la población (Cuadro 9). En el tallo maduro la presencia de antocianina del nudo morado oscuro fue la menos frecuente.

Cuadro 9. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del tallo maduro para las 200 accesiones de chile (*Capsicum* spp.)

Característica	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Color del Tallo	1	Morado	5	2
	2	Verde	186	93
	3	Verde con rayas púrpura	9	5
Antocianina del nudo	1	Morado claro	46	22
	2	Morado	79	40
	3	Morado oscuro	1	1
	4	Verde	74	37
Forma del tallo	1	Angular	2	1
	2	Cilíndrico	198	99
Pubescencia del tallo	1	Densa	16	8
	2	Escasa	148	74
	3	Intermedia	36	18

Las características cualitativas del tallo más frecuentes fueron el hábito de crecimiento de la planta erecta (Figura. 4) y macollamiento denso. La densidad de ramificación escasa es poco frecuente en las diferentes accesiones. Las características cualitativas de la hoja madura más frecuentes fueron, pubescencia de la hoja escasa, presente en 178 accesiones (89%), color verde de la hoja presente en 166 accesiones (83%), y la densidad de la hoja en su carácter densa en 162 accesiones (81%) de la población. Mientras que el margen de la lámina foliar el carácter entera se presentó en el 72% de la población, y la forma oval de la hoja es la más frecuente en la población (71%) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del tallo y la hoja madura para las 200 accesiones de Chile (*Capsicum* spp.)

Característica	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Hábito de crecimiento de la planta	1	Erecta	92	46
	2	Intermedia (compacta)	90	45
	3	Postrada	18	9
Densidad de ramificación	1	Densa	156	78
	2	Escasa	6	3
	3	Intermedia	38	19
Macollamiento	1	Densa	128	64
	2	Escasa	27	14
	3	Intermedia	45	23
Densidad de hoja	1	Densa	162	81
	2	Escasa	6	3
	3	Intermedia	32	16
Color de la hoja	1	Verde	166	83
	2	Verde claro	18	9
	4	Verde Oscuro	16	8
Forma de la hoja	1	Deltoide	18	9
	2	Lanceolada	41	20
	3	Oval	141	71
Margen de la lámina foliar	1	Entera	144	72
	2	Ondulada	56	28
Pubescencia de la hoja	1	Densa	5	3
	2	Escasa	178	89
	3	Intermedia	17	8

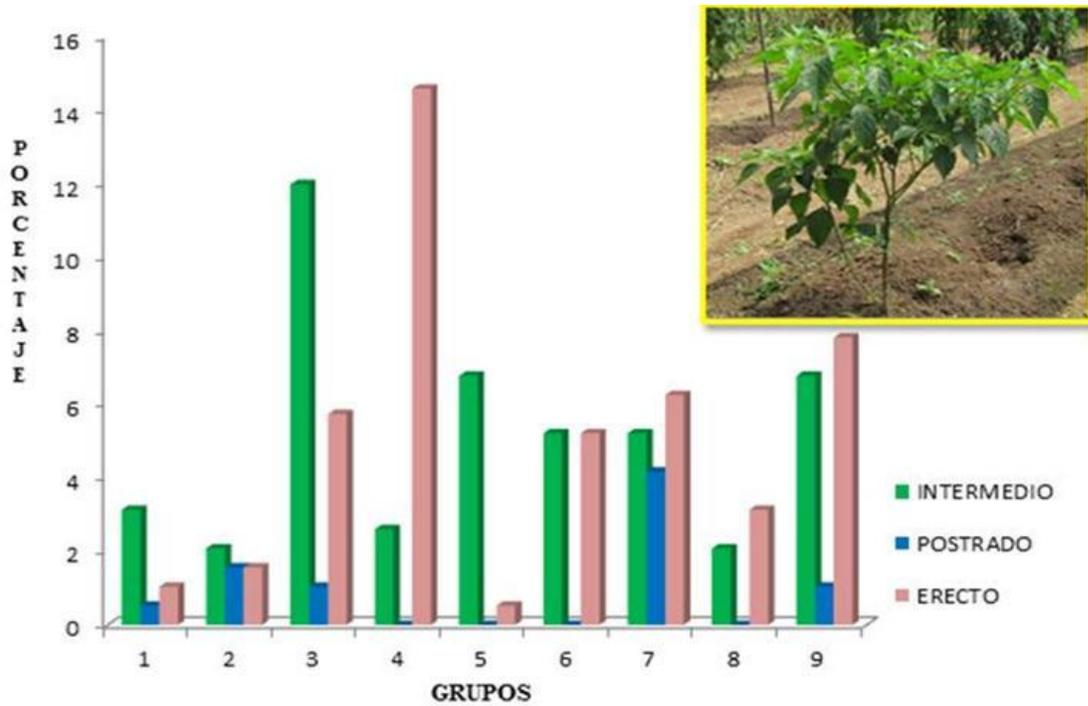


Figura 4. Habito de crecimiento de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.).

Las características cualitativas evaluadas en la flor mostraron el color de la mancha de la corola ausente (Figura 5) y el color de la corola blanco (Figura 6), se presentan con mayor frecuencia. La posición de la flor en el carácter intermedio (Figura 7) y el color amarillo de las anteras (Figura 8) es poco frecuente en la población (Cuadro 11).

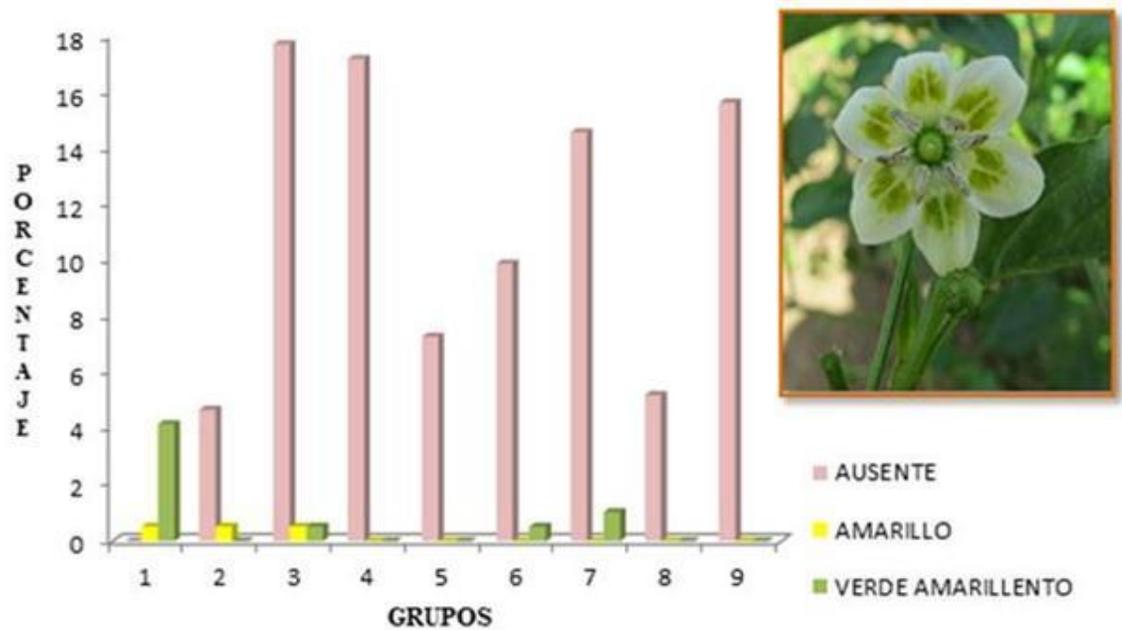


Figura 5. Color de la mancha de la corola de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.).

Cuadro 11. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de la flor para las 200 accesiones de chile (*Capsicum* spp.)

Característica	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Posición de la flor	1	Erecta	87	44
	2	Intermedia	28	13
	3	Pendiente	85	43
Color de la corola	1	Amarillo	17	9
	2	Amarillo claro	14	7
	3	Amarillo verdoso	72	35
	4	Blanco	95	48
	5	Morado	2	1
Color de la mancha de la corola	1	Amarillo	3	2
	2	Ausente	185	93
	3	Verde amarillento	12	5
Color de las anteras	1	Amarillo	12	5
	2	Azul	69	35
	3	Azul pálido	94	47
	4	Morado	25	13

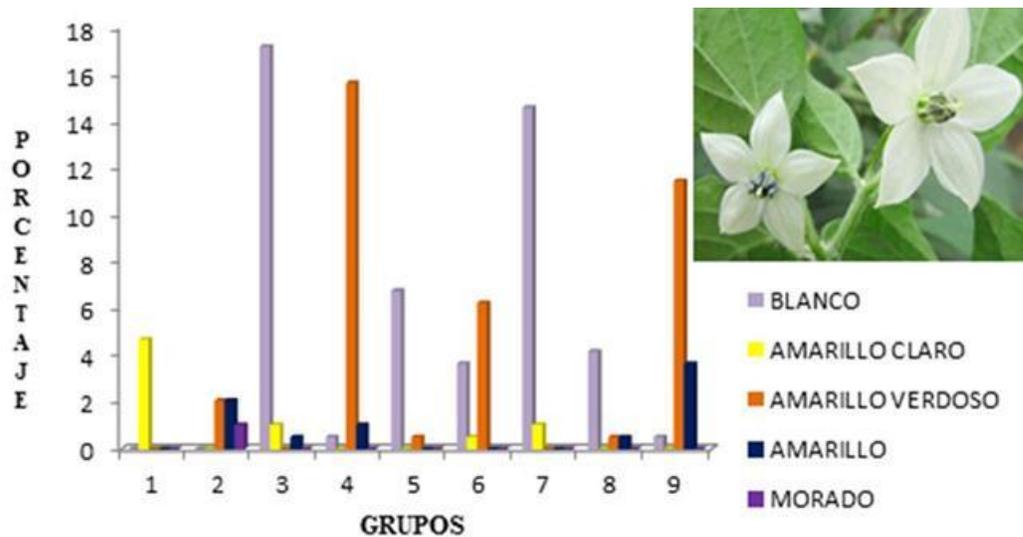


Figura 6. Color de la corola de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.).

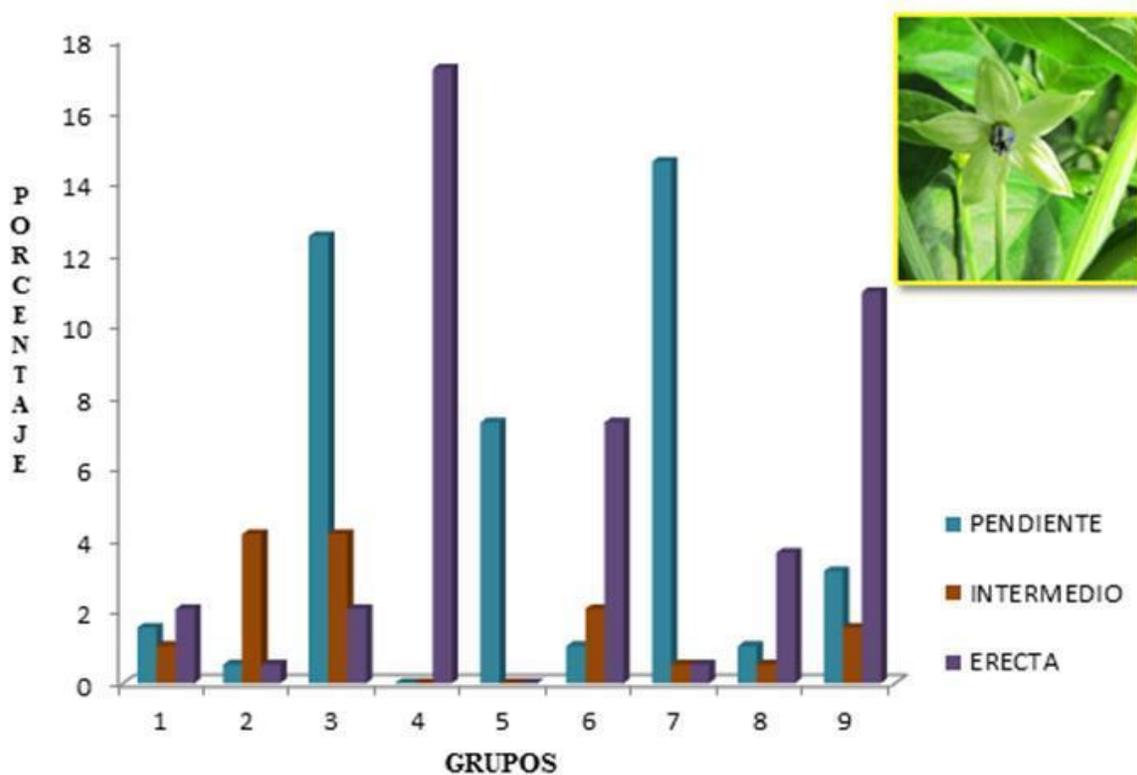


Figura 7. Posición de la flor de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.).

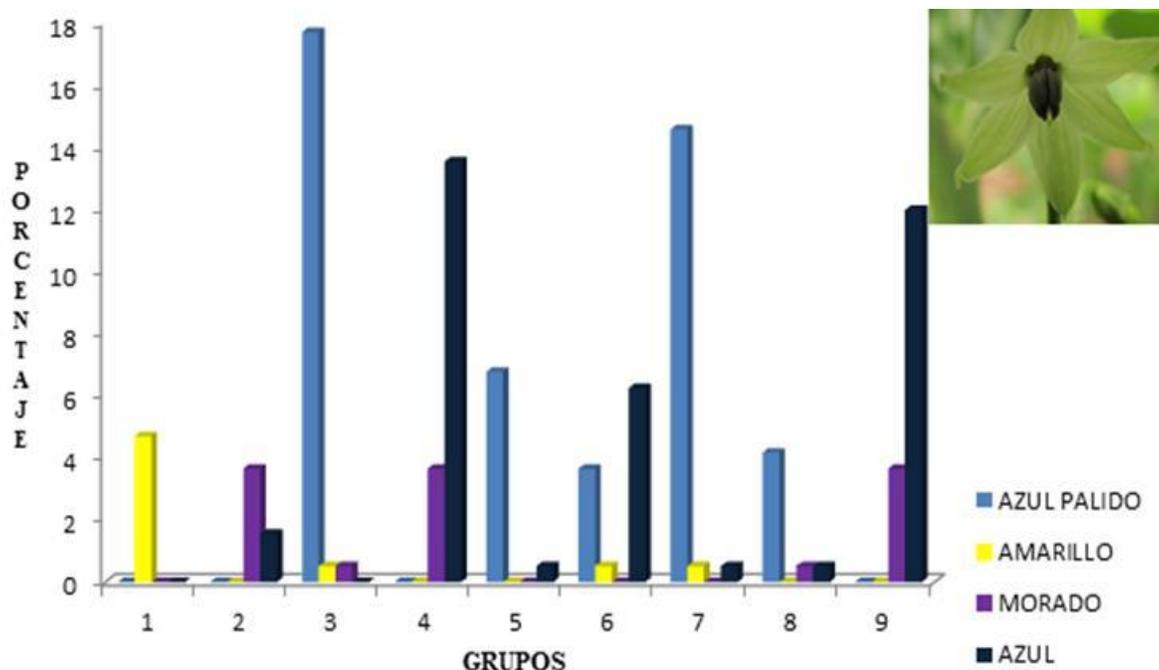


Figura 8. Color de las anteras de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.).

Las características cualitativas evaluadas en el fruto en estado intermedio mostraron que el color del fruto verde se presenta con mayor frecuencia (Figura 9). La presencia de manchas o rayas antocianinicas en frutos inmaduros (Figura 10) se observó con poca frecuencia (Cuadro 12).

Cuadro 12. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del fruto en estado intermedio y maduro para las 200 accesiones de chile (*Capsicum* spp.)

Característica	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Manchas o rayas antocianínicas en frutos inmaduros	1	Ausente	160	80
	2	Presente	40	20
Color de fruto en estado intermedio	1	Amarillo	48	24
	2	Anaranjado	9	5
	3	Morado	7	3
	4	Morado Oscuro	2	1
	5	Verde	134	67

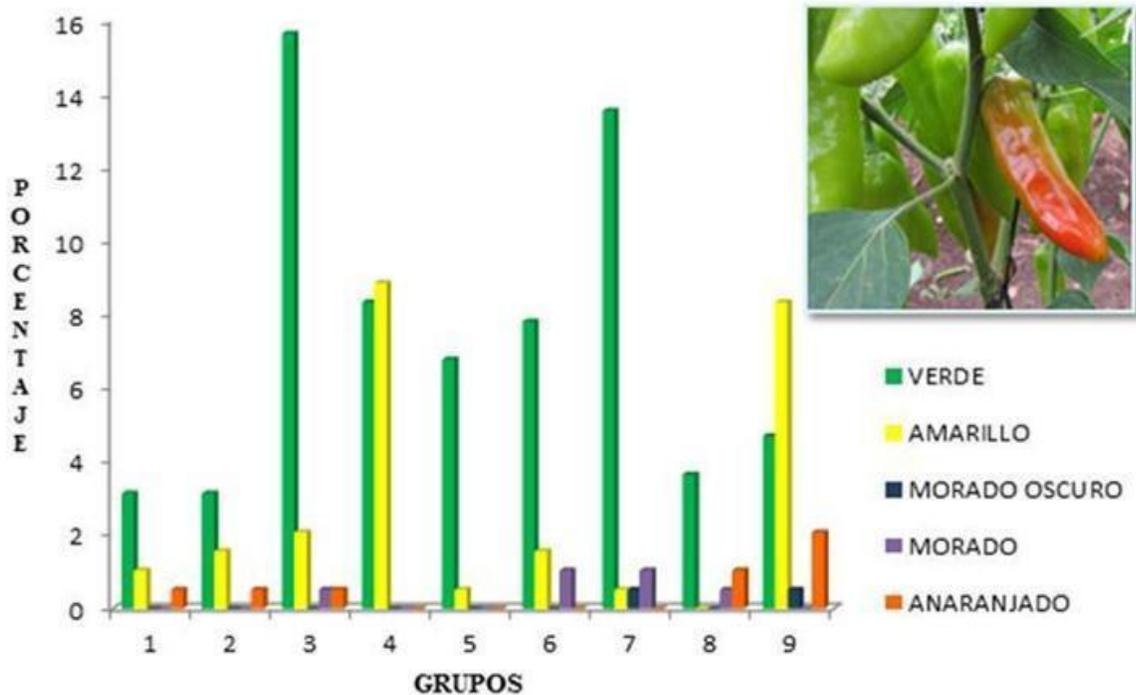


Figura 9. Color del fruto en estado intermedio de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.) del banco de germoplasma.



Figura 10. Manchas o rayas antocianinicas del fruto de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.) del banco de germoplasma.

Las características cualitativas evaluadas en la semilla mostraron que el color amarillo claro de la semilla (Figura 11), superficie lisa de la semilla y el número de semillas por fruto entre 20 y 50 semillas se presentan con mayor frecuencia. De igual modo, las accesiones con tamaño de semilla grande también se presentaron en mayor número (Cuadro 13).

Cuadro 13. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de la semilla para las 192 accesiones de chile (*Capsicum* spp.)

Característica	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Color de la semilla	1	Amarillo claro	190	98
	2	Amarillo Oscuro	1	1
	3	Negra	1	1
Superficie de la semilla	1	Áspera	2	1
	2	Lisa	183	95
	3	Rugosa	7	4
Tamaño de la semilla	1	Grande	128	67
	2	Pequeña	64	33
Clasificación número de semillas por fruto	1	Grande	68	35
	2	Pequeña	1	1
	3	Mediana	123	64

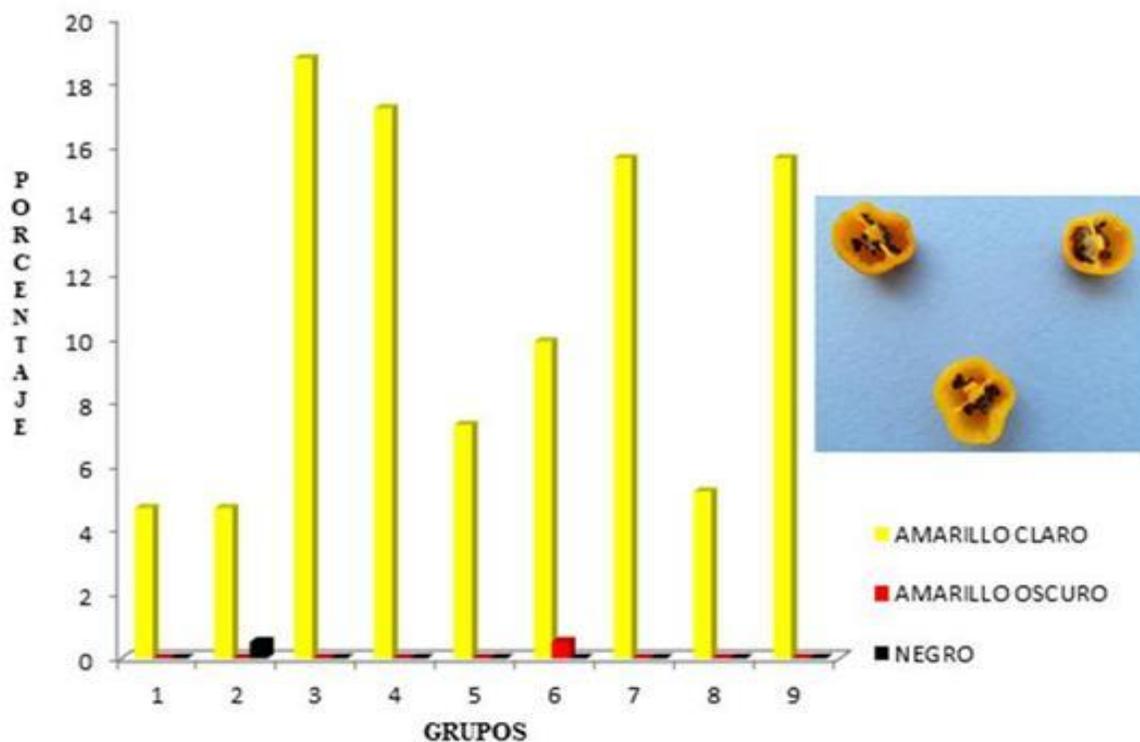


Figura 11. Color de las semilla de las accesiones de chile (*Capsicum spp.*) del banco de germoplasma.

Las características cualitativas evaluadas en el fruto en estado maduro mostraron que el color rojo del fruto se presenta con mayor frecuencia (Figura 12), de igual manera la forma del fruto más frecuente fue la triangular seguida por la elongada (Figura 13). La mayoría de los frutos presentó cuello en su base; la forma del ápice del fruto puntiagudo fue la predominante (Figura 14); la presencia de apéndice en el fruto y vestigio de la floración fue baja. La longitud de la placenta mayor a 1/2 de la longitud del fruto fue la más dominante (Figura 15). La mayor parte de los frutos tenían pedicelo persistente tanto en el fruto como en el tallo (Figura 16). La forma del fruto en la unión con el pedicelo lobulado, arrugamiento transversal del fruto muy corrugado, tipo de epidermis del fruto rugosa (Figura 17), fue poco frecuente en la población (Cuadro 14).

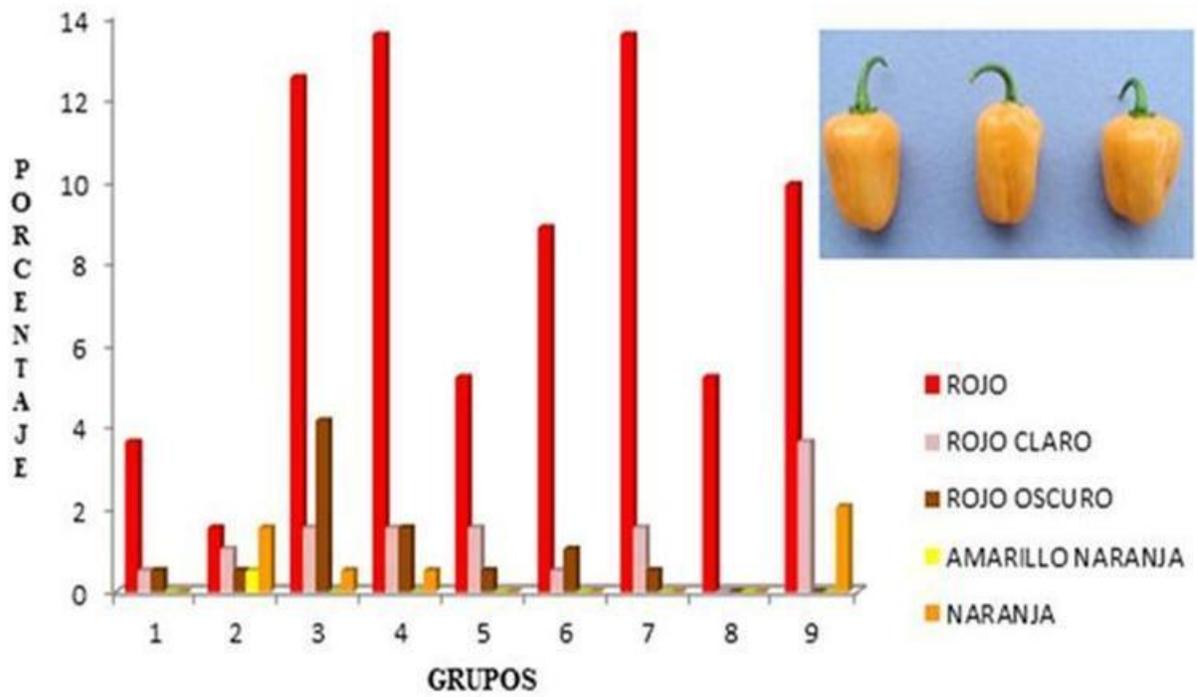


Figura 12. Color de los frutos en estado maduro de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.) del banco de germoplasma.

Cuadro 14. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de la forma del fruto para las 192 accesiones de Chile (*Capsicum* spp.)

Característica	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Color del fruto en estado maduro	1	Amarillo-Naranja	1	1
	2	Naranja	9	5
	3	Rojo	142	74
	4	Rojo claro	23	11
	5	Rojo oscuro	17	9
Forma del fruto	1	Acampanulado	5	3
	2	Acampanulado y en bloque	13	7
	3	Casi redondo	8	4
	4	Elongado	66	34
	5	Triangular	100	52
Forma del fruto en la unión con el pedicelo	1	Agudo	45	23
	2	Cordado	11	6
	3	Lobulado	10	5
	4	Obtuso	73	38
	5	Truncado	53	28
Cuello en la base del fruto	1	Ausente	22	11
	2	Presente	170	89
Forma del ápice del fruto	1	Hundido y puntiagudo	32	17
	2	Hundido	14	7
	3	Puntiagudo	121	63
	4	Romo	25	13
Apéndice en el fruto, vestigio de la floración	1	Ausente	147	77
	2	Presente	45	23
Arrugamiento transversal del fruto	1	Intermedio	92	48
	2	Levemente corrugado	77	40
	3	Muy corrugado	23	12
Tipo de epidermis del fruto	1	Lisa	93	48
	2	Rugosa	21	11
	3	Semirrugosa	78	41
Persistencia del pedicelo con el fruto	1	Intermedio	57	30
	2	Fácil (leve)	8	4
	3	Persistente	124	66
Persistencia del pedicelo con el tallo	1	Intermedio	73	38
	2	Fácil (leve)	16	8
	3	Persistente	103	54
Longitud de la placenta	1	1/4-1/2 longitud del fruto	21	11
	2	<1/4 longitud del fruto	7	4
	3	>1/2 longitud del fruto	164	85

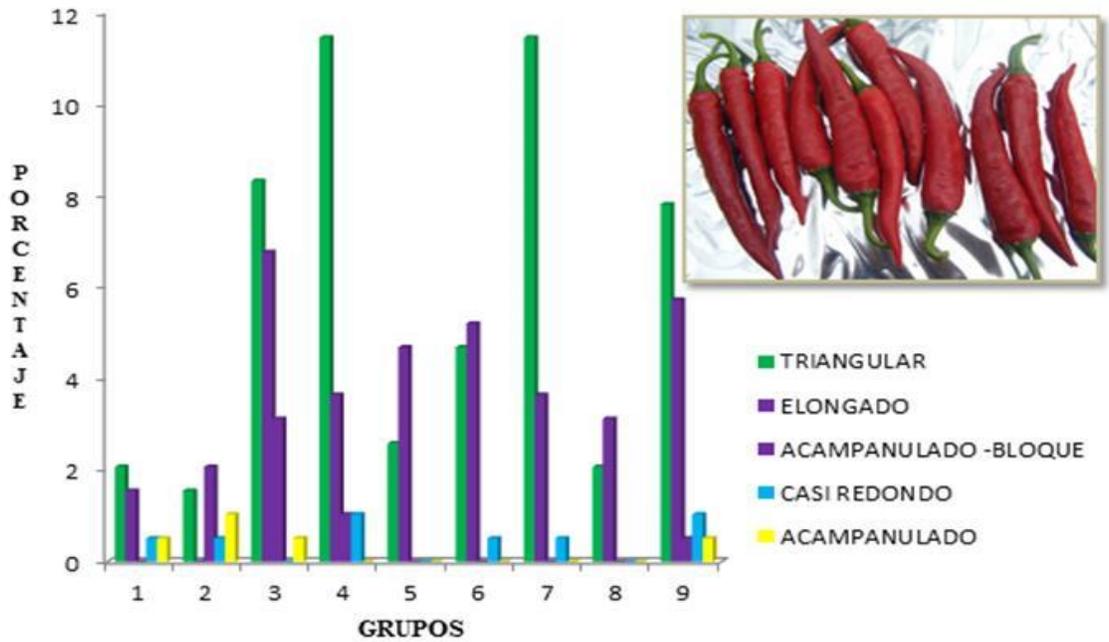


Figura 13. Forma de los frutos de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.) del banco de germoplasma.

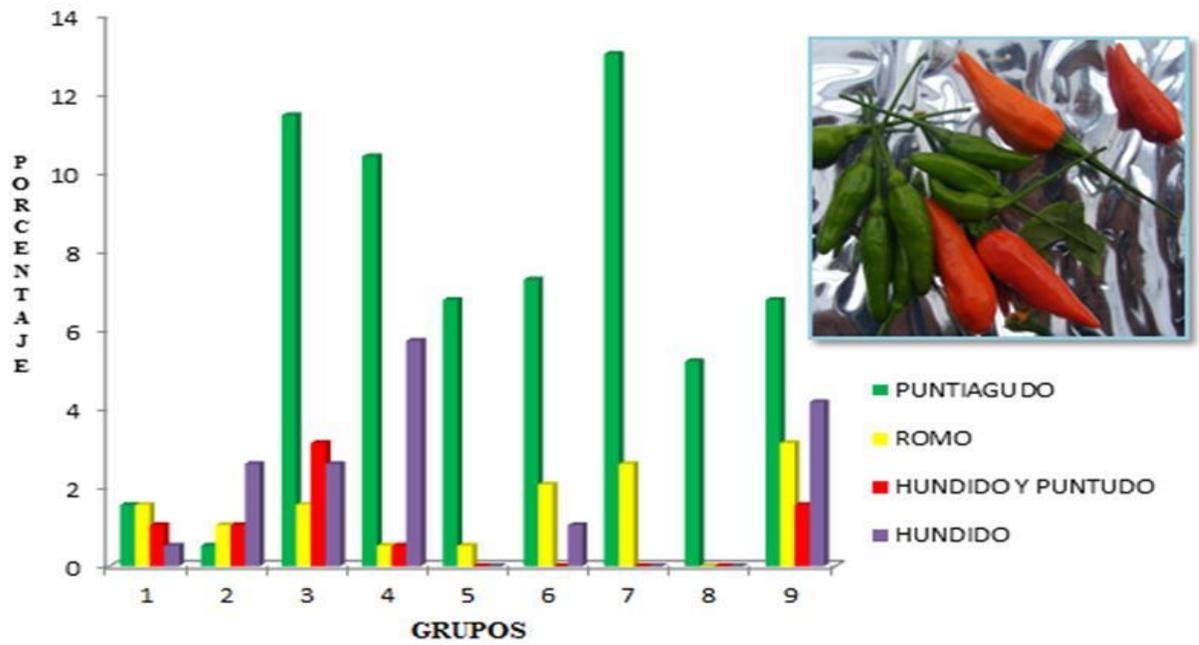


Figura 14. Forma del ápice del fruto de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.) del banco de germoplasma.

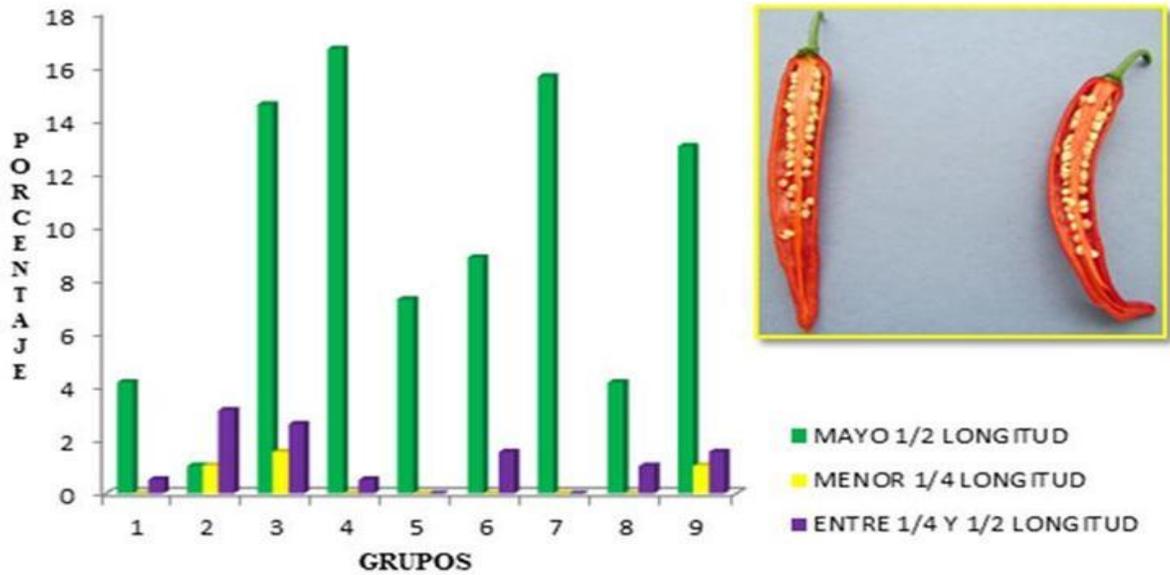


Figura 15. Longitud de la placenta de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.) del banco de germoplasma.

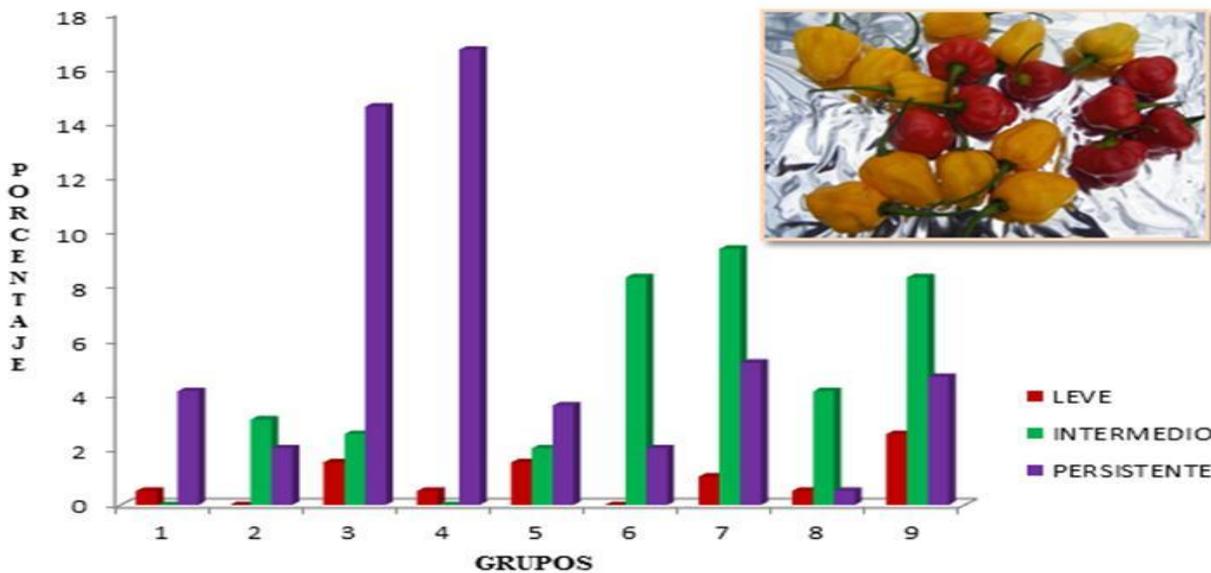


Figura 16. Persistencia del pedicelo con el tallo de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.) del banco de germoplasma.

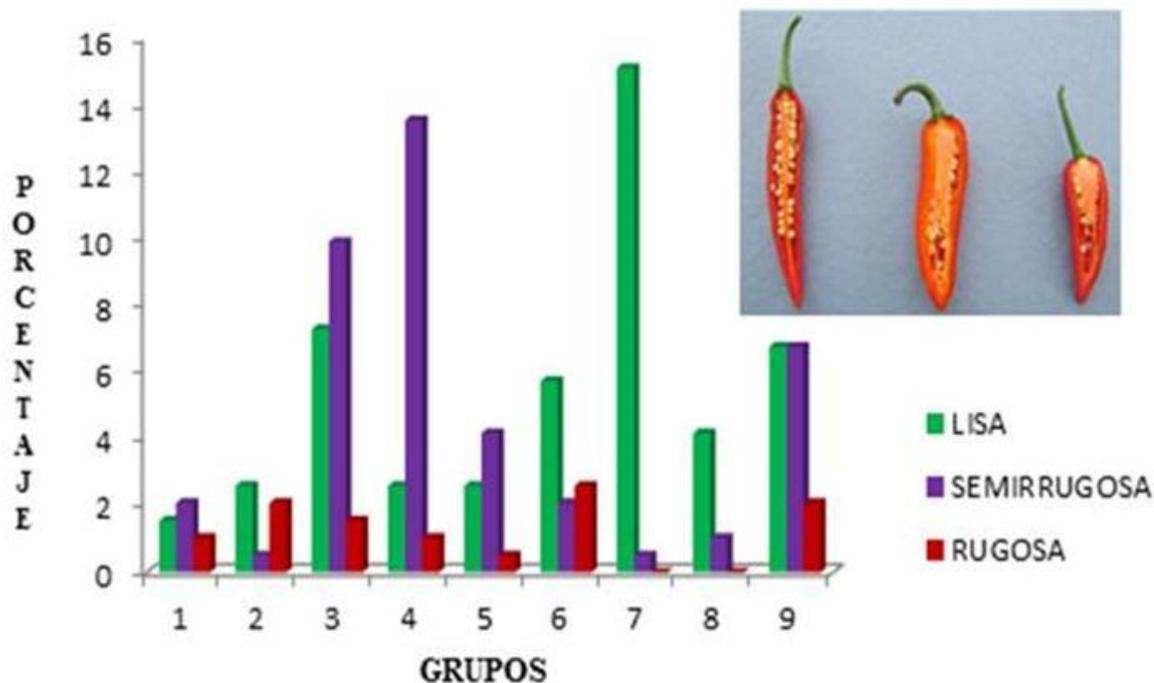


Figura 17. Tipo de epidermis del fruto de las accesiones de chile (*Capsicum spp.*) del banco de germoplasma.

En la evaluación de la característica del sabor del chile se determinó que en el 95% de la población el sabor del chile es picante. Esta determinación es subjetiva ya que fue evaluada acorde a las reacciones de picor que producían al momento de extraer la semilla (Cuadro 15 y Figura 18).

Cuadro 15. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del sabor de chile para las 192 accesiones de chile (*Capsicum spp.*)

Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1	Dulce	9	0,05
2	Picante	183	0,95

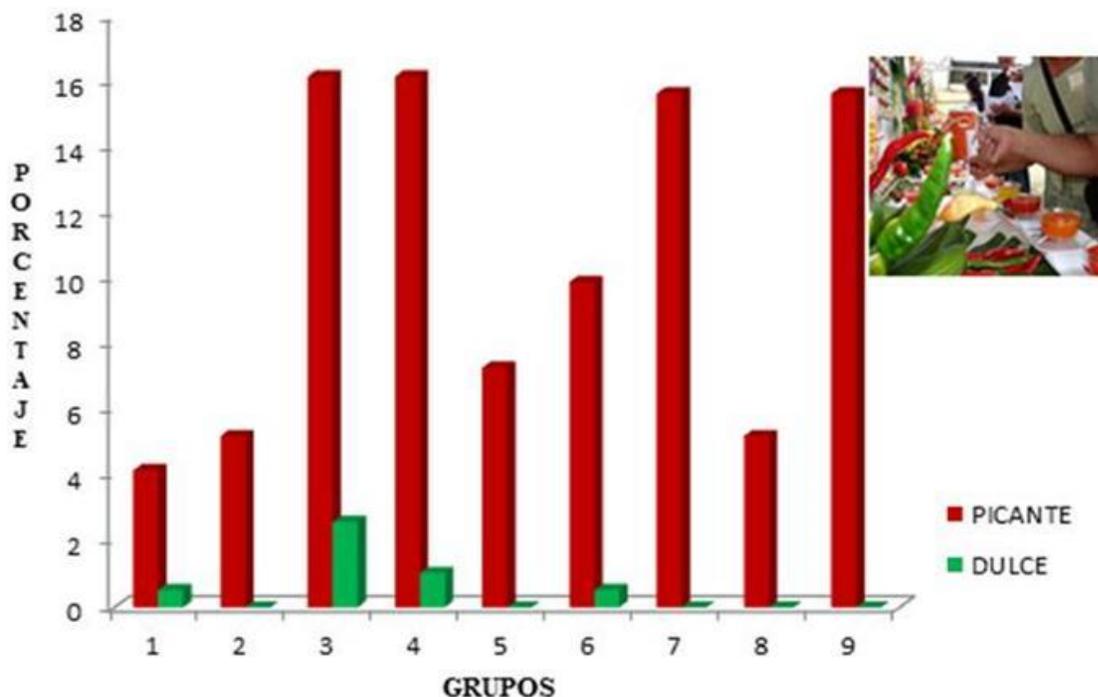


Figura 18. Sabor de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.) del banco de germoplasma.

De manera general las accesiones evaluadas no fueron susceptibles al estrés biótico, encontrándose muy pocos signos visibles de incidencia en los materiales evaluados. En dichos materiales, 13 accesiones (0,07%) presentaron una incidencia muy alta de enfermedades causadas especialmente por enfermedades, hongos y bacterias como *Phytophthora capsici* L., sus síntomas se presentaron con una marchitez leve de la planta y en 4 a 5 días se marchito completamente y en el cuello del tallo se observó un necrosamiento muy marcado, además se presentó el hongo cenicilla (*Leveillula taurica* Lev.), atacando principalmente el envés de las hojas, con pequeñas manchas de color blanco de apariencia polvosa, también se registró enfermedades como *Erwinia carotovora*, *Ralstonia solanacearum*, *Rhizoctonia solani*, la plaga que ataco a los frutos principalmente se registró al picudo (*Cactophagus spinolae* Gyll). (Cuadro 16 y Figura 19).

Cuadro 16. Tablas de frecuencia para la característica cualitativas susceptibilidad al estrés biológico para las 200 accesiones de chile (*Capsicum* spp.)

Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1	Alta	22	0,11
2	Baja	59	0,30
3	Intermedia	15	0,08
4	Muy alta	13	0,07
5	Muy baja o sin signos visibles de incidencia	91	0,46

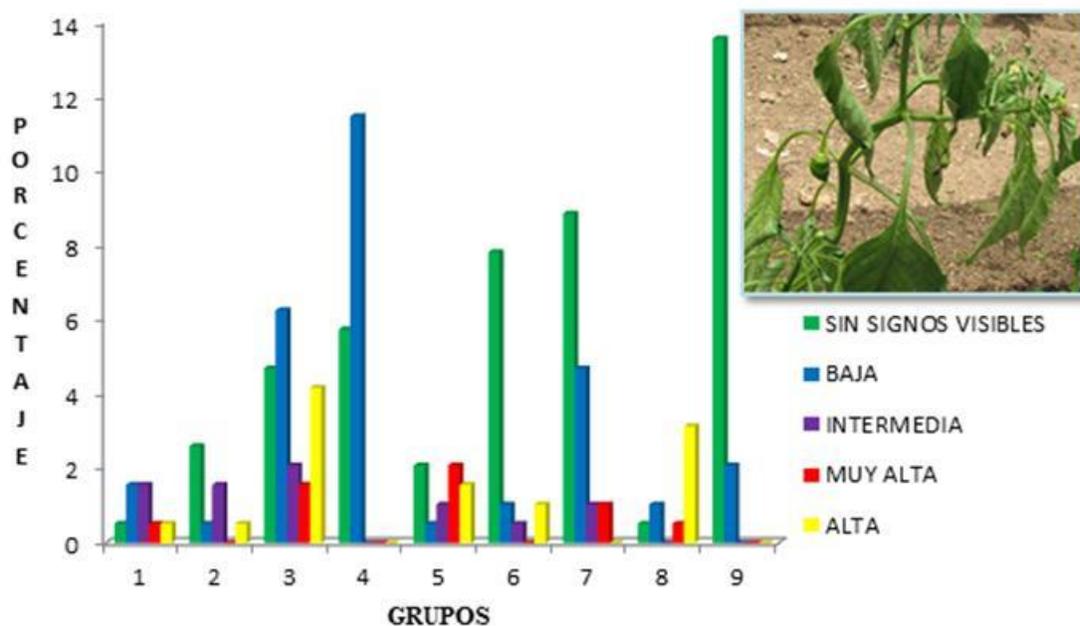


Figura 19. Aspecto del cultivo con marchitez de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.) del banco de germoplasma.

4.2 Análisis estadístico inferencial de los datos de la población *Capsicum* spp.

4.2.1 Agrupación de las accesiones en función de las variables cuantitativas

La base de datos de descriptores cuantitativos completos estuvo constituida por 17 descriptores (Cuadro 5). En el análisis estadístico de conglomerado jerárquico de las

accesiones de *Capsicum* spp., usando las variables cuantitativas completas (método de Ward y distancia Euclídea) se identificaron diferencias significativas con hasta 12 grupos de accesiones similares. La significancia ($p < 0.0001$) se obtuvo por medio de un análisis multivariado para los 12 grupos y las diferencias entre vectores medios se obtuvo mediante la prueba de comparación de Hotelling corregida por Bonferroni. Posteriormente, la prueba gDGC multivariada (Valdano y Di Rienzo 2007) utilizada con los 12 grupos, mostró diferencias entre 9 agrupamientos jerárquicos. Debido a que este método de separación está basado en conglomerados, y que produce una partición (Di Rienzo et ál. 2002) se decidió usar este número de grupos para la presentación de resultados.

El análisis gDGC se utilizó para asegurar que estos descriptores cuantitativos tenían la capacidad de formar grupos estadísticamente diferentes. Lo anterior debido a que para las variables cualitativas no hay disponible una prueba para la separación de todos los grupos. Posteriormente por medio de la combinación de variables cuantitativas y cualitativas, se tuvo la certeza de que se definieron 9 grupos ellos son estadísticamente significativos.

4.2.2 Análisis combinado de las variables cualitativas y cuantitativas

El dendrograma construido con el análisis de conglomerados jerárquico de las variables cualitativas y cuantitativas, usando el método de Ward y la distancia obtenida a partir del coeficiente de similaridad de Gower, a partir de los 9 grupos predeterminados por el análisis de gDGC para los descriptores cuantitativos mostró la formación de esos nueve grupos (Figura 20).

El resultado del agrupamiento de las accesiones obtenido con el método de Ward y la distancia obtenida a partir del coeficiente de similaridad de Gower, permitió identificar la estructura taxonómica donde se puede ver la relación entre los grupos formados en cada agrupamiento, es decir, *C. annuum* (grupos 7, 8, 5 y 3), *C. frutescens* (grupos 9, 6, 4 y 2) sin embargo dentro de estos grupos están presentes accesiones de *C. chinense* y *C. pubescens* y el grupo 1 formado por especies de *C. baccatum*. (Cuadro 17). El Grupo 3 contiene el mayor número de accesiones (36); mientras que el Grupo 1 está compuesto por 9 accesiones. Los grupos con mayor similitud por las variables cualitativas y cuantitativas son el Grupo 1 con el Grupo 2. Se puede señalar que algunos grupos son muy similares a los agrupamientos formados en el dendrograma de variables cualitativas completas (dendrograma no mostrado).

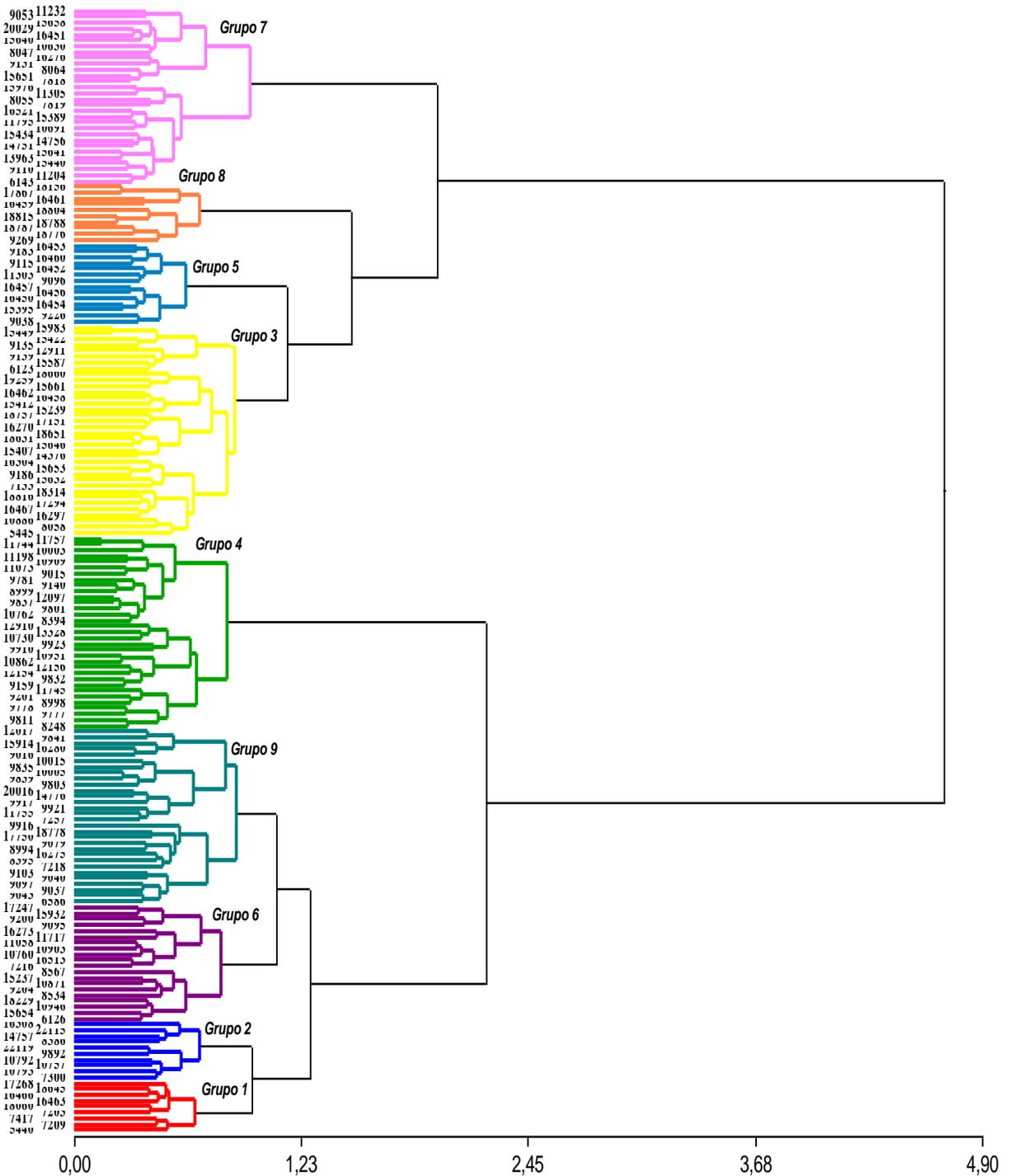


Figura 20. Dendrograma obtenido por análisis de conglomerados jerárquico (método de Ward, distancia obtenida a partir de la similitud de Gower) de las variables cuantitativas completas caracterizadas en 192 accesiones de Chile (*Capsicum* spp.).

Cuadro 17. Distribución de las accesiones por grupo, según el análisis de conglomerados jerárquico (método de Ward, distancia obtenida a partir de la similitud de Gower)

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 5	GRUPO 6	GRUPO 7	GRUPO 8	GRUPO 9
<i>C.</i>	<i>C.</i>	<i>C.</i>	<i>C.</i>	<i>C.</i>	<i>C.</i>	<i>C.</i>	<i>C.</i>	<i>C.</i>
<i>baccatum</i>	<i>frutescens</i>	<i>annuum</i>	<i>frutescens</i>	<i>annuum</i>	<i>frutescens</i>	<i>annuum</i>	<i>annuum</i>	<i>frutescens</i>
7203	7300	6123	8248	9038	8534	6143	16459	9040
7209	9892	7133	8394	9226	9204	7818	16461	9103
7417	10757	8058	8998	11303	10760	7819	9269	11755
17268	10792	9135	8999	15395	10903	8047	17867	14776
18645	8386	9139	9015	16450	11058	8055	18156	16280
16463	10793	9186	9140	16452	11717	8064	18776	20016
16466	22115	12911	9159	16454	7216	9053	18788	7218
18060	14757	15412	9201	16456	9095	9110	18787	9079
	22119	15422	9777	16457	6126	9131	18804	10015
	16308	15449	9778	16460	9200	10630	18815	9921
		15587	9781	9115	15654	10691		9917
		15661	9801	9096	8567	11204		10005
		16458	9811	16453	10946	11232		9803
		16462	9832	9183	15237	11795		9916
		17294	9837		16273	14756		9835
		18660	9910		18229	15389		9839
		14376	9923		15932	15434		7257
		15239	10003		16513			9043
		15632	10730		10871			6586
		10886	10762		17247			9037
		18757	10862					9097
		17151	10909					8994
		19259	10951					8395
		16270	11073					16275
		15646	11198					17750
		15407	11744					9016
		18651	11745					9841
		18631	11757					12017
		16297	12097					15914
		15653	12154					18778
		16467	12156					
		15983	12910					
		5445	12910					
		18816	13328					
		16304						
		18314						

A continuación se presenta la descripción de los grupos formados usando todos los descriptores (*i.e.* cuantitativos y cualitativos). En primer lugar se caracterizará a los grupos por las variables cuantitativas y posteriormente por las cualitativas.

4.2.3 Distribución de las características cuantitativas por grupos

Las estadísticas descriptivas (promedio y coeficiente de variación) de los descriptores cuantitativos (Cuadro 18 y 19) se utilizaron para tipificar a los diferentes grupos formados.

La variable altura de la planta está formada por dos subgrupos: el subgrupo uno representan los mayores rangos de altura (78,24 y 68,01 cm); y el segundo subgrupo con rango entre 56,33 y 49,81 cm de altura. Para temas de manejo agronómico se podría usar accesiones de altura de tamaño medio correspondientes al segundo subgrupo



Figura 21. Altura de planta subgrupo 2 (B) y altura de planta subgrupo 1 (A), de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.).

La variable ancho de la planta está distribuida en tres subgrupos: el primer subgrupo lo integran las accesiones con un rango entre 82,37 y 75,45 cm; el segundo subgrupo presentan un diámetro medio de copa entre 67,12 y 52,49 cm y el tercer subgrupo tienen un diámetro de copa mucho menor de 42,21. Tomando en consideración la disponibilidad de área de terreno de los productores, éstos podrían usar accesiones de diámetros de copa menor a 50 cm para evitar el cruce de ramas que ocurre con las accesiones de diámetro de copa mayor a 60 cm ya que utilizan distancias de siembra de chile generalmente de 50 × 50 cm. Las distancias de siembra menores a 50 cm produce un entrecruce de ramas provocando una competencia por

espacio en la floración y desarrollo de frutos. Además se podría ver incrementado la incidencia de plagas y enfermedades debido a la alta humedad y mayor contacto entre ramas

La variable relación altura/ancho de la planta está distribuida en dos subgrupos, el grupo 8 con una media de 1,30 cm y el segundo subgrupo con un rango entre 1,20 y 0,94 cm.

La variable longitud del tallo está distribuida en tres subgrupos: el subgrupo uno con una media de 32,91 cm característica especialmente de las accesiones de hábito de crecimiento erecto, el segundo subgrupo presentan un rango entre 28,61 y 20,25 cm característica típica de las accesiones de hábito de crecimiento intermedia o compacta, y el tercer subgrupo presentan una longitud de tallo promedio de 6,61 cm característica especialmente de las accesiones de hábito de crecimiento postrado.

La variable ancho del tallo está distribuida en tres subgrupos: el subgrupo uno presentan un rango entre 1,54 y 1,21 cm; el segundo subgrupo compuesto con una media de 1,10 cm y el tercer subgrupo compuesto una media de 0,86 cm.

La variable longitud de la hoja está distribuida en cinco subgrupos: el subgrupo uno está compuesto por una media de 13,58 cm, el segundo subgrupo presenta un rango entre 11,17 y 10,65 cm; el tercer subgrupo presentan una longitud entre 9,59 y 8,69 cm, el cuarto subgrupo presentan un rango entre 7,42 y 7,06 cm y el quinto subgrupo presenta una media de 5,22 cm. Es importante tomar en consideración la longitud de la hoja ya que esta característica favorece el proceso fotosintético de las plantas permitiendo un mayor aprovechamiento de asimilación de los nutrientes.

La variable ancho de la hoja está distribuida en cuatro subgrupos: el primer subgrupo con un rango entre 7,03 y 6,10 cm, el segundo subgrupo con un rango entre 5,36 y 4,92 cm, el tercer subgrupo con un rango entre 3,82 y 3,34 cm y el cuarto subgrupo con un promedio de 2,41 cm.

La variable relación longitud ancho de la hoja está distribuida en dos subgrupos: el primer subgrupo con un rango entre 2,20 y 2,14 cm, el segundo subgrupo con un rango entre 1,96 y 1,71 cm.

La variable días a la floración está distribuida en tres subgrupos: el subgrupo uno con un rango entre 114,94 y 105,50 días representado especialmente a las accesiones tardías, el

subgrupo dos con un rango entre 94,20 y 78,86 días, el tercer subgrupo con una media 67,44 días representado especialmente por las accesiones más precoces.

La variable número de flores por axila está distribuida en dos subgrupos: el subgrupo uno con un rango entre 1,91 y 1,50 flores por axila, el subgrupo dos con un rango entre 1,22 y 1,07 flores por axila. El número de flores es una característica que diferencia a las especies de *Capsicum* spp., la especie *C. annuum* se caracteriza por tener una flor por axila, mientras que la especie *C. frutescens* se caracteriza por tener más de 2 flores por axila.

La variable días a la fructificación está distribuida en tres subgrupos: el primer subgrupo con una media de 145 días corresponde especialmente a las accesiones tardías, el segundo subgrupo con un rango entre 134,80 y 121,00 días, el tercer subgrupo con un rango entre 113,17 y 96,78 días. En este subgrupo están las accesiones más precoces tomando en consideración el número de días a la fructificación, por lo que es importante tomar en consideración accesiones que inicien de manera temprana con su ciclo de producción.

La variable longitud del fruto está distribuida en tres subgrupos: el primer subgrupo con un rango entre 6,60 y 6,37 cm, el segundo subgrupo con un rango entre 4,98 y 4,37 cm. El tercer subgrupo con un rango entre 3,37 y 2,91 cm de largo.

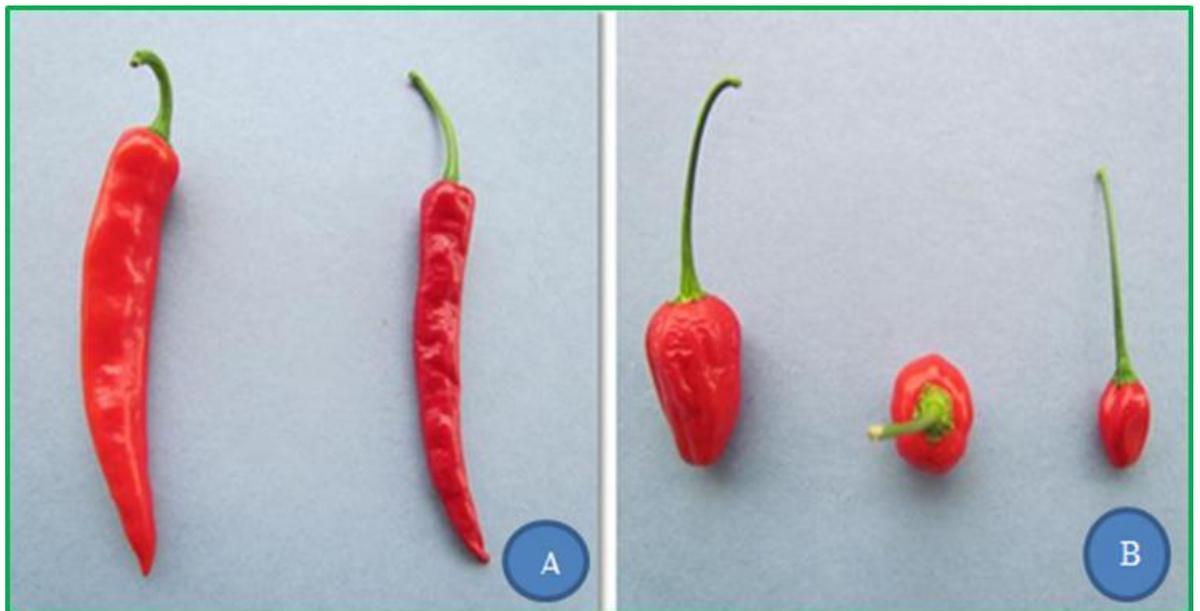


Figura 22. Longitud del fruto del primer subgrupo (A) y longitud del fruto del segundo subgrupo (B) de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.).

La variable ancho del fruto está distribuida en dos subgrupos: el subgrupo 1 con un rango entre 2,58 y 2,17 cm y el segundo subgrupo con un rango entre 1, 15 y 1, 21 cm.

La variable peso del fruto está formado por dos subgrupos: el subgrupo 1 con un rango entre 118,06 y 101, 00 g, el segundo subgrupo con un rango entre 72,45 y 28,21 g.

La variable longitud del pedicelo del fruto está distribuida en cuatro subgrupos: el subgrupo uno con una media de 3,50 cm, el subgrupo dos con un rango entre 3,11 y 2,60 cm, el subgrupo tres con un rango entre 2,33 y 2,32 cm y el subgrupo cuarto con una media de 1,71 cm.

La variable espesor de la pared del fruto está distribuida en dos subgrupos el primer subgrupo con un rango entre 2,31 y 1,88 mm, el segundo subgrupo con un rango entre 1,59 y 0,94 mm.

La variable peso de 1000 semillas está distribuida por dos subgrupos: el primer subgrupo con un rango entre 5,20 y 4,35 g el segundo subgrupo con un rango entre 4,00 y 3,86 g.

Cuadro 18. Promedio para las variables cuantitativas de los nueve grupos formados con las 192 accesiones de *Capsicum* spp., con datos completos

Variables	Grupos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ALTURAPLTA	75,49	78,24	70,44	72,22	56,33	72,58	49,81	52,59	68,01
ANCHPLTA	82,37	75,45	60,96	65,87	56,48	67,43	52,49	42,21	67,12
RATALANCHPL	0,94	1,05	1,20	1,10	1,01	1,12	0,98	1,30	1,03
LONTALLO	22,51	27,27	25,25	32,91	6,61	29,41	20,255	6,61	22,83
ANCHTALLO	1,47	1,54	1,41	1,32	1,21	1,48	1,10	0,86	1,27
LONGHOJA	8,69	10,65	9,14	13,58	5,22	10,71	7,06	7,42	9,59
ANCHOHOJA	5,15	6,22	4,92	7,03	2,41	6,05	3,34	3,82	5,36
RATLONGANCH	1,71	1,75	1,93	1,94	2,20	1,79	2,14	1,96	1,89
DIASFLOR	67,44	105,50	81,94	114,94	78,86	85,67	85,57	113,10	90,93
NRFLOXAX	1,22	1,90	1,11	1,91	1,07	1,70	1,13	1,80	1,67
DIAFRUTIF	96,78	131,20	105,36	145,00	108,79	110,48	106,10	134,80	113,17
LONGFRUTO	4,37	2,91	6,37	3,42	6,60	4,61	4,57	4,98	3,70
ANCHFRUTO	2,56	2,58	2,17	1,44	1,51	1,80	1,55	1,31	1,46
PESOFRUTO	101,00	72,45	118,06	35,68	65,67	66,35	51,08	37,71	40,33
LONGPEDFRUT	3,50	2,33	2,84	3,11	2,86	3,00	2,32	1,71	2,75
ESPFRUTO	1,88	2,31	2,08	1,23	1,20	1,43	1,59	1,34	1,34
PESO1000S	5,11	5,20	4,69	4,88	3,86	4,30	4,57	4,00	3,90

Cuadro 19. Coeficiente de variación en porcentaje para las variables cuantitativas de los nueve grupos formados con las 192 accesiones de *Capsicum* spp., con datos completos

Variables	Grupos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ALTURAPLTA	36,92	28,03	27,86	11,88	11,44	17,64	17,14	21,98	36,4
ANCHPLTA	38,86	28,15	27,00	13,99	8,9	17,72	24,25	30,14	38,83
RATALTANCHPL	20,14	14,28	27,44	10,34	16,73	17,2	18,07	25,4	20,09
LONTALLO	80,39	42,30	34,02	12,52	142,04	45,15	57,12	93,28	49,82
ANCHTALLO	32,41	30,68	28,99	12,53	13,59	12,35	26,12	24,09	29,05
LONGHOJA	31,16	32,69	31,89	9,44	18,14	31,6	30,46	19,83	35,15
ANCHOHOJA	35,10	35,70	36,26	11,33	23,22	30,26	33,3	21,26	42,64
RATLONGANCH	5,79	9,79	22,8	7,7	10,12	12,91	10,92	11,94	23,2
DIASFLOR	22,48	25,60	27,53	7,3	16,38	21,49	19,73	31,06	32,27
NRFORAX	36,08	52,34	47,03	30,33	24,94	40,47	30,51	35,14	36,39
DIAFRUTIF	7,32	22,21	20,57	9,66	7,04	20,54	12,75	25,45	25,35
LONGFRUTO	41,89	35,28	30,56	43,05	33,87	45,65	39,51	40,88	47,35
ANCHFRUTO	74,43	37,60	56,03	54,9	30,8	36,73	23,33	21,12	35,98
PESOFRUTO	119,51	86,91	118,56	109,77	67,62	75,58	63,62	49,13	71,31
LONGPEDFRUT	31,72	25,51	22,24	17,9	15,95	33,03	22,44	53,35	19,88
ESPFRUTO	73,52	40,10	65,44	48,681	40,87	53,02	32,85	35,19	50,43
PESO1000S	24,83	15,17	20,25	20,34	13,86	30,09	25,51	23,57	21,66

4.2.4 Distribución de características cualitativa por grupo

Las tablas de contingencia usadas para determinar si existe asociación entre las categorías de cada variable cualitativa y los grupos resultaron significativas ($p < 0,05$) para los descriptores de tallo, hojas, flores y frutos: color del hipocótilo, pubescencia del hipocótilo, color de la hoja cotiledonar, forma de la hoja cotiledonar, color del tallo, antocianina del nudo, forma del tallo, pubescencia del tallo, hábito de crecimiento de la planta, densidad de ramificación, macollamiento, densidad de hoja, color de la hoja, forma de la hoja, margen de la lámina foliar, pubescencia de la hoja, posición de la flor, color de la corola, color de la mancha de la corola, color de las anteras, manchas o rayas antocianínicas en frutos inmaduros, color del fruto en estado intermedio, color del fruto en estado maduro, forma del fruto, forma del fruto en la unión con el pedicelo, cuello en la base del fruto, forma del ápice del fruto, apéndice en el fruto, vestigio de la floración, arrugamiento transversal del fruto, tipo de epidermis del fruto, persistencia del pedicelo con el fruto, persistencia del pedicelo con el

tallo, longitud de la placenta, color de la semilla, superficie de la semilla, susceptibilidad al estrés biológico y sabor del chile.

A continuación se describen las variables correspondientes a la parte del tallo y hoja joven (Cuadro 20).

La variable color del hipocótilo con sus tres categorías blanca, morada y verde está presente en los materiales evaluados. En este sentido la categoría verde es la más dominante en los materiales evaluados ya que está presente en 119 accesiones que corresponde al (61,98%) siendo los grupos 3, 7 y 9 los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable pubescencia del hipocótilo con sus tres categorías escasa, intermedia y densa se presentó en los materiales evaluados. Es así como, la categoría intermedia es la más dominante en los materiales evaluados ya que se presentó en 103 accesiones que corresponde al 53,65% siendo los grupos 4, 3 y 7 los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable color de la hoja cotiledonar se presentó en las tres categorías verde, verde claro y verde oscuro en los materiales evaluados, la categoría verde es la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 137 accesiones que corresponde al 71,35% siendo los grupos 3, 7, 9 y 4 los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable forma de la hoja cotiledonar se presentó en las tres categorías lanceolada, elongada-deltaide y oval en los materiales evaluados, donde la categoría oval es la más dominante ya que se presentó en 134 accesiones que corresponde al 69,79% de los materiales evaluados.

Cuadro 20. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte del tallo y hoja joven de *Capsicum* spp.

Variables	Características	Grupos									Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Color del Hipocótilo	Blanco						1			2	3
	Morado	5	2	4	28	2	8	11		10	70
	Verde	4	8	32	5	12	11	19	10	18	119
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Pubescencia del Hipocótilo	Intermedia	5	6	22	28		11	19	3	9	103
	Escasa	3	5	13	5	14	7	6	7	21	79
	Densa	1	1	1			2	5			10
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Color de la hoja Cotiledonar	Verde	6	7	27	21	14	9	24	6	23	137
	Verde claro	2	2	3	12		7	3	2	7	38
	Verde Oscuro	1	1	6			4	3	2		17
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Forma de la hoja Cotiledonar	Lanceolada	6	4	19	9	2	9	14	5	7	75
	Elongada-deltaoide	3	1	15	20	12	6	16		22	95
	Oval		5	2	4		5		5	1	22
	Tota	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192

A continuación se describen las variables correspondientes a la parte del tallo maduro (Cuadro 21).

La variable color del tallo se presentó en las categorías verde, morado y verde con rayas purpuras. La categoría verde es la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 178 accesiones que corresponde al (92,71%) los grupos 3, 4 y 9 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable antocianina del nudo se presentó en las cuatro categorías siendo la categoría morado la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 78 accesiones que corresponde al (40,63%), los grupos 7 y 3 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable forma del tallo se presentó en dos categorías siendo la categoría cilíndrico la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 191 accesiones que corresponde al (99,48%).

La variable pubescencia del tallo se presentó en las tres categorías siendo la categoría escasa la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 144 accesiones que corresponde al (75,00%) los grupos 4, 9 y 3 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable hábito de crecimiento de la planta se presentó en las categorías erecta, intermedia y postrada siendo las categorías erecta e intermedia las más dominantes en las accesiones evaluadas ya que se presentaron en 88 accesiones respectivamente que corresponden al (45,83%), los grupos 3 y 4 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable densidad de ramificación se presentó en las tres categorías, siendo la categoría densa la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 151 accesiones que corresponde al (78,65%), los grupos 4, 7, 9 y 3 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable macollamiento se presentó en las tres categorías, siendo la categoría densa la más dominante en las accesiones evaluadas se presentó en 124 accesiones que corresponde al (64,58%), los grupos 4 y 3 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

Cuadro 21. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte del tallo maduro de *Capsicum* spp.

Variables	Características	Grupos									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Color del Tallo	Verde	9	10	33	32	14	17	25	8	30	178
	Verde con rayas púrpura			2	1		3	3			9
	Morado			1				2	2		5
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Antocianina del nudo	Morado	3	3	18	6	10	6	27	2	3	78
	Morado claro	2	4	3	21		8	2		6	46
	Verde	4	3	14	6	4	6	1	8	21	67
	Morado oscuro			1							1
	Total	9	10	36	33	20	30	30	10	30	192
Forma del tallo	Cilíndrico	9	10	36	33	14	20	30	10	29	191
	Angular									1	1
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Pubescencia del tallo	Intermedia			8	1	5	2	16		1	33
	Densa	1		4				10			15
	Escasa	8	10	24	32	9	4	4	10	29	144
	Total	9	10	36	33	14	30	30	10	30	192
Hábito de crecimiento de la planta	Intermedia (compacta)	6	4	23	5	13	10	10	4	13	88
	Postrada	1	3	2				8		2	16
	Erecta	2	3	11	28	1	10	12	6	15	88
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Densidad de ramificación	Densa	9	10	24	33	2	20	29		24	151
	Intermedia			11		12	0	1	6	6	36
	Escasa			1			0		4		5
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Macollamiento	Densa	8	9	23	31	2	19	17		15	124
	Intermedia		1	10	2	8	1	13		7	42
	Escasa	1		3		4			10	8	26
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192

Las variables correspondientes a la hoja se describen a continuación (Cuadro 22).

La variable densidad de la hoja se presentó en las tres categorías, siendo la categoría densa la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 156 accesiones que

corresponde al (81,25%) los grupos 4, 7, 3 y 9 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable color de la hoja se presentó en las categorías verde, verde claro, y verde oscuro, siendo la categoría verde la más dominante en las accesiones evaluadas se presentó en 159 accesiones que corresponde al (82,81%) los grupos 3, 4 y 7 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable forma de la hoja se presentó en las tres categorías siendo la categoría ovalada la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 134 accesiones que corresponde al (69,79%) los grupos 4 y 3 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable margen de la lámina foliar se presentó en las categorías entera y ondulada siendo la categoría entera la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 139 accesiones que corresponde al (72,40%) los grupos 3, 7 y 9 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable pubescencia de la hoja se presentó en las tres categorías siendo la categoría escasa la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 170 accesiones que corresponde al (88,54%), los grupos 4, 3 y 9 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

Cuadro 22. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte de la hoja de *Capsicum* spp.

Variables	Características	Grupos									Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Densidad de hoja	Densa	8	10	28	33	2	20	29		26	156
	Intermedia	1		7		12		1	6	4	31
	Escasa			1					4		5
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Color de la hoja	Verde	6	9	32	32	13	19	27	6	15	159
	Verde claro	3	1	1	2		1	1		10	18
	Verde Oscuro			3		1		2	4	5	15
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Forma de la hoja	Oval	4	9	27	28	10	10	18	5	23	134
	Lanceolada	2		5	3	2	9	8	5	6	40
	Deltoide	3	1	4	2	2	1	4		1	18
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Margen de la lámina foliar	Entera	8	5	32	11	11	7	28	10	27	139
	Ondulada	1	5	4	22	3	13	2		3	53
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Pubescencia de la hoja	Escasa	1		3				1			5
	Intermedia	8	9	32	33	14	20	14	10	30	170
	Densa		1	1				15			17
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192

Las variables correspondientes a la flor se detallan a continuación (Cuadro 23).

La variable posición de la flor se presentó en las tres categorías siendo la categoría erecta la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 85 accesiones que corresponde al 44,27% los grupos 4 y 9 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable color de la corola se presentó en las categorías blanco, amarillo, morado, amarillo claro y amarillo verdoso, siendo la categoría blanca la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 91 accesiones que corresponde al (47,40%), los grupos 3 y 7 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable color de la mancha de la corola se presentó en las categorías ausente, amarillo, verde amarillento siendo la categoría ausente la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 177 accesiones que corresponde al (92,19%), los grupos 3, 4, 9 y 7 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable color de la antera se presentó en las categorías azul pálido, amarillo, morado y azul, siendo la categoría azul pálido la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 90 accesiones que corresponde al (46,88%) los grupos 3, 7 y 5 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

Las variables correspondientes al fruto y semilla se detallan a continuación (Cuadro 24, 25, 26 y 27).

La variable color manchas o rayas antocianinicas del fruto se presentó en sus dos categorías siendo la categoría ausente la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 154 accesiones que corresponde al (80,21%), los grupos 4, 3 y 9 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable color del fruto en estado intermedio se presentó en las categorías verde, amarillo, morado oscuro, morado y naranja siendo la categoría verde la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 128 accesiones que corresponde al (66,67%), los grupo 3 y 7 son los que presentaron mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable color del fruto en estado maduro se presentó en cinco categorías siendo la categoría roja la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 142 accesiones que corresponde al (73,96%), los grupos 3, 7 y 4 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

Cuadro 23. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte de la flor de *Capsicum* spp.

Variables	Características	Grupos									Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Posición de la flor	Pendiente	3	1	24		14	2	28	2	6	80
	Intermedia	2	8	8			4	1	1	3	27
	Erecta	4	1	4	33		14	1	7	21	85
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Color de la corola	Blanco			33	1	13	7	28	8	1	91
	Amarillo claro	9		2			1	2			14
	Amarillo verdoso		4		30	1	12		1	22	70
	Amarillo		44	1	2				1	7	15
	Morado		2								2
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Color de la mancha de la corola	Ausente		9	34	33	14	19	28	10	30	177
	Amarillo	1	1	1							3
	Verde Amarillento	8		1			1	2			12
Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192	
Color de las anteras	Azul pálido			34		13	7	28	8		90
	Amarillo	9		1			1	1			12
	Morado		7	1	7				1	7	23
	Azul		3		26	1	12	1	1	23	67
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192

Cuadro 24. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte del color del fruto de *Capsicum* spp.

Variables	Características	Grupos									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Manchas o rayas antocianínicas en frutos inmaduros	Ausente	8	10	29	31	12	15	15	10	24	154
	Presente	1		7	2	2	5	15		6	38
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Color de fruto en estado intermedio	Verde	6	6	30	16	13	15	26	7	9	128
	Amarillo	2	3	4	17	1	3	1		16	47
	Morado Oscuro								1	1	2
	Morado			1			2	2	1		6
	Anaranjado	1	1	1					2	4	9
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Color del fruto en estado maduro	Rojo	7	3	24	26	10	17	26	10	19	142
	Rojo claro	1	2	3	3	3	1	3		7	23
	Rojo oscuro	1	1	8	3	1	2	1			17
	Amarillo naranja		1			0					1
	Naranja		3	1	1	0				4	9
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192

Cuadro 25. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la forma del fruto *Capsicum* spp.

Variables	Características	Grupos									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Forma del fruto	Triangular	4	3	16	22	5	9	22	4	15	100
	Elongado	3		13	7	9	10	7	6	11	66
	Acampanulado y en bloque		4	6	2					1	13
	Casi redondo	1	1		2		1	1		2	8
	Acampanulado	1	2	1						1	5
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Forma del fruto en la unión con el pedicelo	Truncado	5	3	11	11	2	1	14	1	5	53
	Obtuso	3	1	11	15	6	8	11	4	14	73
	Lobulado		2	7	1						10
	Agudo			3	4	6	11	5	5	11	45
	Cordado	1	4	4	2						11
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Cuello en la base del fruto	Ausente	2	3	2	1		1	4	6	3	22
	Presente	7	7	34	32	14	19	26	4	27	170
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Forma del ápice del fruto	Puntiagudo	3	1	22	20	13	14	25	10	13	121
	Romo	3	2	3	1	1	4	5		6	25
	Hundido y puntiagudo	2	2	6	1					3	14
	Hundido	1	5	5	11		2			8	32
	Total	9	10	36	33	14	10	30	10	30	192
Apéndice en el fruto, vestigio de la floración	Ausente	8	6	22	29	10	16	25	8	23	147
	Presente	1	4	14	4	4	4	5	2	7	45
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192

La variable forma del fruto se presentó en cinco categorías siendo la categoría triangular la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 100 accesiones que corresponde al (52,08%), los grupos 7 y 4 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable forma del fruto en la unión con el pedicelo se presentó en las cinco categorías siendo la categoría obtuso la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 73 accesiones que corresponde al (38,02%), los grupos 3, 7 y 4 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable cuello en la base del fruto se presentó en sus dos categorías siendo la categoría presente la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 170 accesiones que corresponde al (88,54%), los grupos 3, 4, 7 y 9 son los que presentan mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable forma del ápice del fruto se presentó en cuatro categorías siendo la categoría puntiagudo la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 121 accesiones que corresponde al (63,02%) los grupos 3 y 7 son los que presentaron mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable apéndice en el fruto, vestigio de la floración se presentó en sus dos categorías siendo la categoría ausente la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 147 accesiones que corresponde al (76,56%), los grupos 4 y 7 son los que presentaron mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable arrugamiento transversal del fruto se presentó en sus tres categorías siendo la categoría intermedio la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 92 accesiones que corresponde al (47,92%), los grupos 3 y 9 son los que presentaron mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable tipo de epidermis del fruto se presentó en sus tres categorías siendo la categoría lisa la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 93 accesiones que corresponde al (48,44%), el grupo 7 es el que presentan la mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable persistencia del pedicelo con el fruto se presentó en sus tres categorías siendo la categoría persistente la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 127 accesiones que corresponde al (66,15 %) los grupos 3 y 4 son los que presentaron mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

La variable persistencia del pedicelo con el tallo se presentó en sus tres categorías siendo la categoría persistente la más dominante en las accesiones evaluadas ya que presentó en 103 accesiones que corresponde al (53,65%), los grupos 3 y 4 son los que presentaron mayor cantidad de accesiones con esta categoría.

Cuadro 26. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la persistencia y epidermis del fruto *Capsicum* spp.

Variables	Características	Grupos									Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Arrugamiento transversal del fruto	Intermedio	4	3	23	19	10	11	1		21	92
	Levemente corrugado	2	1	7	9	4	9	29	10	6	77
	Muy corrugado	3	6	6	5					3	23
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Tipo de epidermis del fruto	Lisa	3	5	14	5	5	11	29	8	13	93
	Semirrugosa	4	1	19	26	8	4	1	2	13	78
	Rugosa	2	4	3	2	1	5			4	21
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Persistencia del pedicelo con el fruto	Persistente	8	6	29	32	14	3	12	2	21	127
	Intermedio	1	4	6			15	16	7	8	57
	Fácil (leve)			1	1		2	2	1	1	8
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Persistencia del pedicelo con el tallo	Fácil (leve)	1		3	1	3		2	1	5	16
	Intermedio		6	5		4	16	18	8	16	73
	Persistente	8	4	28	32	7	4	10	1	9	103
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192

La variable longitud de la placenta se presentó en sus tres categorías, siendo la categoría >1/2 longitud del fruto la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 164 accesiones (85,42%), los grupos 3, 7, 4 y 9 fueron los que presentaron la mayor longitud del fruto.

La variable color de la semilla se presentó en tres categorías siendo la categoría amarillo claro la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 190 accesiones que corresponde al (98,96%).

La variable superficie de la semilla se presentó en sus tres categorías siendo la categoría lisa la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 183 accesiones que corresponde al (95,31%).

La variable tamaño de la semilla se presentó en sus dos categorías siendo la categoría grande la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 128 accesiones que corresponde al (66,67%).

La variable clasificación número de semillas por fruto se presentó en sus tres categorías siendo la categoría entre 20-50 semillas por fruto la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 123 accesiones que corresponde al (64,06%).

La variable susceptibilidad al estrés biótico se presentó en cinco categorías siendo la categoría muy baja o sin signos visibles de incidencia la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 89 accesiones que corresponde al 46,35% (Cuadro 28).

La variable sabor del chile se presentó en con sus dos categorías siendo la categoría picante la más dominante en las accesiones evaluadas ya que se presentó en 183 accesiones que corresponde al 95,31% (Cuadro 29).

Cuadro 27. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte de la semilla de *Capsicum* spp.

Variables	Características	Grupos									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Longitud de la placenta	< ¼ longitud		2	3						2	7
	¼ -1/2 longitud	1	6	5	1		3		2	3	21
	> ½ longitud	8	2	28	32	14	17	30	8	25	164
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Color de la semilla	Amarillo claro	9	9	36	33	14	19	30	10	30	190
	Amarillo Oscuro	0	0	0	0	0	01	0	0	1	11
	Negra			1							1
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Superficie de la semilla	Lisa	8	9	35	29	14	20	30	10	28	183
	Rugosa		1		4					2	7
	Áspera	1		1	0	0					2
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Tamaño de la semilla	Grande	6	7	29	10	14	9	25	8	20	128
	Pequeña	3	3	7	23		11	5	2	10	64
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192
Clasificación número de semillas por fruto	>50 semillas	6	6	17	7	5	3	10	4	10	68
	=20–50 semillas	3	4	19	26	9	17	20	6	19	123
	< 20 semillas									1	1
	Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192

Cuadro 28. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte de la susceptibilidad al estrés biótico de *Capsicum* spp.

Características	Grupos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Muy baja o sin signos visibles de incidencia	1	5	9	11	4	15	17	1	26	89
Baja	3	1	12	22	1	2	9	2	4	56
Intermedia	3	3	4		2	1	2			15
Muy alta	1		3		4		2	1		11
Alta	1	1	8		3	2		6		21
Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192

Cuadro 29. Variables cualitativas completas que mostraron falta de independencia en los grupos por las características evaluadas en la parte del sabor de *Capsicum* spp.

Características	Grupos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Picante	8	10	31	31	14	19	30	10	30	183
Dulce	1		5	2		1				9
Total	9	10	36	33	14	20	30	10	30	192

4.2.5 Valores discriminantes de los caracteres para separar grupos con caracteres cuantitativos

Se utilizaron los análisis con mayor y menor capacidad discriminante para determinar las dos primeras funciones discriminantes en el primero y segundo eje la capacidad de discriminación, para lo cual se usaron los pesos de cada variable correspondientes a las dos primeras funciones discriminantes estandarizadas.

Para identificar las variables con mayor peso en la discriminación se buscan los autovalores con mayor valor absoluto (esto debido a que los autovalores pueden ser positivos

o negativos). Se registró seis caracteres con mayor valor discriminante observándose que los descriptores longitud de la hoja, ancho de la hoja, ancho de la planta, diámetro altura ancho de la planta, longitud del fruto y altura de la planta fueron los que permitieron diferenciar los nueve grupos, tal como se refería en el valor promedio y las variables de menor capacidad de discriminación fueron el peso del fruto, peso de 1000 semillas y el espesor del fruto. Además se detectó que las accesiones dentro de los grupos mantienen una relación estrecha, es decir, no existe mucha variación ya que presentan valores pequeños de desviación estándar (Cuadro 30).

Cuadro 30. Autovalores determinados por la función discriminante canónicas que determinan el poder de discriminación entre grupos de *Capsicum* spp.

Variables	Eje 1	Eje 2
Altura de la planta	0.03	-0.04
Ancho de la planta	-0.02	0.06
Radio altura/ancho de la planta	-1.07	0.47
Longitud del tallo	-0.02	0.02
Ancho del tallo	-1.22	0.60
Longitud de la hoja	-0.73	-0.10
Ancho de la hoja	0.81	0.09
Ratio longitud/ancho de la hoja	2.35	-0.81
Días a la floración	0.01	-0.01
Número de flores por axila	-0.51	-0.38
Días a la fructificación	-0.02	-0.02
Longitud del fruto	0.36	-0.08
Ancho del fruto	0.23	0.82
Peso del fruto	1.8E-03	-2.2E-03
Longitud del pedicelo del fruto	-0.55	0.45
Espesor del fruto	0.09	-0.21
Peso de 1000 semillas secas	-0.6	0.19

La función discriminante global tiene una tasa de error de clasificación del 29,69% esto es debido a que algunas accesiones de algunos grupos son difíciles de clasificar; los grupos que presentaron mayor error y por lo tanto, la función discriminante no es útil, fueron los grupos 3, 6 y 9 y presentaron un error de clasificación de 40,4%, 70% y 50% respectivamente (Cuadro 31).

Cuadro 31. Clasificación cruzada para los grupos formados de *Capsicum* spp.

Grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	Error (%)
1	6	1	0	0	0	1	0	0	1	9	33,33
2	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0,00
3	0	2	20	0	1	2	7	3	1	36	44,44
4	1	1	0	29	0	2	0	0	0	33	12,12
5	0	0	0	0	13	0	1	0	0	14	7,14
6	1	1	1	6	0	6	1	0	4	20	70,00
7	0	0	2	0	1	0	27	0	0	30	10,00
8	0	0	0	0	1	0	0	9	0	10	10,00
9	1	3	3	0	0	5	3	0	15	30	50,00
Total	9	18	26	35	16	16	39	12	21	192	29,69

4.2.6 Valores discriminantes de los caracteres para separar grupos con caracteres cualitativos

De los 39 caracteres analizados mediante la prueba de X^2 se identificó 30 de ellos con alta significancia ($p < 0,0001$) (**), y solamente nueve no significativos (^{ns}), (Cuadro 32). Estos resultados indican que existe un gran número de descriptores que hacen un importante aporte para separar los nueve grupos genéticos, y además presentaron altos coeficientes de asociación. En el cuadro se presentan 15 caracteres que presentaron mayor valor discriminante (^a), que pueden utilizarse para establecer diferencias entre grupos genéticos.

Cuadro 32. Tabla de clasificación cruzada para los grupos formados

CARÁCTER	X ²	COEFICIENTE (P)	CRAMER (V)
Color de la corola ^a	325,34	0,79 ^a	0,58
Color de las anteras ^a	323,70	0,79 ^a	0,65
Posición de la flor ^a	166,04	0,68 ^a	0,54
Densidad de hoja ^a	144,82	0,66 **	0,50
Densidad de ramificación ^a	141,3	0,65 **	0,50
Susceptibilidad al estrés biológico ^a	129,04	0,63 **	0,37
Color mancha de la corola ^a	126,36	0,63 **	0,47
Macollamiento ^a	123,08	0,63 **	0,46
Antocianina del nudo ^a	106,07	0,6 **	0,37
Arrugamiento transversal del fruto ^a	102,59	0,59 **	0,42
Forma del fruto en la unión con el pedicelo ^a	97,38	0,58 **	0,32
Pubescencia del tallo ^a	95,95	0,58 **	0,41
Pubescencia de la hoja ^a	86,83	0,56 **	0,39
Persistencia del pedicelo con el tallo ^a	82,99	0,55 **	0,38
Color del fruto en estado intermedio ^a	75,09	0,53 **	0,28
Tipo de epidermis del fruto ^a	73,85	0,53 **	0,36
Persistencia del pedicelo con el fruto ^a	70,41	0,52 **	0,35
Forma del fruto ^a	69,66	0,52 **	0,27
Forma de la hoja cotiledonar ^a	66,37	0,51 **	0,34
Color del hipocótilo ^a	64,24	0,5 **	0,33
Forma del ápice del fruto ^a	63,75	0,5 **	0,29
Margen de la lámina foliar ^a	63,14	0,5 **	0,41
Habito de crecimiento ^a	62,76	0,5 **	0,33
Pubescencia del hipocótilo ^a	62,48	0,5 **	0,33
Color de la hoja ^a	59,32	0,49 **	0,32
Longitud de la placenta ^a	51,49	0,46 **	0,30
Tamaño de semilla ^a	38,59	0,41 **	0,32
Cuello en la base del fruto ^a	33,99	0,39 **	0,30
Color de la hoja cotiledonar ^a	31,91	0,38 **	0,24
Manchas o rayas antocianinicas de frutos ^a	27,14	0,35 **	0,27
Color del tallo ^{ns}	27,58	0,35	0,22
Forma del tallo ^{ns}	5,43	0,17	0,12
Forma de la hoja ^{ns}	29,91	0,37	0,23
Color del fruto maduro ^{ns}	65,92	0,51	0,26
Apéndice en el fruto, vestigio de la floración ^{ns}	10,61	0,23	0,17
Color de la semilla ^{ns}	26,93	0,35	0,22
Superficie de la semilla	24,49	0,34	0,21
Clasificación número de semillas por fruto ^{ns}	20,86	0,31	0,19
Sabor del chile ^{ns}	12,42	0,25	0,18

^a = caracteres que presentaron mayor valor discriminante para separar los grupos genéticos de las especies *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens*

**= alta significancia con (p<0,0001)

^{ns} = no significativo

El color de la corola y el color de las anteras fueron los caracteres con el mayor valor discriminante (325,34 y 323,7 respectivamente) y presentaron los mayores coeficientes de

asociación. La posición de la flor presentó un valor de X^2 de 166,04 y el mayor valor según la prueba de Cramer (0,54), por lo tanto, tiene una alta contribución para discriminar entre grupos genéticos, al igual que los dos caracteres anteriores.

Los descriptores o caracteres cualitativos están constituidos por varios estados que expresan la variabilidad entre accesiones y grupos. La relación de los agrupamientos con los estados de los caracteres de mayor poder discriminante permite entender con facilidad la naturaleza de los agrupamientos (Anexo 3). A continuación se describe las características más sobresalientes.

Color de la corola, este carácter con el mayor valor discriminante para el agrupamiento de la colección, indica que los G4 y G9 están asociados por el carácter amarillo verdoso; así mismo, los G3, G7 y G5 están asociados por el carácter blanco de la corola



Figura: 23. Color de la corola de las diferentes especies de chile (*Capsicum* spp.).

Color de las anteras los G3, G7 y G5 presentan color de la antera azul pálido en cambio el G4 presentan color azul de la antera y el G1 presenta color amarilla la antera.



Figura: 24. Color de las anteras de las diferentes especies de chile (*Capsicum* spp.).

Posición de la flor, la posición de la flor separa a los grupos G7 y G5 asociados al carácter pendiente, en cambio el G2 presentan posición de flor intermedia, por último el G4 presenta posición erecta de la flor.



Figura: 25. Posición de la flor del grupo G7 y G5 (A) de *C. annuum* y G4 (B) de *C. frutescens*.

Densidad de la hoja, separa a los G7, G2, G4 y G6 asociados al carácter de la hoja densa, mientras que el G5 presenta densidad de hoja intermedia.



Figura: 26. Densidad de la hoja de los G7, G2 y G6 (A) y de los G5 (B) de las diferentes especies de chile (*Capsicum* spp.).

Densidad de ramificación, separa al G5 con su carácter intermedio y a los G7, G1, G2, G4 y G6 por contener una densidad de ramificación densa.

Susceptibilidad al estrés biológico, separa al G 9 y G6 con su carácter muy bajo o sin signos visibles de incidencia, el G 8 con su carácter alta fue el grupo que mayor presencia de ataques presento especialmente por bacterias.

Color mancha de la corola, separa al G1 con su carácter verde amarillo.



Figura: 27. Color de la mancha de la corola de *C. bacatum*.

Macollamiento, separa al G1, G2, G4 y G6 con su carácter denso y el G8 con su carácter escasa.

Antocianina del nudo, separa el G7 caracterizados por el color morado, el G8 asociado principalmente a color verde y el G4 con su carácter morado claro.



Figura: 28. Color de la antocianina del nudo de las diferentes especies de (*Capsicum* spp.).

Arrugamiento transversal del fruto separa al G8 y G7 con su carácter leve



Figura: 29. Forma del arrugamiento transversal del fruto.

Forma del fruto en la unión con el pedicelo, separa al G1 caracterizado por su carácter truncado, el G6 y G8 caracterizados por su carácter agudo y el G4 y G9 caracterizados por su carácter obtuso.

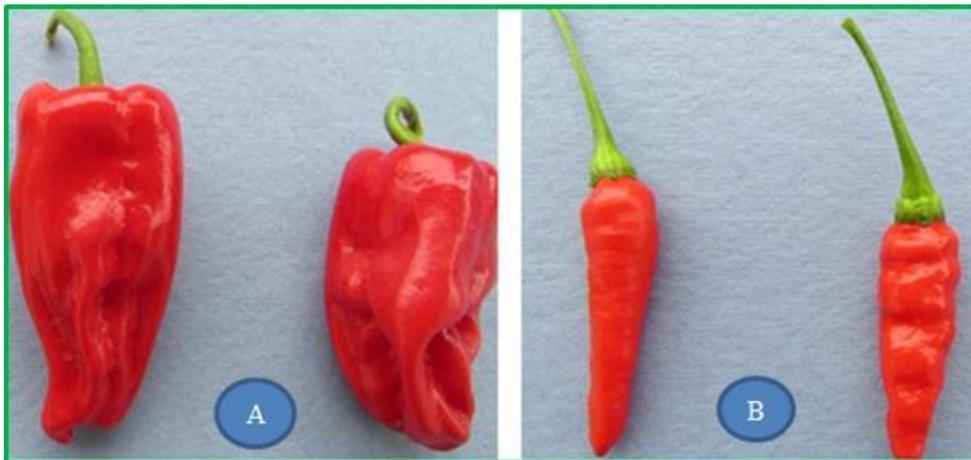


Figura: 30. Forma del fruto del G1 (A) y G4 y G9 (B) en la unión con el pedicelo.

Pubescencia del tallo separa al G4, G2 y G9 caracterizados por su carácter escasa.

Pubescencia de la hoja, separa al G7 por su característica de pubescencia intermedia.

Persistencia del pedicelo con el tallo, separa al G4 caracterizado por su carácter persistente y al G6 y G8 por su carácter intermedio.

Color del fruto en estado intermedio, separa al G 4 y G9 caracterizados por su carácter amarillo y al G3, G5 y G7 caracterizados por su carácter verde.



Figura:31. Color de los frutos de G4 y G9 (A) *C. chinense* y G 3, G5 y G7 (B) *C. annuum* en estado intermedio.

Persistencia del pedicelo con fruto, separa al G6 por su carácter intermedio

Forma de la hoja cotiledonar, separa al G2 y G4 por su carácter oval.

Color del hipocótilo, si bien es significativo el único grupo bien determinado por el color es el G8 formado por color del hipocótilo verde.

Forma del ápice del fruto, separa al G5 y G8 formados por su carácter puntiagudo.

Margen de la lámina foliar, separa al G8 formado por su carácter entera.

Pubescencia del hipocótilo, separa al G5 formado por su carácter escasa.

Color de la hoja, es significativo pero no muy importante separa al G4 por su carácter verde.

Tipo de epidermis del fruto, separa al G4 por su carácter semirrugosa y al G7 y G8 caracterizados por su carácter lisa



Figura:32. Tipo de epidermis del G4 (A) y del G7 y G8 (B) de los frutos de las diferentes especies de (*Capsicum spp.*).

Forma del fruto, separa al G5 y G8 caracterizados por su carácter elongado y el G7 y G4 por su carácter triangular.

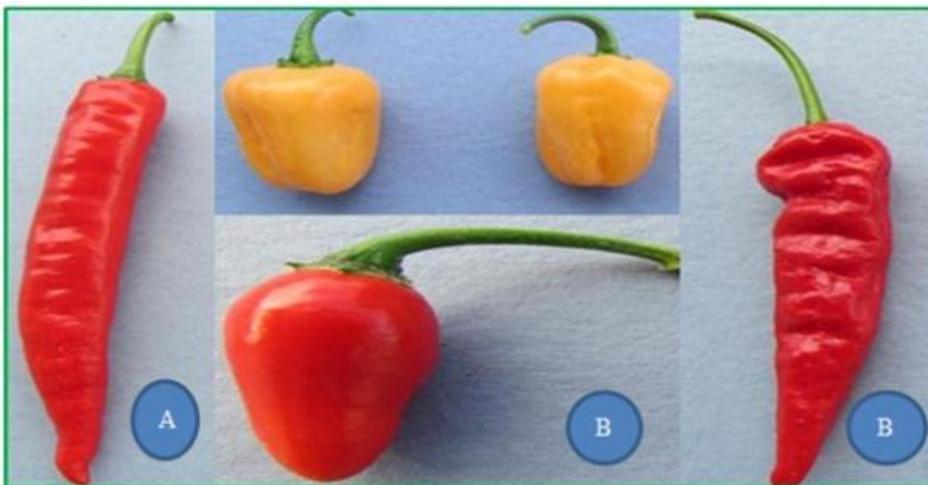


Figura:33. Formas de los frutos de los G5 y G8 (A) y al G7 y G4 (B) de las diferentes especies de (*Capsicum spp.*).

Habito de crecimiento, separa al G4 formados por carácter erecto y el G5 formado por su carácter intermedio.

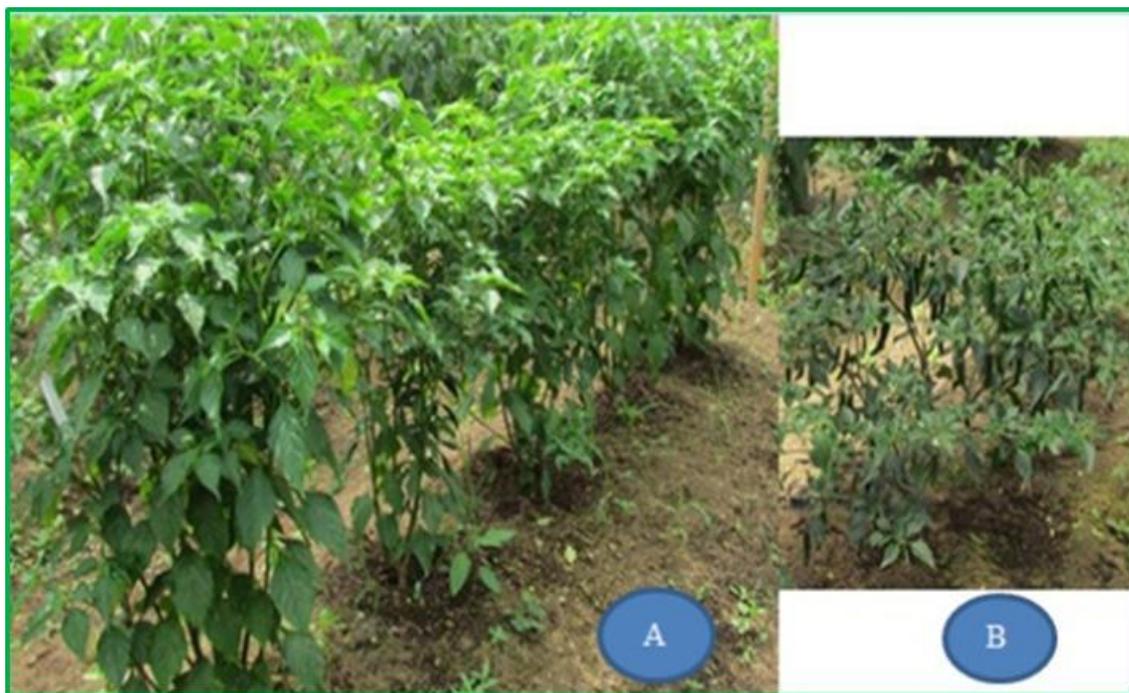


Figura 34. Habito de crecimiento de los G4 (A) *C. frutescens* y del G5 (B) *C. annuum*.

Tamaño de la semilla, separa al G3, G7, G5 y G8 formado por su carácter semilla grande y el G6 y G4 asociados al carácter pequeño.

Cuello de la base del fruto, separa al G8 formado por su carácter ausente.

Color de la hoja cotiledonar, es significativo pero no muy importante separa al G5 por su color verde.

Longitud de la placenta, es significativos pero no muy importante separa a los grupos la longitud mayor a $\frac{1}{2}$ longitud del fruto.



Figura 35. Longitud de la placenta de las diferentes especies de (*Capsicum* spp.).

Manchas o rayas antocianinicas del fruto, separa al G7 y G6 por su carácter presente.



Figura 36. Manchas antocianinicas de los frutos de (*Capsicum* spp.).

4.2.7 Relaciones entre características cuantitativas de los grupos

Para las accesiones caracterizadas, se realizaron algunas correlaciones simples entre las características más importantes (Cuadro 33). Se presentó una correlación positiva y altamente significativa entre las características días a la floración con los días a la fructificación, longitud del fruto con peso del fruto y espesor del fruto, ancho del fruto con peso seco de 1000 semillas, longitud del pedicelo del fruto con ancho del fruto y longitud del fruto.

Cuadro 33. Coeficiente de correlación entre pares de características cuantitativas de 200 accesiones de chile *Capsicum* spp.

Características (1)	Características (2)	Pearson	p-valor
Días a la floración	Días a la fructificación	0,94	<0,0001
	Longitud del fruto	-0,27	0,0002
	Ancho del fruto	-0,21	0,0035
	Peso del fruto	-0,25	0,0004
Longitud del fruto	Días a la floración	-0,27	0,0002
	Número de flores por axila	-0,21	0,0028
	Días a la fructificación	-0,25	0,0004
	Diámetro del fruto	0,23	0,0015
	Peso del fruto	0,32	0,0001
	Longitud pedicelo del fruto	0,30	0,0001
	Espesor del fruto	0,18	0,0132
Espesor del fruto	Ancho del fruto	0,81	0,0001
	Peso del fruto	0,74	0,0001
	Peso de 1000 semillas secas	0,21	0,0035
Peso 1000 semilla	Peso del fruto	0,08	0,2978
	Longitud del fruto	0,15	0,413
	Ancho del fruto		

4.2.8 Estructura de los agrupamientos entre características cuantitativas y cualitativas de los grupos

La estructura taxonómica obtenida por la matriz de distancia con el agrupamiento jerárquico de las variables cualitativas y cuantitativas, usando el método de Ward y la

distancia obtenida a partir del coeficiente de similaridad de Gower (Figura 20) muestra la relación en grado de disimilitud entre accesiones o grupos de las mismas. Esta relación determina en cierta medida el parentesco genético entre accesiones y la variabilidad observada en cada agrupamiento. El dendrograma muestra nueve grupos de individuos, los mismos que están asociados por especies, sin embargo en 19 accesiones no corresponde su morfología con los datos pasaporte y 18 accesiones estaban identificadas como *Capsicum* spp., a las cuales se identificó a que especie corresponde basándonos en las características morfológicas de cada una (Cuadro 34 y 35).

Cuadro 34. Accesiones a las cuales se les determino la especie correspondiente según sus características morfológicas

<i>Capsicum</i> spp.	Especies identificadas
13328	<i>C. frutescens</i>
8058	<i>C. frutescens</i>
10886	<i>C. chinenses</i>
16280	<i>C. frutescens</i>
20016	<i>C. frutescens</i>
8994	<i>C. chinense</i>
8055	<i>C. frutescens</i>
11204	<i>C. annuum</i>
15389	<i>C. annuum</i>
15976	<i>C. annuum</i>
16451	<i>C. annuum</i>
22115	<i>C. chinense</i>
22119	<i>C. frutescens</i>
8534	<i>C. annuum</i>
11717	<i>C. baccatum</i>
7216	<i>C. frutescens</i>
17268	<i>C. baccatum</i>
16453	<i>C. annuum</i>
8998	<i>C. frutescens</i>

Cuadro 35. Accesiones que no corresponden su morfología a los datos pasaporte

<i>Capsicum</i> spp.	Especie dato pasaporte	Especie identificada morfológicamente
9140	<i>C. annuum</i>	<i>C frutescens</i>
9201	<i>C. annuum</i>	<i>C frutescens</i>
10909	<i>C frutescens</i>	<i>C. annuum</i>
12910	<i>C baccatum</i>	<i>C frutescens</i>
7218	<i>C annuum</i>	<i>C chinense</i>
7257	<i>C annuum</i>	<i>C. frutescens</i>
17750	<i>C annuum</i>	<i>C. chinense</i>
18778	<i>C annuum</i>	<i>C chinense</i>
9053	<i>C frutescens</i>	<i>C annuum</i>
9110	<i>C. baccatum</i>	<i>C. annuum</i>
15434	<i>C frutescens</i>	<i>C annuum</i>
14757	<i>C annuum</i>	<i>C. pubescens</i>
9204	<i>C frutescens</i>	<i>C annuum</i>
16461	<i>C annuum</i>	<i>C chinense</i>
18804	<i>C annuum</i>	<i>C frutescens</i>
18060	<i>C annuum</i>	<i>C. baccatum</i>
7816	<i>C frutescens</i>	<i>C annuum</i>
16209	<i>C baccatum</i>	<i>C frutescens</i>

4.2.9 Caracterización de la selección participativa

Se realizó el “Taller de Selección Participativa”. En él participaron 50 personas representados por productores, industria, chefs, científicos y personas que gustan del consumo del chile. La evaluación participativa se realizó para identificar las accesiones con características deseables para el consumo del hogar, producción del mercado, productos con valor agregado y ornamental.

La dinámica se realizó en cuatro etapas. En la primera, se formó cinco grupos para hacer un recorrido en campo para la selección de accesiones según criterios como: color, forma,

tamaño, y producción del fruto. Los resultados se recopilaron en un formulario otorgando 5 como puntaje máximo y un cero como mínimo, en esta etapa se seleccionó 134 accesiones que alcanzaron el puntaje de 4. En la segunda etapa los participantes escogieron 34 accesiones usando como criterio de selección forma, color y tamaño del fruto (Figura 37).

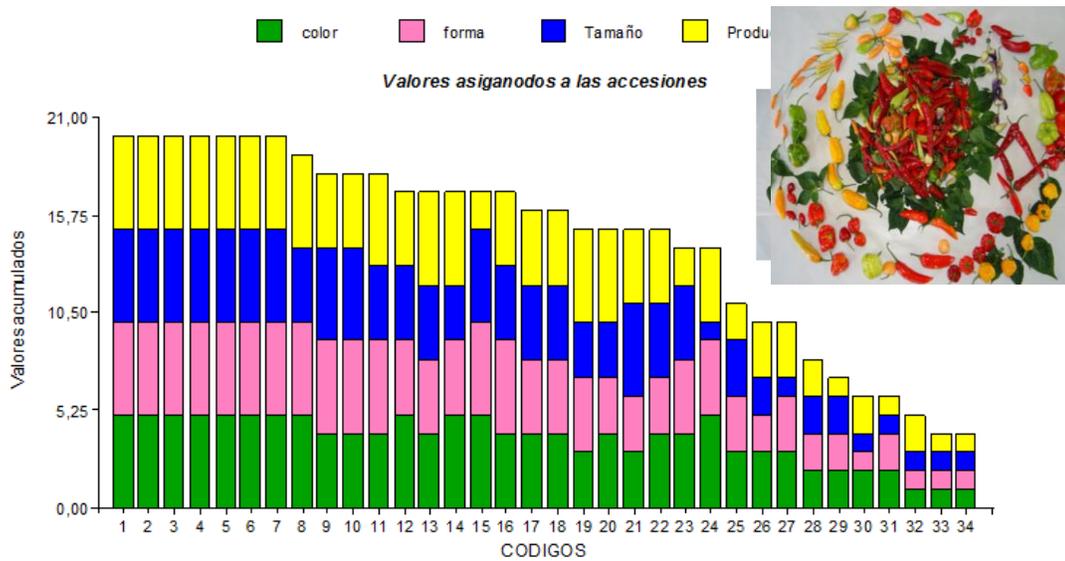


Figura 37. Selección participativa de las accesiones de chile de (*Capsicum* spp.).

La tercera y cuarta etapa consistió en la caracterización y degustación de las 34 muestras, lo cual se registró en la hoja de cata que tenía seis criterios: color, olor, textura, sabor, tamaño y grosor de la pulpa. Se identificó como los más relevantes a los colores naranja, naranja pálido y rojo oscuro, las formas acampanulado, triangular, y acampanulado y en bloque, la epidermis del fruto semirrugosa y rugosa y frutos de tamaño medio a grande (3 a 9,20 cm de largo). Las accesiones seleccionadas correspondieron a las especies *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens*, y *Capsicum* spp.

Al final del proceso se identificaron como promisorias a las accesiones 15661 y 7818 con cinco puntos y las accesiones 16304, 10757, 22119, 9892, 9916, 17750, 8994, 16209, 17262 y 9902 con cuatro (Cuadro 36).

Cuadro 36. Resultados de la valoración sensorial de chile usando modelos lineales generales y mixtos para *Capsicum* spp. La calificación máxima es 5 y la mínima es 1

Accesión	Sabor	Olor	Textura	Grosor de pulpa	Color	Tamaño	Total Juez
10757	3	3	3	3	3		15
11745		1		2	3		6
15661			1		2	1	4
16209	5	5			5		15
16275		1	1		1	1	4
16304				1	1	1	3
16521			3		3		6
17268		5		3	5		13
17750	1	3			3		7
18757				2	3		5
18778	1		1	1	1		4
20016	1			2	2		5
22119	3	3	3	3	3		15
7818	2	1		2	2		7
7819				1			1
8994	3	3	3	3	3		15
9183			1		2		3
9186				5	3		8
9892	2	2	2	2	2		10
9902	1	1	1				3
9916	3	3	3	5	5		19
Total							168

Las 15 accesiones con puntuaciones más sobresalientes fueron las que se seleccionaron para realizarles el análisis del contenido de polifenoles, flavonoides, capsaicina y antioxidantes en el laboratorio de la Universidad de Mérida Yucatan-México (Figura 38). Estas accesiones correspondieron al género *C. annum*, *C. chinense* y *C. frutescens*, *C. baccatum* y *Capsicum* spp.



Figura 38. Muestras de las accesiones de chile (*Capsicum* spp.), en proceso de deshidratación

4.2.10 Análisis descriptivo de las variables nutricionales de la población

Las 15 accesiones consideradas en el estudio permitieron la evaluación de características del contenido de humedad, polifenoles, flavonoides, capsaicinoides y actividad antioxidante (Cuadro 37). Las características que presentaron mayor variabilidad fueron capsaicinoides totales ug/g (CV 70,12) y el contenido de polifenoles totales ug/g (28,69); mientras que la característica con menor variabilidad fue el contenido de antioxidantes totales mg/g (CV 19,93).

Cuadro 37. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimos y máximos para las características del valor nutricional de 15 accesiones de chile (*Capsicum* spp.)

Variables	Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación	de Valores mínimos	Valores máximos
Humedad %	6,48	2,87	44,32	2,77	13,75
Polifenoles ug/g	7616,67	2185,22	28,69	4520	11680
Flavonoides ug/g	12089,33	2057,27	17,02	8940	16640
Capsaicinoides ug/g	2483,33	1741,25	70,12	200	5590
Antioxidantes mg/g	68,66	13,69	19,93	47,84	90,85

La variación en el contenido de polifenoles, flavonoides y capsaicinoides totales fue amplia en las accesiones evaluadas (Figura 38). La mayor concentración de flavonoides totales se presentó en la accesión 10757 (16640 ug/g), seguido de las accesiones 15661 (15770 ug/g), accesión 17750 (13590 ug/g), y de la accesión 9892 (13300 ug/g) los valores más bajos se registró en la accesión 16450 (8940 ug/g).

El contenido de polifenoles más alto se presentó en la accesión 17750 (11680 ug/g), seguido de las accesiones 10757 (11410 ug/g), 15661 (10690 ug/g) y la accesión 9892 (8560 ug/g), los valores más bajos se presentó en la accesión 16450 (4520 ug/g).

En lo relacionado al contenido de capsaicina el valor más alto se presentó en la accesión 16209 (5590 ug/g) seguido de las accesiones 10757 (4880 ug/g), 7816 (4610 mg/g), 17750 (4500 ug/g) y de la accesión 9892 (3140 ug/g) el valor más bajo se registró en la accesión 16450 (200 ug/g).

El valor más alto de antioxidante de registro en la accesión 17750 (90,85 mg/g), seguido de las accesiones 15661 (87,03 mg/g), 10757 (84,51 mg/g) y de la accesión 9892 (80,22 mg/g), el valor más bajos se registraron en la accesión 16454 (67,4 mg/g).

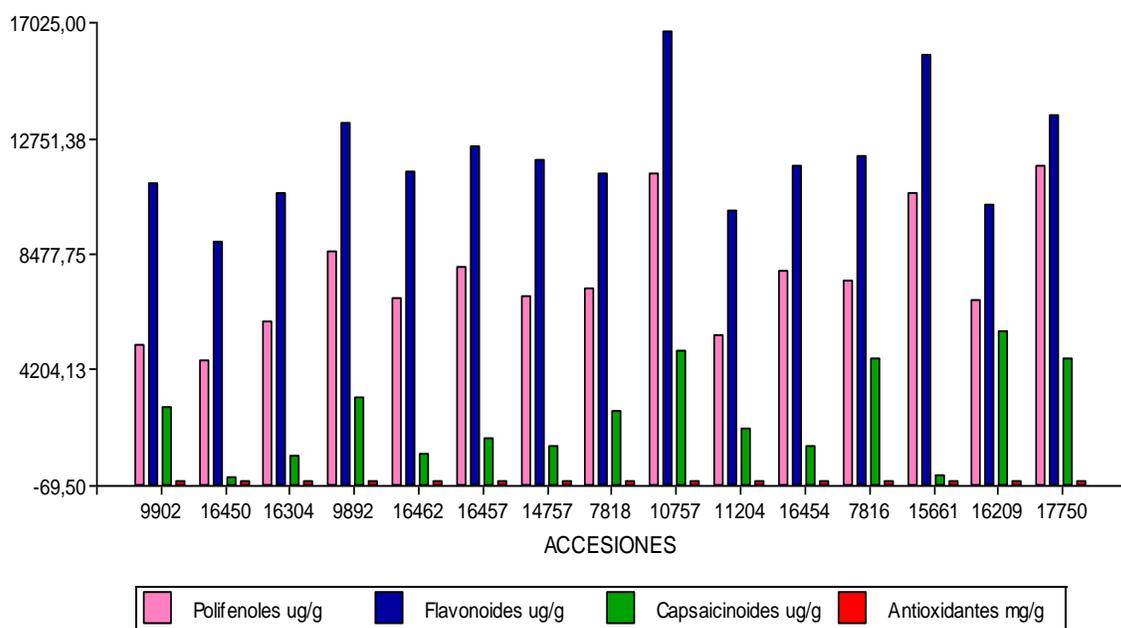


Figura 39. Valores nutricionales de *Capsicum* spp.

El Biplot realizado a partir del análisis de componentes principales de las 15 accesiones seleccionadas muestra los dos primeros componentes principales una varianza explicada superior al 92% (Figura 40). Los contenidos de polifenoles, antioxidantes y flavonoides están muy correlacionados entre si y estos a su vez se correlacionan con la humedad, todas estas correlaciones son positivas (Anexo 6). En el caso de la capsaicina su contenido es independiente de las cantidades de polifenoles, antioxidantes y flavonoides.

Las accesiones 17750, 10757, 9892 y 15661 son las que presentan mayor cantidad de polifenoles, antioxidantes y flavonoides, a su vez estos cuatro accesiones junto a la accesión 16209 y al 17262 fueron los que mayor puntaje obtuvieron en la selección realizada por los productores. Las accesiones 17750, 10757 a su vez son las que contienen más contenido de capsaicina entre las selectas, siendo solo superadas por la accesión 16209. En el lado opuesto la accesión 16450 es la que menos contenido de valores nutricionales tiene y a su vez tiene un bajo contenido de capsaicina.

De las cuatro accesiones seleccionadas con el mejor contenido nutricional dos de ellas pertenecen al género *C. chinense* (17750 y 10757) y la accesión (15661) pertenece al género *C. annuum*, la accesión 9892 pertenece a la especie *C. frutescens*. Respecto a la clasificación realizada por conglomerados estas cuatro accesiones pertenecen a los grupos G2, G3 y G9. El

contenido más alto de capsaicina se registró en la accesión 16209 perteneciente a la especie *C. baccatum*.

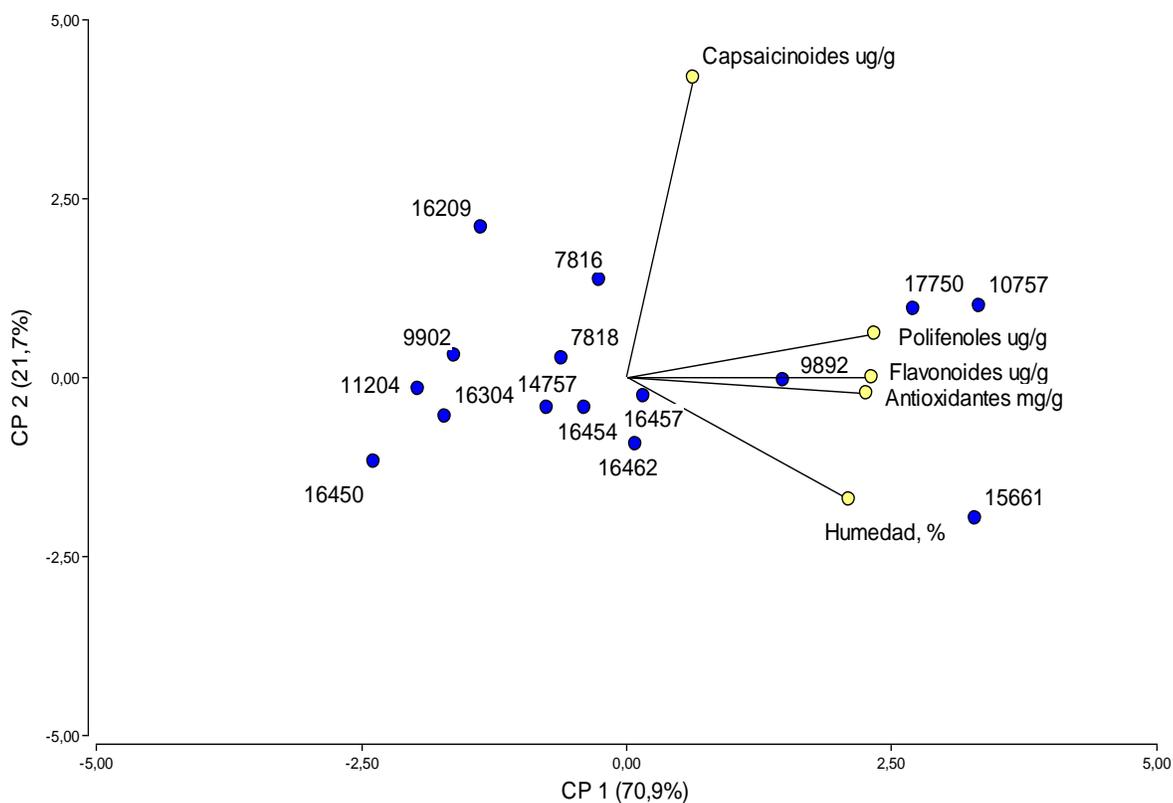


Figura 40. Gráfico Biplot obtenido del análisis de componentes principales de las 15 accesiones de *Capsicum* spp.

5 DISCUSIÓN

La asombrosa diversidad genética de *Capsicum* spp., presente en la Colección de CATIE muy probablemente incluye accesiones con características bioquímicas y organolépticas especiales e interesantes; así como, nuevas fuentes de resistencia o tolerancia a plagas, enfermedades, sequía, frío, calor, y otras causas de estrés biótico y abiótico de importancia agronómica.

La evaluación de la variabilidad genética de la colección de *Capsicum* spp., del CATIE, permitió identificar dos grandes grupos bien diferenciados por sus características morfológicas estos son el grupo uno formado por los subgrupos G7, G8, G5 y G3 representados por especies de *C. annum*., y el segundo grupo formado por los subgrupos G4, G9, G6, G2 y G1, los mismos que se caracterizan por tener especies mayormente de *C. frutescens*. Sin embargo, dentro de la selección están presentes accesiones de *C. baccatum*, *C. pubescens* y algunas de *C. chinense*, las mismas que comparten características muy similares. De éstos el G4 presentan accesiones de *C. frutescens* y presentan diferencias morfológicas en relación a los G9, G6 y G2; de igual forma el G1 está formado por accesiones de *C. baccatum* lo que les diferencia de los demás grupos por presentar manchas en la corola que coinciden casi por completo con la clasificación propuesta por García, (2006). Este investigador concluyó que las especies de *C. annum*, *C. frutescens* y *C. chinense* conforman un grupo en vía de diferenciación, lo cual lo atribuye a las distancias fitogenéticas entre los grupos y dentro de los grupos basado en la caracterización morfológica, isoenzimática y los estudios de cruzabilidad entre especies silvestres y domesticadas.

Con base en lo anterior se identificó entre grupos 15 caracteres cualitativos y 6 caracteres cuantitativos con mayor capacidad discriminante, siendo color de la corola, color de las anteras, posición de la flor, color mancha de la corola, pubescencia de la hoja, longitud de la hoja, ancho de la hoja, ancho de la planta, longitud del fruto y altura de la planta los caracteres más ventajosos para utilizarse en una descripción morfológica inicial. Smith y Heiser (1951) quienes destacaron que el hábito de crecimiento de la planta, la pubescencia y el color de la corola son características que las describen a las especies de *Capsicum* spp. En la especie *C. frutescens* las flores son verdosas y el hábito de crecimiento es erecto y de escasa pubescencia, en la especie *C. annum* las flores son de color blanco o amarillo claro y el hábito de crecimiento es compacto o postrado y tienden a ser pubescentes.

La caracterización morfológica, permitió determinar la variabilidad genética del género *Capsicum* spp., presente en la población en estudio, facilitando así la identificación de materiales con características deseables desde el punto de vista, hábito de crecimiento, posición de la flor, tamaño del fruto; tolerancia a plagas y enfermedades; los resultados obtenidos en esta investigación confirman la diversidad tanto intra como interespecífica en *Capsicum* spp., presente en el banco de germoplasma del CATIE; el agrupamiento que se encontró de los morfotipos en esta investigación fue similar a los informados por Hernández et ál. (2006), quienes reportaron que los tipos comerciales se agruparon en forma diferente en comparación con los silvestres. Esta diferenciación morfológica (relativamente alta) entre morfotipos es posible que se deba a los cambios producidos por la domesticación, que han ocurrido en diferentes direcciones.

En las características cualitativas, aunque las especies del género *Capsicum* spp., comparten rasgos comunes (Cuadro 32) presentan características propias, entre las cuales se pueden destacar el color de la corola amarillo (*C. chinense*), la mancha en la corola (*C. baccatum*); el hábito de crecimiento compacto o postrado y tienden a ser pubescente, la posición pendiente del fruto y el color de la corola blanco en (*C. annuum*) y la posición erecta de los frutos, hábito de crecimiento erecto, escasa pubescencia y color de la corola amarillo verdoso para la especie *C. frutescens*. En este sentido, Smith y Heiser (1951) indicaron que la pubescencia, el hábito de crecimiento de la planta y el color de la corola son características que describen a las especies de *Capsicum* spp.

Las especies en estudio presentaron 70 accesiones con el carácter hipocotílo morado, tallo morado en 5 accesiones, antocianina de nudo morado en 78 accesiones, antocianina morado claro en 46 accesiones y morado oscuro en una accesión. Disponer de accesiones con estas características es importante porque el color morado determina la presencia de antocianinas, las mismas que son catalogadas como agentes nutraceuticos como lo menciona Bhattacharya et ál. (2010). Estos autores indican que las antocianinas minimiza la proliferación de células cancerígenas, la prevención del daño de lípidos en alimentos y la protección de enfermedades contra el corazón. Así mismo (Rodríguez y Kimura, 2004) mencionan que los antioxidantes tienen la capacidad de neutralizar o reducir la actividad de los radicales libres, asociados con enfermedades cardiovasculares

En las accesiones evaluadas indistintamente se presentaron los tres tipos de forma de la hoja: oval, deltoide, y lanceolada. De igual manera, la pubescencia en la hoja se presentó en sus características escasa, intermedia y densa, de modo específico la mayor cantidad de accesiones presentó pubescencia escasa y el color de la hoja madura mayormente fue de color verde. Esto concuerda con los resultados encontrados por Smith and Heiser (1951) quienes mencionan que la pubescencia para *C. frutescens* tiende a ser escasa y para *C. annuum* tiende a ser pubescente tomando en cuenta que en la población caracterizada mayormente está representada por accesiones de las especies *C. annuum* y *C. frutescens*. Sin embargo los mismos autores mencionan que dar una tonalidad de verde a la hoja en campo se debe tener en cuenta algunos factores como la sanidad de la planta, la luz, la edad de la hoja, ya que al ser evaluado mediante una escala se vuelve subjetivo al evaluador.

Los resultados de esta investigación concuerda con lo reportado por (Hernández et ál. 2004) quienes mencionan que las características de las flores por axila es una variable importante para establecer diferencias entre las especies *C. annuum* y *C. frutescens*, los *C. annuum* se caracterizaron por poseer flores solitarias y los *C. frutescens* por presentar más de una flor por axila. De igual forma el color blanco de la corola se presentó en 47,40% de las accesiones evaluadas principalmente en los G3 y G7 lo que concuerda por estar representados por especies *C. annuum*. El color amarillo verdoso de la corola se presentó en 36,46% de las accesiones evaluadas específicamente en los G4, G9 y G6 constituidos por especies de *C. frutescens*, mientras que el color de la corola amarillo claro se presentó en 7,29% esencialmente en el G1 formados por la especie *C. baccatum*. Lo anterior concuerda con Pickersgill (1980) quien menciona que en *Capsicum*, se definen dos grupos de flores: blancas y púrpuras. En el grupo de flores blancas hay dos subgrupos, el constituido por *C. baccatum* y el que agrupa a *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*. El grupo de flores púrpuras se encuentran las especie *C. eximium*, *C. cardenasii* y *C. pubescens*, de igual forma la característica del color de la corola fue estudiada por Smith y Heiser (1951) en la determinación de especies, los autores plantean que en *C. frutescens* las flores son amarillo verdosas; para *C. annuum* son blancas.

El color morado de la antera se presentó para *C. chinense*, mientras que *C. baccatum* presentó una coloración amarilla, además de manchas en la corola, que es la característica típica de esta especie. *C. annuum* presentó anteras azul pálido, y *C. frutescens*, un color azul.

La tendencia de las especies fueron a no tener mancha en la corola excepto la especie *C. baccatum* que si la posee. Las flores en *C. frutescens* son erectas y en *C. annuum* y *C. chinense* la posición de las flores varió entre intermedia y/o pendientes. El hábito de crecimiento de la planta tuvo una tendencia a ser erecto, sin embargo se encontraron plantas con características postradas y estas corresponden a introducciones con frutos pesados. Según Smith y Heiser (1951) indican que en *C. frutescens* las plantas tienden a ser erecta y perennes y para *C. annuum* tienden a ser bajas y anuales. Es importante mencionar que la característica postrada es poco deseable porque los frutos sufren daño al estar en contacto con el suelo y se incrementa los gastos de mano de obra que se emplea para el tutoreo.

En las accesiones caracterizadas se registraron altos coeficientes de variación para las características del fruto, lo que indica la importancia de discriminar la variabilidad en una colección. Trabajos similares se han reportado por Smith y Heiser (1951, 1957) quienes sostienen que en cada especie de chile se encuentran diversas formas de fruto y color de fruto inmaduro. En las accesiones evaluadas la forma del fruto fueron mayormente triangulares y elongados, sin embargo las especies de fruto pequeño tendieron a ser redondos y los frutos comerciales tienden a ser cónicos especialmente las especies de chile dulce. En las cinco especies estudiadas se observó alto coeficiente de variación para caracteres del fruto, lo cual indica la importancia para discriminar variabilidad en una colección de germoplasma. Trabajos similares han mencionado que la variabilidad del género se da principalmente por las características del fruto, seguido por la arquitectura de la planta, estructura de las flores y número de flores por axila Pardey et ál. (2006). Igualmente, García (2006) reportó que las correlaciones mostraron que caracteres como ancho, peso y longitud de 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* spp., lo que concuerda con los resultados encontrados en el presente trabajo.

Pickersgill (1980) menciona que en *Capsicum*, la contricción anular del cáliz es propia de la especie *C. chinense* y está ausente en las otras cuatro especies. Para el color de los frutos inmaduros es normal que los frutos en *Capsicum* spp., inicien con una coloración verde antes de alcanzar la coloración final, sin embargo los frutos en estado maduro tienen mayormente tonalidades rojas y forma alargada solo en *C. chinense* maduran con tonalidades de fruto de amarillo y naranjas. Esto se puede apreciar con los resultados obtenidos donde algunas

accesiones presentaron frutos en estado intermedio de colores amarillo en especies de *C. chinense* (7300, 12154, 5489), *C. frutescens* (10946, 10793, 15654). La forma del ápice del fruto fue puntiaguda y/o roma y a su vez fueron los que presentaron generalmente el mayor largo de la placenta. La forma del fruto en la unión con el pedicelo donde las categorías agudo y obtuso son similares y por lo tanto en estas dos categorías fueron donde se ubicaron la mayoría de los frutos, en este sentido a medida que el fruto es más ancho se acerca al truncado y cordado, mientras que la característica de los frutos comerciales son lobulados y la epidermis del fruto frecuentemente es lisa en frutos pequeños.

La población de *Capsicum*, presentó variación morfológica en las características cualitativas de las especies *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens* debido a que compartieron rasgos morfológicos entre las tres especies lo que dificulta la clasificación taxonómica. Esto concuerda con los resultados de García (2006) y Palacios (2007) quienes confirman esta variabilidad intra específica; además mencionan que como resultado de la descripción morfológica se podría suponer que las tres taxas constituyen un mismo grupo; de igual manera los estudios de Vallejo et ál. (2006) lograron discriminar las especies de *C. pubescens* y *C. baccatum*, pero no entre las especies *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense*. Los resultados de este estudio siguen corroborando la hipótesis de que estas tres especies son un gran grupo en vía de diferenciación lo que concuerda con investigaciones realizadas por Pickersgill, (1997).

Por otro lado, Chávez (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. En este sentido los resultados de la presente investigación presentan 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.

El color de la corola, color de la antera, posición de la flor, la longitud de la placenta, pubescencia del tallo tuvieron una marcada influencia en la discriminación, de tal modo que los *C. annuum* se caracterizaron por presentar color de flor blanca y una flor por axila. Eso contribuyó en mayor medida a la separación de las tres especies, destacándose en la diferenciación entre los *C. annuum* y *C. frutescens*. Vale destacar que la longitud de la placenta influyó también en el agrupamiento de las muestras, lo que difiere con el descriptor botánico de *Capsicum* (IPGRI, AVRDC y CATIE 1995), ya que ellos no consideran por este

como características altamente discriminantes para la diferenciación de las especies. Según Sreelathakumary et ál (2004) mencionan que la longitud de la placenta está correlacionada con la masa de los frutos, mayor tiempo de duración en el mercado (vida de anaquel); y ésta es mayor en *C. frutescens* que en los *C. annuum* y en ella se almacena la capsaicina, además, influye en un buen llenado de las cavidades del fruto y la producción de semillas.

El chile como tal se considera una especie autógama facultativa, por lo que es capaz de autopolinizarse y polinizar a otras plantas del mismo género (Timina et ál, 2004 y Vidal y Ramírez, 2005). Lo anterior corresponde con los resultados de Pardey, et ál (2006) quienes afirmaron que existe diversidad genética dentro y entre las especies del género *Capsicum*; la asociación entre caracteres puede facilitar la identificación de las especies silvestres. Sreelathakumary et ál (2004) mencionan que el diámetro y la longitud de los frutos son caracteres correlacionados con la masa de éstos, poseen un alto valor discriminante y facilitan la identificación de los morfotipos. Los chiles silvestres con frutos pequeños tienen mayor demanda por ser más picosos que los frutos grandes. El tamaño del fruto es un carácter de herencia compleja, resultado de la interacción de varios genes, pero está sujeto a modificaciones considerables por los factores del medio ambiente. La masa de 1000 semillas y el número de semillas por fruto están correlacionados con la masa del fruto y juegan un papel importante en la conservación de las especies de *Capsicum*.

Según Andrews, (1995) las accesiones pertenecientes a la especie *C. annuum*, presentan flores de color blanco y se caracterizan por poseer frutos pequeños, ovoides con dos lóculos, la baya o fruto con diferentes colores: verde claro, verde, morado, amarillo, anaranjado y rojo intenso. La especie *C. frutescens* se caracteriza por presentar frutos alargados terminados en punta roma, con dos lóculos por fruto, lo que concuerda con los resultados encontrados en la caracterización morfológica donde la mayoría de los grupos pertenecen a *C. frutescens* y *C. annuum*.

El análisis discriminante encontró menor distanciamiento entre las especies de *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense*. Estas tres especies se separan claramente de *C. baccatum* y de *C. pubescens* porque es una especie que crece en tierras altas donde las condiciones climáticas difieren de las altitudes bajas donde *C. pubescens* se distribuye por la región media de la cordillera de los Andes. *C. baccatum* tiene amplia distribución por las tierras bajas de Suramérica como lo menciona Pickersgill (1980). Los resultados anteriores son corroborados

también por los trabajos realizados por García (2006) quien señala que la caracterización morfológica no permitió diferenciar las especies de *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens*. Estas observaciones son concordantes con Pardey et ál (2006) quienes concluyeron que las especies *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens* señalando que estas especies conforman el mismo grupo morfológico; al igual que Vallejo et ál (2006) lograron discriminar las especies *C. pubescens* y *C. baccatum*, pero no lograron discriminar *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*.

Según (Martín et ál 1991 y Fernández, 1984), los chiles con frutos grandes y epidermis gruesa tienden a ser menos picantes, y a medida que el fruto es más pequeño y la epidermis es más delgada la concentración de capsaicinoides incrementa; de igual forma, los frutos que tienen más semillas son menos pungentes; lo que concuerda con los resultados de nuestra investigación, la accesión 16209 presento mayor contenido de capsaicina, mientras que la accesión 16450 fue la que registro menor contenido de capsaicina, esto demuestra que está relacionada a frutos grandes, epidermis gruesa y sus flores son de tipo pendiente características típicas de la especie *C. annuum*.

La mayor altura de las plantas se registró en la especie *C. frutescens* perteneciente a los G2 y G9, mientras que los grupos G5 y G7 pertenecientes a *C. annuum* fueron los que presentaron las alturas más bajas; igualmente el mayor diámetro de copa se registró en el G2 y G1 y los diámetros menores de copa se registró en los G7 y G8, lo que permite concluir que las alturas de las plantas de Chile están relacionadas con el diámetro de copa a mayor altura mayor diámetro de copa, las diferencias del crecimiento que se presentan entre las cinco especies son a causa y desarrollo de las plantas bajo determinadas condiciones climáticas, lo que concuerda con investigaciones realizadas por (Harlan 1992 y Harlan y Wet 1971) quienes menciona que el germoplasma de las plantas domesticadas es continuamente perturbado por el ambiente, la presión de selección y la biología.

Las variables denominadas como cuajado del fruto, rendimiento número de frutos/planta, periodo a la fructificación y rendimiento peso fruto por planta no se registraron debido a que son características altamente influenciada por el ambiente. La heredabilidad es baja y está asociada de manera directa e indirecta con otros rasgos de interés como son el número de frutos, peso de los frutos. Si se desea hacer selección a estos caracteres se debe iniciar desde las primeras generaciones filiales como lo menciona Pardey et ál., (2006). La cantidad de

frutos que da un material, está determinada por la producción de flores. Las enfermedades apicales disminuyen o anulan la floración, las altas temperaturas causan aborto floral. Cada genotipo posee condiciones climáticas óptimas para su normal desarrollo, es indispensable identificar el potencial de producción del material para aumentar la producción.

El futuro que posee el cultivo de chile del Banco de Germoplasma del CATIE exige desarrollar tecnologías que incrementen los rendimientos en función del tamaño, cantidad y peso óptimo que cada genotipo posee, esto se logra con prácticas de manejo del cultivo que incluya control de enfermedades, plagas, fertilización, distancias de siembra. Incrementar los rendimientos y ser competitivos con los mercados internacionales exige desarrollar un programa de Manejo Integrado del cultivo.

El contenido de polifenoles, flavonoides y capsaicinoides totales varió en las accesiones evaluadas, con tendencia a presentar asociación con la clasificación morfológica descrita por Morán et ál. (2002). Así se puede confirmar que el manejo, selección, multiplicación en intercambio influye en las accesiones colectadas de chile hasta en un nivel de diferenciación apreciable en términos fitoquímicos como los flavonoides, polifenoles, antioxidantes y capsaicinoides, ya que los materiales evaluados son de diferentes especies y han sido colectados en diversas partes de centro y sur américa. Appedinno (2008) estudio 13 tipos de *Capsicum annuum*, encontrando niveles de concentración de flavonoides menores entre 28 y 551 ug/g a los encontrados en las accesiones estudiadas en la presente investigación, donde se encontró valores entre 16640 ug/g y 8940 ug/g de flavonoides respectivamente.

Con base en los resultados las diferentes accesiones se pueden clasificar en chiles con contenido de capsaicina alto a las accesiones 16209 (5590 ug/g), 10757 (4880 ug/g) y bajo a la accesión 16450 (200 ug/g), estos resultados coinciden con los encontrados por Cázares et ál (2005), quienes reportan que las poblaciones de *Ma'x ik* y *Sukurre* pertenecientes a la especie *C. chinense* presentaron los valores más altos de capsaicina (2930,54 y 4355,55 ug/g) mientras que los valores más bajos reportan para las poblaciones de chile dulce (204,72 ug/g). Estos mismos autores mencionan que las especies de *Capsicum* tienen fuertes asociación con los usos específicos para cocinar. Sin embargo en trabajos realizados por (Zewdie y Bosland 2000) señalan que el ambiente del cultivo influye en el contenido de capsaicina en los chiles *C. annuum* ellos evaluaron un conjunto de líneas doble haploides, un híbrido F1 y una

variedad de polización libre en diferentes ambientes y determinaron que algunos materiales presentaron concentraciones de capsaicinoides diferentes al ser cultivados en diversos ambientes.

El contenido de capsaicina las accesiones 10757 (4880 ug/g), 7816 (4610 ug/g), 16209 (5590 ug/g) y la accesión 17750 (4600 ug/g) presentaron valores importantes lo que concuerda con investigaciones realizadas por Cázares et ál. (2005) donde mencionan que el chile habanero (*C. chinense*) es el que presentó el contenido más alto de capsaicina; es por ello que en México usan mayormente esta especie debido al mayor picor, y a sus propiedades analgésicas, anti-inflamatorias, antioxidantes e incluso anticancerígenas al inhibir el crecimiento dependiente de andrógenos en células cancerígenas de seno, colon, adenocarcinoma gástrico y de próstata como lo menciona Morie et ál (2006).

Antonious et ál. (2006) estudiaron diferentes géneros de *Capsicum*, encontrando niveles de concentración de capsaicinoides menores (0.9 a 2.5 μ g de capsaicina/g) y a los reportados por Estrada et ál . (2000) donde informan que los niveles de capsaicinoides van aumentando conforme avanza la maduración, encontrando niveles de concentración de capsaicinoides entre 150 a 700 μ g de capsaicinoides totales/g (ps), estos valores son menores a los reportados en las accesiones estudiados en la presente investigación, donde se encontró valores entre 5590 a 200 ug/g.

6 CONCLUSIONES

La caracterización agronómica de 200 accesiones de *Capsicum* spp., permitió clasificar la variabilidad genética en 9 grupos de los cuales un grupo constituido por accesiones de *C. baccatum*, 4 grupos por accesiones de *C. frutescens* y 4 grupos por accesiones de *C. annuum*.

Las características cualitativas más discriminantes en orden de importancia fueron color de la corola, color de las anteras, posición de la flor, densidad de hoja, densidad de ramificación, susceptibilidad al estrés biológico, color mancha de la corola, macollamiento, antocianina del nudo, arrugamiento transversal del fruto, forma del fruto en la unión con el pedicelo, pubescencia del tallo, pubescencia de la hoja, persistencia del pedicelo con el tallo, color del fruto en estado intermedio.

Las características cuantitativas más discriminantes en orden de importancia fueron longitud de la hoja, ancho de la hoja, ancho de la planta, ratio altura/ancho de la planta, longitud del fruto, altura de la planta.

Cinco descriptores cualitativos fueron los que permitieron separar entre grupos morfológicos: color de frutos anaranjados, amarillos y color de antera morada para *C. chinense*; mancha en la corola para *C. baccatum*; semilla negra para *C. pubescens*; color del hipocotilo morado y flor erecta para *C. frutescens*.

Las características cuantitativas que presentaron mayor valor discriminante fueron: peso del fruto, ancho del fruto, longitud del fruto y espesor de la pared del fruto.

Las accesiones de chile del Banco de Germoplasma del CATIE presentaron alta variabilidad fenotípica útil en los Programas de mejoramiento genético y restitución en fincas de productores con la finalidad de diversificar los sistemas de producción y asegurar el uso y consumo.

Una característica importante para el mercado es que las accesiones de los grupos (G3 y G4), pertenecientes a las especies *C. annuum* y *C. frutescens* presentaron frutos persistentes, es decir la capacidad del material de mantenerse después de su cosecha, con lo cual se puede tener provisiones constantes para el mercado con buen precio. De igual forma, el fácil desprendimiento del pedúnculo de los frutos permite ahorrar mano de obra con lo cual se abaratan los costos de producción.

De acuerdo a la evaluación participativa de los genotipos, los participantes priorizaron por el color, forma y sabor de los frutos a las accesiones 10757, 15661, 17750, 9892, 15661, 16209, 7816.

Existen accesiones con potencial para seleccionar por los contenidos de polifenoles, antioxidantes, flavonoides, y por el contenido de capsaicina, ya que son elementos esenciales para la contribución de la dieta alimenticia.

Las accesiones 17750 y 10757 presentaron los valores más altos de contenido de polifenoles. La accesión 10757 presentó el contenido más alto de flavonoides. La accesión 16209 presentó el valor más alto de capsaicina y la accesión 17750 presento el valor más alto de antioxidantes.

En esta investigación se ha identificado las accesiones pertenecientes a los G2, G3, G7 y G9 como promisorias debido a las características como altura de planta con un rango entre 53,15 y 74,70cm, ancho de planta entre 51,46 y 67,74cm, días a la floración entre 60,17 y 85,67 días, periodo de fructificación entre 89,83 y 122,36 días, longitud del fruto entre 5,55cm y 6,06 cm, peso del fruto entre 30,31 y 374,52 g, forma del fruto mayormente son elongado y triangulares, además estos grupos presentaron una buena adaptación a las condiciones climáticas de la zona. Dentro de este grupo identificado en la caracterización morfológica ese encuentran las accesiones seleccionadas participativamente, las mismas que tienen características bioquímicas importantes como el contenido de polifenoles, antioxidantes, flavonoides y capsaicina, compuestos importantes para la agroindustria, cualidades que les hacen atractivas para darles un valor agregado.

7 RECOMENDACIONES

Se recomienda incorporar en la base de datos de la colección de *Capsicum* spp., del Banco de Germoplasma del CATIE, las accesiones que no corresponden su morfología a los datos pasaporte encontrados en esta investigación en la identificación taxonómica.

Se recomienda utilizar los descriptores morfológicos discriminantes seleccionados en este estudio, en otras caracterizaciones de *Capsicum* spp., principalmente en colecciones grandes para ahorrar recursos humanos y financieros.

Es importante que se concluya la caracterización y evaluación del germoplasma de *Capsicum* spp., y se intercambie la información con los países de origen para que sea usado en los programas de mejoramiento genético y de forma directa por los productores quienes son los guardianes de las semillas tomando en cuenta que todo material que se usa se conserva.

Es necesario hacer un estudio molecular y ecogeográfico de las accesiones para complementar la caracterización a fin de lograr una mayor utilidad de la colección, tanto en el conocimiento genético como de los ambientes en donde se adaptan de mejor manera.

De igual forma, se recomienda un segundo análisis bioquímico más profundo de germoplasma promisorio, con el fin de detectar la presencia y niveles de resistencia y tolerancia, identificando así aquellos materiales que tengan características deseables y que puedan ser usados directamente por los agricultores o bien incorporados en programas de mejoramiento genético.

Existen buenas perspectivas para la mejora de todas las especies de *Capsicum* spp., debido a la diversidad genética disponible en el banco de germoplasma del CATIE, ya que éstas han sido poco explotadas; sin embargo habría algunos inconvenientes como la selección simultánea tanto a la resistencia a múltiples genes y algunos componentes específicos de calidad como el grado de picor, sabor, color, y el espesor del pericarpio que son algunos de los parámetros requeridos por la industria y el consumidor.

Se recomienda también utilizar el método de evaluación participativa para que los productores sean parte del proceso de selección y evaluación, tomando en consideración los criterios y experiencias de los productores. De igual forma, hacer un mejor aprovechamiento de la diversidad genética presente en la colección de germoplasma del CATIE para

implementar y fortalecer los programas de investigación para la selección de genotipos útiles para los productores.

Sería importante hacer un estudio para ver si la variación en el contenido de polifenoles, capsaicina, antioxidantes y flavonoides de las accesiones analizadas está fuertemente asociada con la especificidad de sus usos alimenticios en los países de origen.

Promover el consumo de chile regional, dando a conocer los compuestos antioxidantes que contiene, así como los beneficios de su consumo como alimento funcional.

Finalmente, pero no menos importante, hay necesidad de aplicar estrategias innovativas de manejo participativo, con los materiales que dispone el Banco de Germoplasma del CATIE, para asegurar su uso sostenible y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados, ya que los productores son y seguirán siendo los custodios de semillas por generaciones.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Abadie, T; Barreta, A. 2001. Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos para los países del cono sur. En Estrategias en los recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur/IICA. Montevideo, UY, PROCISUR. 172 p.
- Alberto, RA. 2000. Planeación de cultivos hortícolas. Basada en la estacionalidad de precios (en línea). San Salvador. Consultado 25 sep. 2011. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/desarrollo/educacion/pdf/diveragrop/PlanCultHortícolas.pdf>
- Anderson, MJ. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* (2001) 26, 32–46.
- Andrews, JP. 1995. The domesticated Capsicums. New edition. Austin:University of Texas. 186 p
- Antonious, G F; Jarret, R L. 2006. Screening *Capsicum* accessions for capsaicinoids content. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*. 41 (5): 717 -729.
- Appendino, G. 2008. Capsaicin and Capsaicinoids. In: E. Fattorusso y O. Tagliatela-Scafati (eds). *Modern Alkaloids: Structure, Isolation, Synthesis and biology*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Weinheim, DE: 73-110 p.
- Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M., Casanoves, F; Di Rienzo, JA; Robledo, CW. (2008). Infostat. *Manual del Usuario*. Córdoba, AR, Editorial Brujas. 336 p
- Bhattacharya, A; Chattopadhyay, A; Mazumdar, D; Chakravarty, A; Pal, S. 2010. Antioxidant constituents and enzyme activities in chilli peppers. *International Journal of Vegetable Science*, 16:201-211.
- Bolaños, A. 2001. Introducción a la Olericultura. San José, CR. UNED. 380p.
- Bosland, PW. 1995 *Capsicums: Innovative uses of and ancient crop*. In: Journal Janick (eds), *Progress in new crops*. ASHS press, Arlinton, VA: 479-487 p.
- Casanoves, F; Pla, L; Di Rienzo, JA. 2011. Valoración y Análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. 1 ed. Turrialba, CR: CATIE. 84p.: il. Serie técnica. Informe técnico/CATIE; no.384
- Castañón, NG; Latournerie, ML; Mendoza, EM; Vargas, LA; Cárdenas, MH. 2008. Colección y caracterización de Chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. *Phyton Journal International of Experimental Botany*. 77: 189-202.

- Castañón-Najera, G; Latournerie-Moreno, L; Leshner-Gordillo, JM; Cruz-Lazaro, E de la y Mendoza-Elos, 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.
- CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza Tropical, CR). 2009. Datos meteorológicos (en línea). San José, Costa Rica. Consultado el 26 Oct. 2011. Disponible en <http://www.catie.ac.cr>
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR.). 1993. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de chile dulce. Turrialba, CR, Programa de Mejoramiento de Cultivos Tropicales. Serie técnica. Informe técnico no. 201. 168 p.
- Cázares, E; Ramírez, P; Castillo, F; Soto, R; Rodríguez, M; Chávez, L. 2005. Capsaicinoids and preference of use in different morphotypes of chili peppers (*Capsicum annuum* L.) of east-Central Yucatán. *Agrociencia* 39: 627-638.
- Chávez-S, JL. 1999. Diversidad morfológica e isoenzimática del chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) en México. Tesis Dr. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 138p.
- Chávez-Servia, JL; Sevilla-Panizo, R. Eds. 2006. Seminario: Fundamentos genéticos y socioeconómicos para analizar la agrobiodiversidad en la región de Ucayali (16 de enero de 2003 Pucallpa, PE). Cali, CO, Bioversity International. sp.
- Cherian, EV; Indira, P. 2003. Variability in *Capsicum chinense* Jacq. *Germplasm. Capsicum and Eggplant Newsletter* 22: 47-53.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1989. Desarrollo del manejo integrado de plantas en el cultivo del arroz. Guía de estudio para ser estudiadas como complemento de la Unidad audiotutorial sobre el mismo tema. CO. 69p
- Cleveland, D. A.; Soleri, D.; Smith, S.E. 1999. Farmer plant breeding from a Biological perspective: Implications for Collaborative Plant Breeding. CIMMYT Economics Working Paper 99-10. Mexico D.F CIMMYT
- Consuelo, H; Nelia, C. 1991. Horticultura. Edición Pueblo y Educación. La Habana Cuba. 139p
- Cornide, MT. 2000. Diversidad genética y marcadores moleculares. La Habana, CU, Departamento de Bioplantas CINC. 150 p

- Costa, CS de la; Henz, GP. 2007. Pimienta (*Capsicum* spp.). Empresa Brasileira de investigación Agropecuária (EMBRAPA). (en línea). Brasil. Consultado 05 nov. 2011. Disponible en http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/doencas.html
- Crisci, JV., MF; López, A. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Washington. D.C, USA, OEA Programa Regional de Desarrollo Científico y tecnológico. 93 p. (Monografía No. 26)
- Daood, H; Kapitany, J; Biacs, P; Albrecht, K. 2006. Drying temperature, endogenous antioxidants and capsaicinoids affect carotenoid stability in paprika (red pepper spice). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 86:2450–2457.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Di Rienzo J.A., Guzman A.W., Casanoves F. (2002). A Multiple Comparisons Method based On the Distribution of the Root Node Distance of a Binary Tree Obtained by Average Linkage of the Matrix of Euclidean Distances between Treatment Means. *JABES* 7(2), 129-142.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Investigación Agropecuária, BR). 2007. Pimienta (*Capsicum* spp). (en línea). Brasil. Consultado 07 nov. 2011. Disponible en http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/botanica.html
- Eshbaugh, W.H 1980. The taxonomy of the genus *Capsicum* (Solanaceae). *Phytologia* 47(3):153 – 166
- Estrada, B; Bernal, MA; Federico, JD; Pomar, F; Merino, F. 2000. Fruit development in *Capsicum annuum*: changes in capsaicin, lignin, free phenolics, and peroxidase patterns. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48(12): 6234 –6239 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1996. Informe de los recursos fitogenéticos en el mundo. *In: Conferencia Técnica Internacional sobre los recursos Fitogenéticos* (Leipzig, Alemania). Roma.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. Producción mundial de *Capsicum*. (en línea). Roma, IT. Consultado 25 sep. 2011. Disponible en <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor>

- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2008. Propuestas de nuevos trabajos para Normas del Codex sobre el Chile Fresco y el Ajo. (en línea). Roma, IT. Consultado 25 sep. 2011. Disponible en http://ftp.fao.org/codex/ccffv14/ff14_10s.pdf
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2009. Draft second report on the state of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture-Final Version. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture 2009.
- Fernández, MJ; Russo, L. 2006. Vida picante de amazonas: gran potencial para el micro y mediana empresa. Maracay, VE. Revista digital CENIAP HOY (Septiembre–Diciembre 2006) no: 12.
- Fernández, SS. 1984. Caracterización química y agronómica preliminar de 73 “tipos” de chile picante (*Capsicum* spp.) de la colección del CATIE. Tesis. Lic. Tec. Alimentos. San José, Costa Rica. 70 p.
- Franco TL; Hidalgo, R. Eds. 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Cali, Co, IPGRI. Boletín técnico no 8., 89 p.
- García, MA. 2006. Estudio de la diversidad genética de las accesiones de *Capsicum* spp. del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia. Ph.D. Thesis. Sede Palmira, Col. UNC. 102p
- González, F; Pita, JM. 2001. Conservación y caracterización de recursos fitogenéticos. Madrid: INEA. 279 p.
- Guigón-López, C; González-González-, PA. 2001. Estudio regional de las enfermedades del chile (*Capsicum annuum* L). y su comportamiento temporal en el Sur de Chihuahua, México. Revista Mexicana de fitopatología 19: 49-56.
- Hair, JF; Anderson, RE; Tatham, RL; Black, WC. 1999. Análisis Multivariante. (eds). Madrid, ES, Prentice Hall. 832p.
- Harlan, J. R.; WET, J. M. 1971. Toward a rational classification of cultivated plant. Taxon 20: 509–517
- Harlan, J.R. 1992. Crops & Man. Second edition. Dynamics of domestication. The American Society of agronomy, Inc and Crop science society of america. 284p
- Hernández, E. 2007. Jardines Botánicos y Bancos de Germoplasma: conservación ex situ frente a las perspectivas de una estrategia para la conservación de las plantas. (en

- línea). ES, Publicación ambienta. Consultado el 22 de octubre 2012. Disponible en http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_AM/AM_2007_65_40_4_6.pdf.pdf
- Hernández, V. S.; Luna, R. R.; Sánchez, C.; González, R. A.; Rivera, B. R. R.; Guevara, G. R.; Sánchez, G. P.; Casas, A.; Oyama, K. 2004. Variación genética en la resistencia a virus en poblaciones silvestres de Chile (*Capsicum annuum* L.). En: Memoria de la Convención Mundial del Chile. (2: 2004 julio 10-14: León). 167 p.
- Hernández-Verdugo, S; Dávila, P; Oyama, K. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. Boletín de la Sociedad Botánica de México 64: 65-84.
- Hidalgo, R. 2003. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. In Franco, T. L.; Hidalgo, R. (eds). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Cali, CO, IPGRI. p 2-26 (Boletín Técnico No. 8). <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=15416258002>.
- Hurtado, I. 2010. Búsqueda de resistencia a *Phytophthora capsici* Leonian en germoplasma de *Capsicum* spp. Tesis. Mag.Sc. Palmira. CO, UNC. 99 p.
- IBPGR (International Plant Genetic Resources Institute). 1983. Genetic Resources of *Capsicum*. Rome, IT. 49 p
- IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute IT); AVRDC (Asian Vegetable Research TW) and CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CR). 1995. Descriptors for *Capsicum* (*Capsicum* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; the Asian Vegetable Research and Development Center, Taipei, Taiwan, and the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Jaramillo, J.; Lobo, M. 1982. Pimentón. In: Manual de Asistencia Técnica de Hortalizas. Ministerio de Agricultura e Instituto Agropecuario. Co. 121-144 p.
- Jaramillo, S. Baena, M. 2000. Material de Apoyo a la Capacitación en Conservación Ex Situ de los Recursos Fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Co. 209 p.
- Jolliffe, IT. 2002. Principal Component Analysis. 2nd ed. Aberdeen AB24 3 UE.383p
- Judez, LA. 1989. Técnicas de análisis de datos multidimensionales, bases teóricas y aplicaciones en agricultura. Madrid, ES, Ministerio de Agricultura y Pesca. 301 p.

- Latournerie, ML; Chávez, L; Pérez, M; Castañón, G; Rodríguez, SA; Arias, LM; Ramírez P. 2002. Valoración in situ de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá. *Revista Fitotecnia México* 25: 25-33.
- Loaiza-Figueroa, F; Ritland, K; Laborde-Cancino, JA; Tanksley, SD. (1989) Patterns of genetic variation of the genus *Capsicum* (Solanaceae) in Mexico. *Plant Systematics and Evolution* 165: 159-188.
- López-Carrillo, L; Fernández-Ortega, M; Costa-Dias, R; Franco-Marina, J; Alejandre-Badillo, T. 1995. Creencias sobre el consumo de chile y la salud en la ciudad de México. *Salud Pública México* 37: 339-343.
- Martín, Nora; González, W. 1991. Caracterización de Acciones de Chile (*Capsicum* spp). *Agronomía Mesoamericana* no. 2: 1-9
- Martínez, WO. 1995. Métodos estadísticos multivariados en biología molecular y su aplicación en investigación agrícola. *Agronomía Colombiana* XII (1): 66-71
- Medina, CI; Lobo, M; Gómez, AF. 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; Hernández, M; Barrera, J; Bardales, X. 2004. Caracterización y usos potenciales del banco de germoplasma de ají amazónico. Bogotá, CO, Universidad Nacional de Colombia. sp.
- Milla A. 2006. *Capsicum* de capsas, cápsula el pimiento. Pimientos: Compendios de Horticultura. Consultado 28 oct 2011. Disponible en <http://www.horticom.com/tematicas/pimientos/pdf/>
- Molina M, JCL; Córdova, T. Eds. 2006. Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura: Informe Nacional 2006. Chapingo, MX. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Sociedad Mexicana de Fitogenética. 172p.
- Morán BSH; Ribero, BM; García, FY; Ramírez, VP. 2004. Patrones isoenzimáticos de chiles criollos (*Capsicum annuum* L.) de Yucatán, México. In L. Chávez-Servia, J. Tuxill, D.I. Jarvis Eds. Cali, CO, IPGRI. p. 83-89.
- Morán. B. S. H., P. Ramírez, J. L. Chávez, y M. Rivero. 2002. Diversidad isoenzimática en chiles de Yaxcaba, Yucatán. In: Memoria del XIX Congreso Nacional de Fitogenética. Saltillo Coahuila, México. 390 p.

- Morie, A; Lehmann, S; O'Kelly, J; Kumagai, T; Desmond, J; Pervan, M; McBride, W; Kizaki, M; and Koeffler, H. 2006. Capsaicin, a component of red peppers, inhibits the growth of androgen-independent, p 53 mutant prostate cancer cells. *Cancer Research*: 66: 3222-3229
- Muñoz M., A. M. 2002. Estudio de cruzabilidad entre las especies cultivadas y silvestres de *Capsicum annuum* L. *Capsicum chinense* Jacq. y *C. frutescens* L. y propuesta de un protocolo para la observación de cromosomas en especies del género *Capsicum*. Tesis Mag.Sc. . Palmira. CO, UNC. 98 p.
- Nuez, F; Gil, R; Costa, J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Madrid, ES, Mundiprensa. Sp
- Palacios, S. 2007. Caracterización morfológica de accesiones de *Capsicum* spp. Ms.C. Thesis. Sede Palmira, Col. UNC.89p
- Palevitch, D. Craker , L. E. 1996. Nutritional and medicinal importance of red pepper (*Capsicum* spp.) . *Journal of Herbs, Spices Medicinal Plants*. 3:55-83
- 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). Ph.D. Tesis. UNAL. 132 p.
- Pardey, RC; García, DMA; Vallejo, CFA. 2006. Caracterización morfológica de cien introducciones de Capsicum del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. *Acta Agronómica* 55: 1-8.
- Pech, AM; Castañón, NG; Tun, JM; Mendoza, M; Mijangos, JO; Pérez, A; Latournerie, ML. 2010. Efectos heteróticos y aptitud combinatoria en poblaciones de chile dulce (*Capsicum annuum* L.). *Revista. Fitotecnia. Mexicana*: 33(4):353-360.
- Perry, L; Dickau, R; Zarillo, S; Holst, L; Pearsall, DM; Piperno, DR; Berman, MJ; Cooke RG; Rademaker, K, Ranere, A; Raymond, JS. Sandweiss, DH; Scaramell, F; Tarble , K; Zeidler, JA. 2007. Starch fossils and the domestication and dispersal of chile peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. *Science* 315:986-988
- Pickersgill, B. 1980. Some aspects of interespecific hibritación in *Capsicum* IV Euocarpia *Capsicum* meeting Wageningen. p. 2 – 6
- Pickersgill, B. 1969. The archeological record of chilli peppers. (*Capsicum* spp.) and the sequence of plant domestication in Perú *American Antiquity* 34: 54-61 p.

- Pickersgill, B. 1969b The domestication of chile peppers *In*: P.J. Ucko ; G.W. Dimbleby (eds). The domestication and exploitation of plants and animals. London, UK, Duckworth and Co. p. 443-450.
- Pickersgill, B. 1983. Dispersal and distribution in crop plant. *Naturwiss ver Hamburg* 7: 285 – 301.
- Pickersgill, B. 1994. From descriptors to DNA: new tools and new tasks in the evaluation of genetic resources. Evaluation and exploitation of genetic resources pre-breeding, Proceedings of the genetic resources section meeting of Eucarpia. FR. 1-10 p.
- Pickersgill, B. 1997. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica* 96:129 - 133.
- Pinzón, JO; Rojas J. 2008. Guía técnica para el cultivo del cacao. 3 ed. Bogotá, CO, FEDECACAO. 189 p.
- Rodríguez M, M. E. 2000. Caracterización molecular por AFLPs de germoplasma de *Capsicum* spp., colectado en la Amazonía colombiana. Tesis Mag.Sc. Medellín. CO, UNC 82 p.
- Rodríguez, D; Kimura, M. 2004. HarvestPlus for carotenoid análisis. Series: HarvestPlus Technical Monographs No. 2. International Food Policy Research Institute (IFPRI). International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Washington, D.C. (USA). 2004. 57 p.
- Rodríguez-Moreno, VM; Luna-Ruiz, JJ; Valle-García, P; Tiscareño-López, M; Ruiz-Corral, JA. 2004. Caracterización patogénica y sexual de *Phytophthora capsici* Leonian y análisis de su distribución espacial en el Centro-Norte de México mediante un sistema de información geográfica. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22: 72-81.
- Sevilla, R. 2006. Manual para caracterización in situ de cultivos nativos: conceptos y procedimientos: definiciones conceptuales básicas. Lima, PE, INIEA. 17-25 p
- Smith, P; Heiser, JR. 1951. Taxonomic and genetic studies of the cultivated peppers, *Capsicum annuum* L. and *Capsicum frutescens* L. *American Journal of Botany* 38: 362-368
- Sreelathakumary, I.; Rajamony, L.2004. Correlation and path coefficient analysis for yield in hot chilli (*Capsicum chinense* Jacq.). *Capsicum and Eggplant Newsletter*. vol. 23. 53-56 p

- Sukrasno, N. Yeoman, M. 1993. Phenylpropanoid metabolism during growth and development of *Capsicum frutescens* fruits, *Phytochemistry*. 32: 839– 844.
- Sun, T; Xu, Z; Wu, C.T; James, M; Prinyawiwatkui, W; No, H.K. 2007. Antioxidant activities of different colored sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science*. 72 (2): S98-S102.
- Tapia, C. Zambrano., E. Monteros., A. 2008. Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación. Quito-EC.
- Timina, O. O.; Tsykaliuk, R. A. y Orlov, P. A. 2004. The identification of genotype quantitative characters by regressive-cluster analysis. *Capsicum and Eggplant Newsletter*. vol. 23. 37-40 p.
- Valdano S; Di Rienzo J. 2007. Discovering meaningful groups in hierarchical cluster analysis. An extension to the multivariate case of a multiple comparison method based on cluster analysis. *Interstat*, 2007, Vol April # 2. (<http://interstat.statjournals.net/YEAR/2007/articles/0704002.pdf>)
- Vallejo, F. A; García, M; Duran, T; Pardey, C. 2006. Caracterización morfológica de 195 accesiones de *Capsicum* del Banco de germoplasma de UNAL-Palmira-Palmira: Universidad de Colombia. 260p.
- Vidal, M. C. y Ramírez, N. 2005. Especificidad y nicho de polinización de especies de plantas de un bosque deciduo secundario. *Ecotrópicos*, Vol. 18, no. 2, p. 73-88.).
- Walsh, BM; Hoot, SB. 2001. Phylogenetic relationships of *Capsicum* (Solanaceae), using DNA sequences from two noncoding regions: the chloroplast *atpB-rbcL* spacer region and nuclear *waxy* introns. *International Journal of Plant Sciences* 162(6): 1409-1418.
- Ward, JH. 1963. Hierarchical grouping to optimize and objective function. *Journal of the American Statistical Association (USA)* 58: 236-244.
- Zewdie, Y., and P. W. Bosland. 2000. Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annuum* L. *Euphytica*. 111: 185-190.

ANEXOS

Anexo 1. Datos pasaporte de las accesiones de *Capsicum* spp.

No. Acesión	Fecha introducción	Género	Especie	Nombre local	País	No. Acesión	Fecha introducción	Género	Especie	Nombre local	País
5440	02/10/1976	<i>Capsicum</i>	<i>baccatum pendulum</i>	Chile	Perú	8055	26/11/1977	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Guatemala
5445	02/10/1976	<i>Capsicum</i>	<i>baccatum pendulum</i>	Chile	Perú	8058	26/11/1977	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Guatemala
5488	02/10/1976	<i>Capsicum</i>	<i>chinense</i>	Chile	Perú	8064	26/11/1977	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile Serrano	México
5489	02/10/1976	<i>Capsicum</i>	<i>chinense</i>	Chile	Perú	8248	25/02/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica
6123	16/12/1976	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Jalapeño	Guatemala	8386	24/04/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica
6126	16/12/1976	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile nance	Guatemala	8394	24/04/1978	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Costa Rica
6143	27/12/1976	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chiltepe	Guatemala	8395	24/04/1978	<i>Capsicum</i>	<i>chinense</i>	Chile	Costa Rica
6586	16/03/1977	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Honduras	8534	10/05/1978	<i>Capsicum</i>	spp.	Jalapeño	Costa Rica
7133	21/07/1977	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala	8567	12/05/1978	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	México
7203	21/07/1977	<i>Capsicum</i>	<i>baccatum pendulum</i>	Chile	Perú	8994	14/11/1978	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Filipinas
7209	21/07/1977	<i>Capsicum</i>	<i>baccatum pendulum</i>	Chile	Perú	8998	14/11/1978	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Panamá
7216	21/07/1977	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Panamá	8999	14/11/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Panamá
7218	21/07/1977	<i>Capsicum</i>	<i>chinense</i>	Chile	Panamá	9015	21/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile picante	Costa Rica
7257	22/07/1977	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Ají dulce	Panamá	9016	21/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile picante	Costa Rica

Anexo1. Datos pasaporte de las accesiones de *Capsicum* spp.(Continuación)

7300	24/07/1977	<i>Capsicum</i>	<i>chinense</i>	Chile	Panamá	9037	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	El Salvador
7417	27/08/1977	<i>Capsicum</i>	<i>baccatum</i>	Chile	Ecuador	9038	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	El Salvador
7816	15/11/1977	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Guatemala	9040	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	El Salvador
7818	15/11/1977	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala	9043	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	El Salvador
7819	15/11/1977	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala	9053	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile quesillo	El Salvador
8047	26/11/1977	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile senijobel	México	9079	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile gallina	El Salvador
9095	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile quesillo	El Salvador	9801	10/09/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica
9096	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile arroz	El Salvador	9803	10/09/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica
9097	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile redondo	El Salvador	9811	16/08/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Colombia
9103	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	México	9832	27/08/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile picante	Costa Rica
9110	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>baccatum</i>	Chile	México	9835	27/08/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile picante	Costa Rica
9115	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Siete caldo	México	9837	27/08/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile picante	Costa Rica
9131	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Jalapeño	México	9839	27/08/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile picante	Costa Rica
9135	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile blanco	México	9841	27/08/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile picante	Costa Rica
9139	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Pimentón	México	9892	16/10/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica

Anexo1. Datos pasaporte de las accesiones de *Capsicum* spp.(Continuación)

9140	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile blanco	México	9902	16/10/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica
9159	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile garbanzo	México	9910	17/10/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile picante	Costa Rica
9183	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile de árbol	México	9916	17/10/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica
9186	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile costeño	México	9917	17/10/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica
9200	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile pico paloma	México	9921	22/10/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica
9201	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile Poblano	México	9923	22/10/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica
9204	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile dulce	México	10003	12/11/1979	<i>Capsicum</i>	<i>chinense</i>	Chile picante	Costa Rica
9226	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile verde Picante	México	10005	12/11/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica
9269	04/12/1978	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	México	10015	12/11/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile picante	Costa Rica
9777	28/07/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica	10630	26/12/1979	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
9778	28/07/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica	10652	26/12/1979	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
9781	28/07/1979	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica	10691	11/01/1980	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Costa Rica
10730	23/01/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Panamá	14376	06/04/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Costa Rica
10757	23/01/1980	<i>Capsicum</i>	<i>chinense</i>	Chile	Panamá	14751	07/06/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	El Salvador
10760	23/01/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Panamá	14756	07/06/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	El Salvador
10762	23/01/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Panamá	14757	07/06/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	El Salvador

Anexo1. Datos pasaporte de las accesiones de *Capsicum* spp.(Continuación)

10792	04/02/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica	14776	11/07/1983	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Guatemala
10793	04/02/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica	15237	12/07/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Costa Rica
10862	05/03/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Honduras	15239	12/07/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Costa Rica
10871	05/03/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Honduras	15389	12/07/1983	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Costa Rica
10886	05/03/1980	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile dulce	Honduras	15395	12/07/1983	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica
10903	05/03/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Honduras	15407	12/07/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Costa Rica
10909	05/03/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Honduras	15412	12/07/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Costa Rica
10946	07/03/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica	15422	12/07/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Costa Rica
10951	07/03/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica	15434	12/07/1983	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica
11058	24/03/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Honduras	15440	12/07/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Costa Rica
11073	24/03/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Honduras	15449	12/07/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Costa Rica
11198	24/03/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Guatemala	15587	22/11/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Zimbabwe
11204	24/03/1980	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Guatemala	15632	01/12/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
11232	24/03/1980	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala	15640	01/12/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
11303	24/03/1980	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala	15641	01/12/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
11305	25/03/1980	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala	15646	01/12/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Jalapeño	Guatemala
11717	19/05/1980	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Cuba	15651	01/12/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
11744	30/06/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile picante	Costa Rica	15653	01/12/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
11745	30/06/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica	15654	01/12/1983	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Guatemala
11755	30/06/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica	15658	01/12/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
11757	30/06/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Costa Rica	15661	01/12/1983	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile dulce	Guatemala

Anexo 1. Datos pasaporte de las accesiones de *Capsicum* spp.(Continuación)

11795	28/07/1980	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Criollo dulce	Guatemala	15914	10/07/1984	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Guatemala
12017	23/12/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Nicaragua	15932	10/07/1984	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
12097	23/12/1980	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Honduras	15976	10/07/1984	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Guatemala
12154	23/12/1980	<i>Capsicum</i>	<i>chinense</i>	Chile	Honduras	15983	10/07/1984	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
12156	23/12/1980	<i>Capsicum</i>	<i>chinense</i>	Chile	Honduras	16209	05/09/1984	<i>Capsicum</i>	<i>baccatum</i>	Ají	Ecuador
12910	11/08/1981	<i>Capsicum</i>	<i>baccatum</i>	Cacho de cabra	Costa Rica	16270	20/11/1984	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
12911	11/08/1981	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Cacho de cabra	Costa Rica	16273	20/11/1984	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
13328	30/03/1982	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Costa Rica	16275	20/11/1984	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
13963	03/09/1982	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Costa Rica	16276	20/11/1984	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
16280	20/11/1984	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Guatemala	17294	03/03/1986	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala
16297	20/11/1984	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala	17750	23/07/1987	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Siria
16304	20/11/1984	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala	17867	28/09/1987	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Espuela de gallo	Guatemala
16308	20/11/1984	<i>Capsicum</i>	<i>pubescens</i>	Chile	Guatemala	18060	06/10/1987	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile tusta	México
16450	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Malasia	18156	25/11/1988	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Espuela de gallo	Guatemala
16451	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Malasia	18229	04/02/1988	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Tabasco	Panamá
16452	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Malasia	18314	05/08/1988	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Maldives
16453	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Malasia	18631	22/09/1989	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Perú
16454	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Malasia	18645	22/09/1989	<i>Capsicum</i>	<i>baccatum</i>	Chile	Perú
16455	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Malasia	18651	22/09/1989	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	España

Anexo1. Datos pasaporte de las accesiones de *Capsicum* spp.(Continuación)

16456	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Malasia	18660	22/09/1989	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile dulce	España
16457	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Malasia	18757	30/01/1990	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Trompa de Buey, chile dulce	Costa Rica
16458	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Malasia	18776	15/03/1990	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	México
16459	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Malasia	18778	15/03/1990	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	México
16460	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Malasia	18787	15/03/1990	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	México
16460	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Malasia	18788	15/03/1990	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	México
16462	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Malasia	18804	15/03/1990	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	México
16463	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	<i>baccatum</i>	Pitanga	Brasil	18805	15/03/1990	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	México
16466	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	<i>baccatum</i>	Chile campana	Brasil	18815	15/03/1990	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	México
16467	22/01/1985	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Brasil	18816	15/03/1990	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	México
16513	20/06/1985	<i>Capsicum</i>	<i>frutescens</i>	Chile	Guatemala	19259	21/01/1992	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Kolobok	Rusia
16521	20/06/1985	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Guatemala	20016	11/08/1993	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Costa Rica
17151	19/12/1985	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Pimiento New Mexico	E.E.U.U.	20029	11/08/1993	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Costa Rica
17247	21/01/1986	<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Chile	Panamá	22115	08/08/2006	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Brasil
17268	03/03/1986	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Guatemala	22119	27/11/2006	<i>Capsicum</i>	spp.	Chile	Costa Rica

Anexo 2. Descriptores de la planta de *Capsicum* spp.



Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
Descriptores para *CAPSICUM*

Número de Accesoión: CAT _____

Datos locales

País y lugar de caracterización y evaluación: _____

Latitud / Longitud / Altitud: _____

Nombre de la persona responsable por la caracterización: _____

Fecha de Siembra: ___/___/___

Fecha de primer Cosecha: ___/___/___

Fecha de Transplante final: ___/___/___

Fecha de última Cosecha: ___/___/___

Número de plantas evaluadas _____

Revisado y actualizado por Andreas W. Ebert & Georgina Vargas Simón en mayo de 2008

Abreviaturas de descriptores uniformizadas y adaptadas para Base de datos: Alexánder Salas S., Agosto 2009

Revisado y modificado por William Solano, enero 2010

Datos de la planta

Aspecto vegetativo

01 COLHIPO Color del hipocótilo. (Fig. 1)

1 = Blanco 2 = Verde 3 = Morado

02 PUBHIPO Pubescencia del Hipocótilo

1 = Escasa 2 = Intermedia 3 = Densa

03 COLORCOT Color de la hoja cotiledonar. (Fig. 1) (Anotar número y valor de la Tabla de colores)

1 = Verde claro 2 = Verde 3 = Verde Oscuro
4 = Morado claro 5 = Morado 6 = Morado oscuro
7 = Jaspeado (abigarrado) 8 = Amarillo
9 = Otro (Especificar en el descriptor notas)

04 FORMCOT Forma de la hoja cotiledonar (Fig. 2)

1 = Deltoide 2 = Oval
3 = Lanceolada 4 = Elongada-deltoide

05 COLTALLO Color del Tallo. Se registra en las plantas jóvenes antes del transplante

1 = Verde 2 = Verde con rayas púrpura
3 = Morado 4 = Otro (Especificar)

06 ANTOCINUDO Antocianina del nudo

(pigmentación) (observar en la parte basal de la planta). Se observa cuando la planta está madura

1 = Verde 2 = Morado claro
3 = Morado 4 = Morado oscuro

07 FORMTALLO Forma del tallo

Se observa cuando la planta esta madura

1 = Cilíndrico 2 = Angular
3 = Achatado (Aplastado)

08 PUBTALLO Pubescencia del tallo (Fig. 3)

Se observa en las plantas maduras, excluyendo los dos primero nudos debajo del brote.

1 = Escasa 2 = Intermedia 3 = Densa

09 ALTURAPLTA Altura de la planta (cm)

Se registra cuando comienza a madurar el primer fruto en el 50% de las plantas.

1 = <25 2 = 25-45 3 = 46-65
4 = 66-85 5 = >85

10 ANCHPLTA Ancho de la planta (cm)

Se mide el ancho de la copa inmediatamente después de la primera cosecha, en el punto mas ancho.

11 RATALTANCHPL Ratio altura/ancho de la

planta (Cálculo: #09/#10) Se mide inmediatamente después de la primera cosecha, en el punto mas ancho.

12 HABCRECI Hábito de crecimiento de la

planta (Fig. 4) Se observa cuando ha comenzado a madurar el primer fruto en el 50% de las plantas

1 = Postrada
2 = Intermedia (compacta)
3 = Erecta
4 = Otro (especificar en el descriptor notas)

13 LONTALLO Longitud del tallo (cm)

Se mide la altura hasta la primera bifurcación, inmediatamente después de la primera cosecha.

14 ANCHTALLO Ancho del tallo (cm)

Se mide en la parte media del tallo hasta la primera bifurcación, inmediatamente después de la primera cosecha.

15 DENSRAM Densidad de ramificación

1 = Escasa 2 = Intermedia 3 = Densa

16 MACOLLA Macollamiento. (Fig. 5)**Se observa debajo de la primera bifurcación.**

1 = Escasa 2 = Intermedia 3 = Densa

17 DENSHOJA Densidad de hoja

Se observa en las plantas sanas y maduras.

Promedio de 10 plantas

1 = Escasa 2 = Intermedia 3 = Densa

18 COLHOJA Color de la hoja. (Anotar número y valor de la Tabla de colores)

1 = Amarillo 2 = Verde claro 3 = Verde

4 = Verde Oscuro 5 = Morado claro 6 = Morado

7 = Jaspeado (abigarrado)

8 = Otro (Especifique en el descriptor Notas)

19 FORMHOJA Forma de la hoja (Fig. 6)

1 = Deltoide 2 = Oval 3 = Lanceolada

20 MARGLAMFO Margen de la lámina foliar

1 = Entera 2 = Ondulada 3 = Ciliada

21 PUBHOJA Pubescencia de la hoja (Fig. 7)**Se observa en las hojas maduras más jóvenes**

1 = Escasa 2 = Intermedia 3 = Densa

22 LONGHOJA Longitud de hoja madura (cm)**23 ANCHOHOJA Ancho de la hoja madura (cm)**

Se mide en la parte más ancha de la hoja

24 RATLONGANCH Ratio longitud/ancho de la hoja (cm) (Cálculo: #22 / #23)**Inflorescencia y frutos****25 DIASAFLOR Días a la floración**

Número de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas tienen por lo menos una flor abierta.

26 NRFLORAX Número de flores por axila

1 = Uno 2 = Dos 3 = Tres o más

4 = Muchas flores en racimo pero cada una en axila individual (crecimiento fasciculado)

5 = Otro (es decir, cultivares con dos flores en la primera axila y con una solamente en la otra)

27 POSIFLOR Posición de la flor (Fig. 8)**Se observa a la anthesis (cuando la flor está completamente abierta)**

1 = Pendiente 2 = Intermedia 3 = Erecta

28 COLCOROLA Color de la corola (Anotar número y valor de la Tabla de colores) (Fig. 9a)

1 = Blanco 2 = Amarillo claro 3 = Amarillo

4 = Amarillo Verdoso

5 = Morado con la base blanca

6 = Blanco con la base púrpura

7 = Blanco con el margen púrpura

8 = Morado

9 = Otro (especificar en el descriptor notas)

29 COLMANCHA Color de la mancha de la corola (Anotar número y valor de la Tabla de colores)

1 = Blanco 2 = Amarillo 3 = Verde Amarillento

4 = Verde 5 = Morado

6 = Otro (especificar en el descriptor notas)

30 COLANTERA Color de las anteras. (Fig. 9b)

Se observa inmediatamente después de la floración y en el momento de anthesis (cuando la flor está completamente abierta)

1 = Blanco 2 = Amarillo 3 = Azul pálido

4 = Azul 5 = Morado 6 = Otro (especificar en el descriptor notas)

31 DIA_FRUTIF Días a la fructificación

Número de días desde el transplante hasta que el 50% de las plantas tienen frutos en la primera y segunda bifurcación.

32 ANTOCIANFR Manchas o rayas antocianínicas (pigmentación rosada, roja o morada)

Se observa en frutos inmaduros justo antes de la madurez

1 = Ausente 2 = Presente

33 COLFRINTERM Color de fruto en estado intermedio (Anotar número y valor de la Tabla de colores) Se observa justo antes de la madurez

1 = Blanco 2 = Amarillo 3 = Verde

4 = Anaranjado 5 = Morado 6 = Morado Oscuro

7 = Otro (especificar en el descriptor notas)

34 CUAJAFRUT Cuajado del fruto

Se registra antes de la cosecha (número de frutos producidos/número de flores)

1 = Bajo (< del 40%)

2 = Intermedio (40-60%)

3 = Alto (>60%)

35 PERIODFRUC Período de fructificación

Número de días desde el primer cuajado del fruto hasta la última formación del fruto

36 COLFRMADU Color del fruto en estado maduro (Anotar número y valor de la Tabla de colores)

- 1 = Blanco
- 2 = Amarillo-Limón
- 3 = Amarillo-naranja pálido
- 4 = Amarillo-naranja
- 5 = Naranja pálido
- 6 = Naranja
- 7 = Rojo claro
- 8 = Rojo
- 9 = Rojo oscuro
- 10 = Morado
- 11 = Marrón
- 12 = Negro
- 13 = Otro (especifique en el descriptor notas)

37 FORMFRUT Forma del fruto (Fig. 10)

- 1 = Elongado
- 2 = Casi redondo
- 3 = Triangular
- 4 = Acampanulado
- 5 = Acampanulado y en bloque
- 6 = Otro (especifique en el descriptor notas)

38 LONGFRUTO Longitud del fruto (cm):

Promedio de 10 frutos maduros de la 2da cosecha

39 ANCHFRUTO Ancho del fruto (cm):

Promedio de 10 frutos maduros de la segunda cosecha

40 PESOFRUTO Peso del fruto (g): Promedio del peso de 10 frutos maduros de la segunda cosecha

41 LONGPEDFRUT Longitud del pedicelo del fruto (cm): Promedio de la longitud de 10 pedicelos de la segunda cosecha

42 ESPFRUTO Espesor de la pared del fruto (mm): Promedio del espesor de 10 frutos maduros de la segunda cosecha

43 FORMUNIPED Forma del fruto en la unión con el pedicelo. (Fig. 11)

- 1 = Agudo 2 = Obtuso 3 = Truncado
- 4 = Cordado 5 = Lobulado

44 CUELLOBASE Cuello en la base del fruto (Fig. 12)

- 1 = Ausente 2 = Presente

45 FORAPICEFR Forma del ápice del fruto (Fig. 13) Promedio de 10 frutos

- 1 = Puntudo
- 2 = Romo

- 3 = Hundido
- 4 = Hundido y puntudo
- 5 = Otro (especifique en el descriptor notas)

46 APENFLOR Apéndice en el fruto, vestigio de la floración (Fig. 14)

- 1 = Ausente 2 = Presente

47 ARRUFROT Arrugamiento transversal del fruto (Fig. 15) Promedio de 10 frutos (1/3 desde el final del pedicelo)

- 1 = Levemente corrugado
- 2 = Intermedio
- 3 = Muy corrugado

48 EPIDFRUT Tipo de epidermis del fruto

- 1 = Lisa 2 = Semirrugosa 3 = Rugosa

49 PERSPEFRUT Persistencia del pedicelo con el fruto. Observar la facilidad de separación en el momento de la cosecha

- 1 = Fácil (leve) 2 = Intermedio 3 = Persistente

50 PERSPETALLO Persistencia del pedicelo con el tallo. Observar la facilidad de separación en el momento de la cosecha

- 1 = Fácil (leve) 2 = Intermedio 3 = Persistente

51 LONPLACENT Longitud de la placenta (Fig. 16)

- 1 = < ¼ longitud del fruto
- 2 = ¼ - ½ longitud del fruto
- 3 = > ½ longitud del fruto

Semilla

52 COLSEM Color de la semilla. (Anotar número y valor de la Tabla de colores)

- 1 = Amarillo claro
- 2 = Amarillo Oscuro
- 3 = Negro
- 4 = Otro (especificar en el descriptor notas)

53 SUPERFSEM Superficie de la semilla

- 1 = Lisa
- 2 = Áspera
- 3 = Rugosa

Preparación del extracto para el análisis de polifenoles totales, flavonoides totales y actividad antioxidante

Pesar un gramo de muestra (chile seco molido) homogeneizar en un Vortex con 20 mL de metanol al 80 %, poner en un tubo de 50 mL con tapa roscada, sonicar durante una hora a temperatura ambiente. Transcurrido este tiempo filtrar y recoger el extracto etanólico, en el cual se hacen las determinaciones. Mantener a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su uso.

Cuantificación de flavonoides totales.

Se toma 1 mL del extracto metanólico, se pone en un tubo, se agregan 4 mL de agua destilada, 0.3 mL de NaNO_2 al 5%, agitar, dejar reposar durante 5 minutos, agregar 0.3 mL de AlCl_3 al 10%, dejar reposar durante 1 minuto, agregar 2 mL de NaOH 1 M, agregar 2.4 mL de agua destilada, agitar y leer la Absorbancia de la solución a 415 nm.

La cuantificación se realiza con una curva de calibración preparada con soluciones de concentración conocida de Quercetina, la cual se toma como referencia.

Cuantificación de compuestos fenólicos totales.

Se toman 100 microlitros del extracto metanólico, se le añaden 3 mL de agua destilada, 250 microlitros de reactivo de Folin 1N, se deja reposar durante 5 minutos, se agregan 750 microlitros de Na_2CO_3 al 20%, se agregan 900 microlitros de agua destilada, se agita, se deja reposar 30 min y se lee Absorbancia de la solución a 765 nm.

La cuantificación se realiza con una curva de calibración preparada con soluciones de concentración conocida de ácido Gálico, la cual se toma como referencia.

Determinación de la actividad antioxidante.

Se aplicó el método utilizado por Chen et ál. (2000), el cual se basa en la reacción de los flavonoides del extracto con el radical libre DPPH (*Captura del radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo*). Se preparó una solución del radical DPPH en metanol a una concentración de 0.02 mg/mL la cual se ajustó con metanol para obtener una absorbancia de 0.74 a 517 nm.

Se prepara una dilución con metanol y se hace la reacción, para lo cual se toma un volumen de la dilución, se le agregan 3 ml de la solución de DPPH, y se fue leyendo la disminución de la absorbancia a 517 nm a los 0, 10 y 30 min de iniciada la reacción.

Se calcula el porcentaje de inhibición del DPPH ocasionada por el antioxidante extraído de la muestra, mediante la ecuación

$$\% \text{ inhibición }_{DPPH} = (A \text{ inicial} - A \text{ final})/A \text{ inicial} *100$$

En donde:

A inicial se refiere a la absorbancia de la reacción con DPPH a 0 min.

A final se refiere a la absorbancia de la reacción con DPPH a 30 min.

Cuantificación de capsaicoides totales

Se toman 0.100 gramos de chile seco, se extraen con 25 ml de acetonitrilo a 80 °C durante 4 horas con agitación cada media hora durante un minuto.

Se enfría el extracto, se filtra y se afora a 25 ml con acetonitrilo. Se filtra con Millipore

El análisis cuantitativo se realizó por cromatografía de líquidos de alta resolución, utilizando una curva de calibración preparada con soluciones de concentración conocida de capsaicina.

Anexo 4. Resultados del análisis discriminante

Tablas de contingencia

Frecuencias absolutas

Frecuencias absolutas

En columnas: Cat_COLCOROLA

mixtos	COLCOR bl	COLCOR amacla	COLCOR amaver	COLCOR ama	COLCOR mo	Total
3	33	2	0	1	0	36
7	28	2	0	0	0	30
1	0	9	0	0	0	9
2	0	0	4	4	2	10
4	1	0	30	2	0	33
6	7	1	12	0	0	20
5	13	0	1	0	0	14
9	1	0	22	7	0	30
8	8	0	1	1	0	10
Total	91	14	70	15	2	192

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	325.34	32	<0.0001
Chi Cuadrado MV-G2	267.26	32	<0.0001
Coef.Conting.Cramer	0.58		
Coef.Conting.Pearson	0.79		

Frecuencias absolutas

En columnas: Cat_COLANTERA

mixtos	COLAN azpa	COLAN ama	COLAN mo	COLAN az	Total
3	34	1	1	0	36
7	28	1	0	1	30
1	0	9	0	0	9
2	0	0	7	3	10
4	0	0	7	26	33
6	7	1	0	12	20
5	13	0	0	1	14
9	0	0	7	23	30
8	8	0	1	1	10
Total	90	12	23	67	192

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	323.70	24	<0.0001
Chi Cuadrado MV-G2	274.07	24	<0.0001
Coef.Conting.Cramer	0.65		
Coef.Conting.Pearson	0.79		

Frecuencias absolutas

En columnas: Cat_POSIFLOR

mixtos	POSF pen	POSF int	POSF ere	Total
3	24	8	4	36
7	28	1	1	30
1	3	2	4	9
2	1	8	1	10
4	0	0	33	33
6	2	4	14	20
5	14	0	0	14
9	6	3	21	30
8	2	1	7	10
Total	80	27	85	192

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	166.04	16	<0.0001
Chi Cuadrado MV-G2	177.86	16	<0.0001
Coef.Conting.Cramer	0.54		
Coef.Conting.Pearson	0.68		

Anexo 5. Resultados del análisis nutricional de Capsicum spp.

MUESTRA	Humedad, %	Polifenoles Totales, ug/g expresado como Gálico	Flavonoides Totales, ug/g, expresados como Quercetina	Capsaicinoides Totales, ug de capsaicina/g chile seco	Actividad Antioxidante de mg/g
9902	4.72	5120	11090	2800	53,89
16450	5.31	4520	8940	200	54,70
16304	4.34	5970	10740	990	54,15
9892	9.50	8560	13300	3140	80,22
16462	7.30	6790	11480	1100	79,97
16457	5.14	7980	12410	1650	76,45
14757	5.18	6910	11900	1370	62,11
7818	4.95	7150	11410	2640	66,03
10757	9.90	11410	16640	4880	84,51
11204	5.48	5450	10040	2020	47,84
16454	5.20	7830	11680	1340	67,40
7816	4.64	7460	12050	4610	66,30
15661	13.75	10690	15750	320	87,03
16209	2.77	6730	10300	5590	58,41
17750	9.03	11680	13590	4600	90,58

Anexo 6. Resultados del análisis de correlación del análisis químico

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	Humedad, %	Polifenoles ug/g	Flavonoides ug/g	Capsaicinoides ug/g	Antioxidantes mg/g
Humedad, %	1,00	1,2E-03	1,9E-04	0,72	6,2E-04
Polifenoles ug/g	0,75	1,00	2,4E-06	0,18	6,1E-06
Flavonoides ug/g	0,82	0,91	1,00	0,38	1,5E-04
Capsaicinoides ug/g	-0,10	0,37	0,24	1,00	0,52
Antioxidantes mg/g	0,78	0,90	0,83	0,18	1,00