CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE ACCESIONES DE *Capsicum* DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA Y DETERMINACION DEL MODO DE HERENCIA DE LA RESISTENCIA A POTYVIRUS (PepDMV)

CATHERINE PARDEY RODRÍGUEZ

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS
CON ÉNFASIS EN MEJORAMIENTO GENÉTICO VEGETAL Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS CULTIVOS TROPICALES

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA

2008

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE ACCESIONES DE *Capsicum* DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA Y DETERMINACION DEL MODO DE HERENCIA LA RESISTENCIA A POTYVIRUS (PepDMV)

CATHERINE PARDEY RODRÍGUEZ
Código: 9004001

Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar el título de Doctor en Ciencias Agrarias con énfasis en Mejoramiento genético de plantas

Directores:

MARIO AUGUSTO GARCIA DÁVILA. Ph. D.
Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira

FRANCO ALIRIO VALLEJO CABRERA. Ph. D
Profesor Titular Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS
CON ÉNFASIS EN MEJORAMIENTO GENÉTICO VEGETAL Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS CULTIVOS TROPICALES

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA

2008

DEDICATORIA

A mi madre por haber creído en mí

A mis hijos Nicolás y Juan Pablo por haber esperado a su mamá

A Mario por apoyarme en toda la actividad científica

A Dios que es en Cristo Jesús por haberme dado fuerza interior para vencer los obstáculos, las barreras y llegar con éxito hasta el final.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

- Mario Augusto Garcia Dávila: Por creer en mí y brindarme las facilidades para la realización del Doctorado.
- Franco Alirio Vallejo Cabrera: Por haberme aceptado como estudiante en el Programa de Hortalizas.
- COLCIENCIAS: Por el apoyo financiero en la realización de este proyecto de investigación y haberme financiado mi sostenimiento durante mi estancia academica.
- Universidad Nacional De Colombia Sede Palmira: por haberme propiciado este espacio para ami formación profesional.
- Al personal del Laboratorio de Biología Molecular; Andres Poso, Profesor Jaime Eduardo Muñoz y Darwin: por su colaboración en la realización y entendimiento de las pruebas moleculares
- La Dra Luz Marina Melgarejo: Por haber coordinado la realización de las pruebas bioquímicas.
- Al personal de Campo en CEUNP: Don Ángel, Mauricio, Yesid, Arquímedes, Durbey, Abraham y Armando Zapata por haberme ayudado en la realización y coordinación de las pruebas en campo
- Dr Francisco Morales: Por facilitarme el laboratorio de Virologia del CIAT en la realización de las pruebas inmunoenzimáticas.
- Mauricio Castaño: Por su colaboración en las pruebas inmunoenzimaticas
- Alejandro, por cuidarme las plantas en los invernaderos del CIAT
- A los estudiantes de Agronomía Mirian Rosero Y Walter Bermudez: Por su colaboración en las labores de campo y laboratorio.
- Marzory Andrade por su colaboración en la edición del trabajo.
- Agradezco a todos mis profesores por sus conocimientos ofrecidos por que con ellos pude alcanzar los objetivos propuestos en esta investigación.

Con todo el corazón
Muchas gracias a la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 1
2 OBJETIVO 3
GENERAL 3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3
3 MARCO CONCEPTUAL 4
3.1 EL GÉNERO *CAPSICUM*: 4
3.1.1 Clasificación Taxonómica 4
3.1.2 Importancia del Género *Capsicum* 5
3.1.3 Origen y Distribución del Género *Capsicum* 8
3.1.4 Bancos de germoplasma del género *Capsicum* en Colombia 9
3.1.5 Características morfológicas del género *Capsicum* 10
Características de la flor 10
Características del fruto 11
Capsaicina 12
3.1.6 Enfermedades 13
Enfermedades Virales 14
3.2 CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA 16
3.3 CARACTERIZACIÓN MOLECULAR EN *CAPSICUM* 18
4 METODOLOGIA 20
4.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA 20
4.2 MULTIPLICACIÓN DE SEMILLA 21
4.3 CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE CAPSICUM 22
4.3.1 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CAPSICUM 22
Análisis de los datos de caracterización morfológica 23
4.3.2 EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE *Capsicum* EN CAMPO 24
Análisis de los datos de evaluación agronómica 24
4.3.3 Determinación del contenido de Capsaicina y Dehidrocapsaicina 25

4.3.4 Evaluación de presencia en campo de Potyvirus, Virus del Mosaico del Pepino (CMV), Geminivirus y Virus del Mosaico del Tabaco (TMV). 25
4.3. 5 EVALUACIÓN A *PepDMV* 25
4.4 CARACTERIZACIÓN MOLECULAR 28
4.4.1 Extracción de ADN 28
4.4.2 Amplificación de primer para microsatélites por PCR 29
4.4.3 Análisis de datos de caracterización molécular 33
4.5 HERENCIA DE LA RESISTENCIA A PepDMV 33
4.5.1 Análisis de los datos para determinar la herencia a PepDMV 35
4.6 SELECCIONAR LÍNEAS DE *Capsicum* CON RESISTENCIA AL VIRUS DEFORMANTE DEL PIMENTÓN PepDMV. 37
5 RESULTADOS Y DISCUCIÓN 38
5.1 CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN MORFO-AGRONÓMICA DE *Capsicum.* 38
5.1.1 Caracterización morfológica en *Capsicum* 41
Descriptores cualitativos 41
Agrupamiento 47
Descriptores cuantitativos 50
Relaciones genéticas 55
5.2 EVALUACIÓN MORFOAGRONOMICA EN *CAPSICUM* 56
5.2.1 Rendimiento 56
5.2.2 Determinación del contenido de Capsaicina 63
5.2.4 Evaluación a PepDMV 68
5.3 CARACTERIZACIÓN MOLECULAR 71
5.4 HERENCIA DE LA RESISTENCIA A PepDMV EN *Capsicum* 80
5.5.1 Capsicum annuum. 80
5.5.2 Capsicum frutescens 82
5.5.3 Capsicum chinense 84
5.6 Selección de líneas de *Capsicum* con resistencia al virus deformante del pimentón PepDMV. 87

6. CONCLUSIONES 89
7 BIBLIOGRAFIA 91
Anexo 1 Pasaporte de 135 introducciones del género Capsicum del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira..... 99
Anexo 2 Descriptores de planta..... 102
Anexo 3 Metodología de laboratorio para extracción de capsaicina usando la tecnica de HPLC 105
Anexo 4 Metodología de laboratorio para realizar pruebas serológicas a virus usando la técnica de ELISA 107
Anexo 5 Características cualitativas de 128 introducciones de Capsicum del Banco de germoplasma de la universidad Nacional de Colombia Sede Palmira 108
Anexo 6 Características cuantitativas de 128 introducciones de Capsicum del Banco de germoplasma de la universidad .....
Anexo 7 Promedio y varianzas de peso de fruto, rendimiento y cantidad de frutos por planta para 100 introducciones de Capsicum 116

LISTADO DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Especies silvestres, semidomesticadas y domesticadas de *Capsicum.*	5
Cuadro 2	Principales países productores de *Capsicum*	6
Cuadro 3	Principales países Importadores de *Capsicum*	7
Cuadro 4	Producción de *Capsicum* en Colombia	7
Cuadro 5	Descripción morfológica de especies domesticadas del género *Capsicum*	11
Cuadro 6	Descriptores cualitativos y Cuantitativos de *Capsicum*	22
Cuadro 7	Escala de evaluación para potyvirus en invernadero	27
Cuadro 8	Secuencias de primers para microsatélites de *Capsicum* tomados de Sanwen *et al*., 2000	30
Cuadro 9	Secuencias de primer para microsateites de *Capsicum* tomados de Umesh Reddy	31
Cuadro 10	Secuencias de primers para microsatélites de *Capsicum* tomados de Lee *et al*., 2004.	32
Cuadro 11	Mezcla para la amplificación de microsatélites en ADN para *Capsicum*	32
Cuadro 12	Cruzamientos entre materiales de *Capsicum* para determinar herencia de la resistencia a PepDMV	34
Cuadro 13	Cantidad de semilla sembrada en población de cruzamientos de *Capsicum* para determinar la herencia de la resistencia a PepDMV	35
Cuadro 14	Distribución geográfica de 128 introducciones de *Capsicum* del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira	40

Cuadro 15	Distribución geográfica de 98 introducciones colombianas de *Capsicum* del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira	40
Cuadro 16	Descriptores cualitativos en 128 introducciones de *Capsicum*	43-44
Cuadro 17	Descriptores cuantitativos para 128 introducciones de *Capsicum* del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira	52
Cuadro 18	Variabilidad explicada por las principales variables sintéticas en 128 introducciones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira	52
Cuadro 19	Correlación entre 20 descriptores del género *Capsicum*	54
Cuadro 20	Distancia genética entre especies de *Capsicum* con base a características cualitativas	56
Cuadro 21	Análisis de varianza para las variables producción por planta, peso de fruto, número de frutos por planta en *Capsicum*.	56
Cuadro 22	Estadística descriptiva para las variables peso de fruto, número de frutos por planta y rendimiento en *Capsicum*	57
Cuadro 23	Evaluación de germoplasma de *Capsicum* a virus	65
Cuadro 24	Resultado de las evaluaciones serológicas para muestras recolectadas en dos fincas productoras de ají y pimentón bajo condiciones comerciales del valle del Cauca	67
Cuadro 25	Introducciones que no mostraron síntomas a PepDMV ni reacción positiva a la tecnica de ELISA y RT-PCR	70

Cuadro 26	Valores de Chi Cuadrado para Equilibrio Hardy Weinberg en 32 loci en cinco especies de *Capsicum*	73
Cuadro 27	Resumen de la frecuencia de alelos en encontrados en 32 microsatelites evaluados en 135 individuos de *Capsicum*	74
Cuadro 28	Resumen estadístico de la variación genética y heterosis para todos los loci en 135 individuos de *Capsicum*	75
Cuadro 29	Resumen de los estadísticos de F	77
Cuadro 30	Las Medidas Imparciales de Nei de Identidad Genética y la distancia Genética entre cinco especies de *Capsicum* a través de marcadores microsatélites	78
Cuadro 31	Cuadrados medios del análisis de varianza para el porcentaje de plantas resistentes a PepDMV en cruces directos y recíprocos de la especie *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense*	81
Cuadro 32.	Comparación de medias del porcentaje de plantas resistentes a PepDMV entre poblaciones formados por Cayenne y Serrano	81
Cuadro 33	Incidencia de virus en cruzamiento de Serrano x Cayenne	81
Cuadro 34	Importancia relativa de cada coeficiente para el cruce entre las variedades Cayenne y Serrano	82
Cuadro 35	Comparación de medias del porcentaje de plantas resistentes a PepDMV entre poblaciones formados por Tabasco e introducción 70	82
Cuadro 36	Incidencia de virus en cruzamiento de Tabasco e introducción 70	83
Cuadro 37	Importancia relativa de cada coeficiente para el cruce entre las variedades Tabasco e introducción 70	83

Cuadro 38.	Comparación de medias del porcentaje de plantas resistentes a PepDMV entre poblaciones formados por Habanero e introducción 631	84
Cuadro 39	Comparación de medias del porcentaje de plantas resistentes a PepDMV entre poblaciones formados por Habanero e introducción 24	85
Cuadro 40	Incidencia de virus en cruzamiento de Habanero e introducción 24	85
Cuadro 41.	Importancia relativa de cada coeficiente para el cruce entre las variedades Habanero e introducción 24	85
Cuadro 42	Cuadro Avance generacional de cruzamientos con resistencia a PepDMV entre introducciones resistentes y variedades comerciales	88

LISTADO DE GRÁFICAS

		Página
Grafica 1	Producción de ají en Colombia 2005	7
Grafica 2	Tipos de descriptores en la caracterización y evaluación de germoplasma	17
Grafica 3	Dendograma cualitativas de 128 introducciones de *Capsicum*	51
Gráfico 4	Relación entre el rendimiento y la varianza del rendimiento en 100 introducciones de *Capsicum*	58
Gráfico 5	Relación entre el peso de fruto y la varianza de peso de fruto en 100 introducciones de *Capsicum*	60
Gráfico 6	Relación entre el número de frutos por planta y la varianza de número de frutos por planta en 100 introducciones de *Capsicum*	62
Gráfico 7	Contenido de capsaicina asociado a peso de fruto en 128 introducciones de *Capsicum*	63
Gráfico 8	Contenido de capsaicina asociado a ancho de fruto en 128 introducciones de *Capsicum*	64
Gráfica 9	Dendograma basado en la distancia genética de Nei´s por el método UPGMA	70

RESUMEN

El género *Capsicum* incluye los pimentones y ajíes de importancia económica para Colombia. El género 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 y oleorrecinas. El programa de Mejoramiento de Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia inició este estudio para obtener materiales de interés agrícola e industrial con resistencias a enfermedades y altos contenidos de capsaicina. Por lo tanto, este proyecto de investigación realizó una caracterización y evaluación agronómica y molecular de introducciones de *Capsicum* pertenecientes al banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia ubicado en la Sede Palmira. Los resultados mostraron variabilidad morfológica relacionada principalmente con las características de fruto, arquitectura de planta y órganos florales. La caracterización morfológica mostró en las especies *C. annuum, C. frutescens* y *C. chinense* mayor identidad genética con respecto a *C. baccatum* y *C. pubescens*. La evaluación de rendimiento mostró que hay materiales más rendidores con respecto a los comerciales conocidos como ají Cayenne, Tabasco y Habanero. Se encontró introducciones de germoplasma con mayores contenidos de capsaicina con respecto a estos mismos materiales comerciales. Se hallaron 13 introducciones dentro del banco con resistencia a PepDMV, un virus común en las plantaciones comerciales de ají y pimentón en el Valle del Cauca. Los estudios de herencia de la resistencia a PepDMV mostraron que los efectos aditivos son importantes en el control de este caracter.

Palabras Claves: *Capsicum*, PepDMV, capsaicina, microsatélite, caracterización morfológica.

SUMMARI

The genero *Capsicum* includes the paprika and peppers that are of economic importance for Colombia and other countries of the world. This genero possesses direct use as food or condiment and it has indirect use in the pharmaceutical industry as medication, colouring and other potential uses that are derived for its capsaicina content. The program of Improvement of Vegetables of the National University of Colombia begins studies focused to obtain materials of agricultural interest as resistances to illnesses and high capsaicina contents. Therefore this investigation project carries out a characterization and agronomic evaluation in introductions of Capsicum belonging to the bank of germoplasma of the National University of Colombia and a molecular characterization to determine the genetic variability. The results showed certain morphological variability mainly for characteristic of fruit, followed by plant architecture and floral organs, the morphological characterization showed that the Species *C. annuum, C. frutescens* and *C. chinense* present bigger genetic identity with regard to *C. baccatum* and *C. pubescens*. The evaluation to characteristic of yield showed that there are materials more yield with regard to the commercial of pepper Cayenne, Tabasco and Habanero. It Germoplasma has introductions with bigger contents of Capsaicina with regard to the commercial ones. They were 13 introductions inside the bank with resistance to PepDMV, It is a common virus in the commercial plantations of pepper and paprika. The inheritance studies of the resistance to PepDMV showed that the effects additives are important in the obtaining of resistant materials.

Key Works: *Capsicum*, PepDMV, Capsaicina, microsatélite, morphological Characterization.

1 INTRODUCCIÓN

Los recursos fitogenéticos son las diversas formas de vida vegetal que hay en la biosfera y que poseen valor. La FAO (1996) se refiere a ellos como la clave para la seguridad alimentaría, el desarrollo agrícola y la sostenibilidad. Mientras las áreas de tierra cultivables se mantienen relativamente fijas, 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 o incrementar la productividad por planta. Por tanto, los recursos genéticos son la materia prima de un programa de mejoramiento vegetal.

En los últimos años se ha logrado concientizar sobre el valor de los recursos genéticos, no sólo desde el punto de vista agrícola y alimentario, sino también como definidores de identidad cultural. Por ello, muchos países, entre los que se encuentra Colombia, se han empeñado en colectar y mantener recursos genéticos propios. Parte de este esfuerzo lo ha llevado a cabo la Universidad Nacional de Colombia Sede en Palmira - UNAL Palmira -, que desde 1985 el Programa de Mejoramiento Genético, Agronomía y Producción de Semillas de Hortalizas ha colectado 770 introducciones del género *Capsicum*.

La conservación del banco de germoplasma de *Capsicum* a pesar de ser una actividad esencial, no se justifica sin su utilización, por eso es necesario avanzar con la caracterización de las introducciones, aumentar el número de descriptores a estudiar para detectar características de interés agrícola o industrial. En *Capsicum* una de las características agrícolas a estudiar son las relacionadas con los patógenos, en especial los virus por que reducen los rendimientos. Para Colombia el grupo de los potyvirus están presentes. Morales *et al* (2005) aisló, identificó y

denominó al virus deformante del pimentón PepDMV como un virus presente en el Valle del Cauca.

De acuerdo a la situación del banco de germoplasma de *Capsicum* UNAL Palmira y la problemática con los virus, se propone continuar con la caracterización morfológica y agronómica de *Capsicum*, hacer estudios de diversidad genética dentro del genero con una caracterización molecular con microsatélites. Estudiar la herencia de la resistencia a PepDMV en variedades comerciales y desarrollar líneas con resistencia a PepDMV.

2 OBJETIVO

GENERAL

Determinar la variabilidad de las introducciones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira con el fin de identificar atributos de interés agrícola para el mejoramiento del cultivo del pimentón y los ajíes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.1 Caracterizar y evaluar mediante descriptores morfológicos y agronómicos introducciones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira con el fin de identificar la variabilidad morfológica entre las introducciones y detectar características de interés agrícola e industrial.

2.2 Caracterizar molecularmente usando la técnica de microsatélites, introducciones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira para identificar la variabilidad genética entre especies.

2.3 Determinar el modo de herencia de la resistencia a PepDMV en materiales comerciales de ají y pimentón.

2.4 Seleccionar líneas de *Capsicum* con resistencia al virus deformante del pimentón PepDMV.

3 MARCO CONCEPTUAL

3.1 EL GÉNERO *CAPSICUM*:

3.1.1 Clasificación Taxonómica

Reino:	Vegetal
Tipo:	Fanerógama
División:	Spermatophyta
Clase:	Dicotiledónea
Subclase:	Simpétala o Gamopétala
Orden:	Solanales o Tubiflorales
Familia:	Solanaceae
Género:	*Capsicum*

Fuente: Zapata *et al*, 1992

El género *Capsicum* junto con otros 84 géneros más, constituye la familia Solanáceae; entre las cuales se encuentran el tomate, la papa, el tabaco, la berenjena, el lulo, la uchuva y medicinales (Jaramillo y Lobo, 1982). En general, las especies del género *Capsicum* son diploides y poseen doce pares de cromosomas (Sihna, 1950).

El vocablo ají se utiliza para nombrar materiales picantes, mientras que para los no picantes se utiliza pimentón. El nombre *Capsicum* se deriva de:
Kapso: que significa picar.
Kapsakes: cápsula (Nuez, *et al* 1996).
Capsa: caja por la forma del fruto (Orbegoso, 1954).
Capto: por su piante (Velasco, 1971).

El género no está bien definido. Hunziker (1979) cita 25 especies, Esbaugh (1980) 27 especies (Cuadro 1). Sin embargo se concuerda en cinco especies domesticadas.

Cuadro 1 Especies silvestres, semidomesticadas y domesticadas de *Capsicum*

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

Pickersgill, 1983

3.1.2 Importancia del Género *Capsicum*

La comercialización de ajíes y pimentones ha registrado un crecimiento positivo a causa del aumento de la población, la demanda para la exportación y el significativo aumento en los usos industriales (Rodríguez, 2000).

Según FAO (2005), la superficie cultivada de *Capsicum* en el mundo está alrededor de 2.020.369 has, que representan una producción de 2.484.153 toneladas y un rendimiento de 12,2 ton/ha. Asia es el continente donde más se lo cultiva, China,

Indonesia son los principales países productores. En América, México es el principal productor. En Africa tambien se ubican grandes productores (Cuadro 2). Estados Unidos y Europa son los mayores importadores de este producto (Cuadro 3). Colombia esta sembrando ají para exportar, en pequeña cantidad para mercados de Estados Unidos y Mexico. Magdalena es el principal departamento productor seguido de la Guajira y el Valle del Cauca (Gráfica 1), pero es el Valle del Cauca el que posee los más altos rendimientos por hectárea (Cuadro 4)

Cuadro 2. Principales países productores de *Capsicum*

País	Área sembrada (has)	Producción (ton)
China	603,000	11,534,871
Indonesia	155,495	552,679
México	149,693	1,853,610
Nigeria	91,000	720,000
Turquía	88,000	1,786,000
Corea	76,724	381,156
Ghana	75,000	270,000

FAO, 2005

Conjuntamente con la yuca y el pescado, el ají es una de las especies más importante dentro de la dieta culinaria y medicinal de las culturas indígenas de la región amazónica. El cultivo se realiza en chagras y huertos habitacionales, dentro de un sistema de agricultura tradicional caracterizado por tala y quema, que luego son abandonados para permitir una nueva regeneración boscosa (Rodríguez, 2000). Esta práctica milenaria y la facilidad con que se cruzan las diferentes formas de *Capsicum*, han contribuído de una manera indirecta a la conservación *in situ* y al incremento de la diversidad del germoplasma, lo cual se ve reflejada en los múltiples tipos de ajíes con los que hoy cuentan los agricultores indígenas en toda la región amazónica (Rodríguez, 2000).

Cuadro 3. Principales países importadores de *Capsicum*

País	Cantidad (ton)	Valor x 1000 us$
Estados Unidos	401,195	458,279
Alemania	284,300	378,767
Francia	114,510	105,080
Inglaterra	93,988	168,985
Canadá	93,662	102,685
Italia	57,517	56,758
Austria	48,526	51,313
Holanda	47,362	61,401

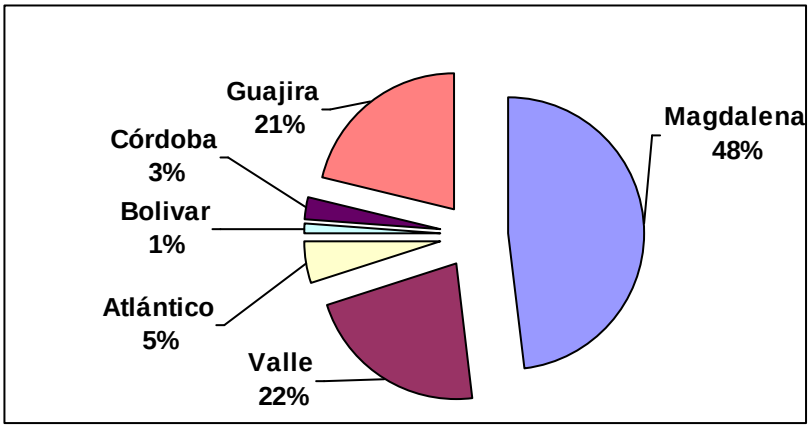
FAO, 2005

Cuadro 4. Producción de *Capsicum* en Colombia

Departamento	2002		2003		2004		2005	
	Área (Has)	Rto (Kg/ha)	Área (Has)	Rto (Kg/ha)	Área (Has)	Rto (Kg/ha)	Área (Has)	Rto (Kg/ha)
Atlántico	0	0	32	9.750	0	0	87	8.316
Bolívar	1.058	5.130	135	7.000	65	7.000	46	4.500
Córdoba	12	480	10	40.000	43	8.233	63	7.365
La guajira	192	1.531	236	7.953	277	8.939	365	7.940
Magdalena	403	3.850	504	10.040	523	10.541	630	10.592
Sucre	119	1.375	19	8.895	137	15.000	20	16.000
Valle	226	3.391	248	15.305	294	17.130	192	15.733
TOTAL	**2.010**	**7.989**	**1.184**	**10.608**	**1.339**	**10.608**	**1.402**	**10.608**

Anuario Estadístico de Frutas y Hortalizas 2002-2005

Grafico 1 Producción de *Capsicum* en Colombia 2005



Anuario Estadístico de Frutas y Hortalizas 2002-2005

3.1.3 Origen y Distribución del Género *Capsicum*

El género *Capsicum* es originario de América del Sur y Central (Pickersgill, 1969_a). Los hallazgos arqueológicos lo relacionan con las civilizaciones Maya y Azteca (México y Centro América) y precolombinas de América del Sur. Las evidencias se remontan hacia unos 7.000 – 4000 años en las cavernas de Tamaulipas y Tehuacan en México, en América Central y en Perú (Pickersgill 1969_a). El último reporte dado por BBC News, dice que se encontraron restos de semilla al suroeste del Ecuador en la península de Santa Elena donde usaban el ají para el consumo o intercambio, el reportaje afirma que el uso de este producto se realizó primero antes que en los antiplanos peruanos o en México (Perry *et al*., 2007).

Existen cinco especies cultivadas del género: *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., y *C. pubescens* R. & P. Pickersgill (1969b) reporta que las especies cultivadas fueron domesticadas dentro de los últimos 800 años y ellas tienen tres centros de origen: a) México y Guatemala para *C. annuum*; b) Región amazonica para *C. chinense* y *C. frutescens* y c) Regiones altas de Bolivia y Perú para *C. baccatum* y *C. pubescens*. El proceso de domesticación se presenta por causa de la selección, 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

La mayoría de los ajíes que se explota comercialmente en el mundo pertenece a la especie *C. annuum*, dejando a las otras especies circunscritas a los mercados locales donde son producidas. Adicionalmente se han identificado 20 especies silvestres de *Capsicum*, las cuales aparentemente están poco relacionadas con las especies domesticadas. Además es posible que existan en América del Sur otras especies aún no descritas. Entre todas ellas sin duda se encuentran genes útiles desde el punto de vista agronómico, culinario e industrial. Según el IBPGRI (1983) el germoplasma andino es una fuente imprescindible de resistencia a

enfermedades que afectan a los ajíes cultivados, y también para aumentar el picante y variar el color del fruto.

3.1.4 Bancos de germoplasma del género *Capsicum* en Colombia

En Colombia existen oficialmente tres colecciones de *Capsicum* (Instituto Sinchi, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira y Corpoica en Ríonegro) con 1070 introducciones aproximadamente. El conjunto de este material representa la variabilidad biológica y geográfica de colectas realizadas fundamentalmente en la Zona Andina, Costa Atlántica y Amazonía Colombiana (Torres y Reyes, 1997)

Fotografía 1 Repisa de almacenamiento de semilla de *Capsicum*, CEUNP

Estos recursos genéticos en Colombia están siendo utilizado por el Programa de Mejoramiento Genético y Producción de Variedades Mejoradas de *Capsicum*, el cual está adscrito a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Sede Palmira (García *et al.*, 2000)

La colección de la Universidad Nacional de Colombia se formó a partir de 1985, a través de misiones de colecta en el territorio nacional, o bien mediante intercambio o donaciones con otras instituciones internacionales de investigación, destacando principalmente el germoplasma introducido de Brasil, México y Costa Rica y Colombia (García, 2007). En total, la colección ubicada en Palmira cuenta con 770 introducciones (Fotografía 1).

En el caso de la colección de la Universidad Nacional, un 80% de los materiales están caracterizados con descriptores morfológicos y un 40% con caracterización bioquímica; se ha realizado investigación en evaluación agronómica para factores de rendimiento y resistencias bióticas o abióticas. También se ha estudiado la

clasificación botánica del germoplasma de la colección (Suárez, 1993; Serrano y Montes, 1994; Camacho, 1998; Salazar, 1998; Muñoz, 2002; Palacios, 2007; García, 2007).

3.1.5 Características morfológicas del género *Capsicum*

El género *Capsicum* comprende un conjunto de plantas semi arbustivas perennes, pero de cultivo anual. Alcanza entre 0.3 y 1.5 metros de altura, dependiendo principalmente de la variedad, de las condiciones climáticas y de la fertilización. La inflorescencia está constituida por flores hermafroditas, pentabuladas con cinco anteras soldadas y un estigma. La longitud del estilo puede variar de acuerdo con la variedad o especie. En los tipos silvestres el estilo es más largo que los estambres, longistilas; mientras que en las domesticadas, es usualmente más corto, brevistilas. Las especies cultivadas se consideran autógamas. Sin embargo, existen altos porcentajes de polinización cruzada (Nuez *et al*, 1996).

La descripción de los ajíes se viene realizando mediante la aplicación de los descriptores estandarizados propuestos por el IPGRI (1995). Tradicionalmente algunos caracteres importantes han sido los de la pungencía, color, forma, sabor, tamaño y por el uso para el que puedan ir destinados (Bosland, 1995).

Características de la flor

El género *Capsicum* presenta diferentes colores de flor, que hace referencia a su especie (Cuadro 5). 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* (Fotografía 2). El grupo de flores púrpuras se encuentran las especie *C. eximium*, *C. cardenasii* y *C*. *pubescens* (Pickersgill, 1980)

Cuadro 5 Descripción morfológica de especies domesticadas del género *Capsicum*

Color de corola	Especie domesticada
Púrpura, flor solitaria, pedicelo erecto con flor tumbada	*C. pubescens*
Blanca - blanca lechosa, flor solitaria, pedicelo pendiente	*C. annuum*
Blanca verdosa, flor solitaria, pedicelos erectos con flor tumbada	*C. frutescens*
Blanca verdosa, flor solitaria, pedicelos erectos o pendientes, dos o más flores en cada nudo	*C. chinense*
Manchas amarillas difusas en la base de los pétalos, flor solitaria con pedicelos erectos o pendientes	*C. baccatum*

Muñoz, 2002

a b c d

e

Fotografías 2 Flores: (a) introducción 26 *C. baccatum;* (b) introducción 1 *C. annuum*; (c) Introducción 16 *C. frutescens*, (d) introducción 39 *C. chinense* (e) Introducción 961 *C. pubescens*

Características del fruto

El fruto de *Capsicum* es una baya con características muy variables. El peso fluctúa entre unos pocos gramos hasta medio kilo. Se encuentran formas redondas, acorazonadas, largas, cilíndricas, cónicas, rectangulares y hasta cuadradas. Hay frutos

Fotografía 3 Diferentes formas de fruto obtenidas en la caracterización de *Capsicum*

inmaduros de color blanco, verde, café y hasta negro. En estado maduro predominan los frutos de color rojo, pero también los hay de color marfil, amarillo, anaranjado, café, lila, morado y negro (Fotografía 3). En la placenta se disponen numerosas semillas pequeñas, planas y de color crema a pardo. Las semillas del *C. pubescens* son de color negro, únicas en el género (Nuez *et al.*, 1996).

Capsaicina

El grado de pungencia de los frutos del género *Capsicum* se mide por el contenido de capsaicina. La capsaicina es un alcaloide, más concretamente un protoalcaloide, no es un compuesto simple, sino una mezcla de varias amidas, que son conocidas como capsaicinoides, siendo la capsaicina la más importante entre ellas (Nuez *et al.*, 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. Los septos se desarrollan en la sutura de los carpelos, ordinariamente entre 2 y 4. La formación de capsaicina se inicia a los pocos días de cuajado el fruto, alcanzando el mayor contenido al momento de maduración. El contenido de capsaicina depende de la variedad y de la interacción genotipo por ambiente. Variedades dulces se consideran cuando el contenido de capsaicinoides esta por debajo de 10 ppm, que es el limite para que las papilas gustativas humanas pueden detectar el sabor picante. La formación de capsaicina es mayor a temperatura elevadas (30 ^{o}C) que a temperaturas suaves (21 – 24 ^{o}C) (Nuez *et al.*, 1996). Actualmente el resultado de la pungencia se expresa en unidades Scovilles (uS), en honor del inventor del método.

3.1.6 Enfermedades

El cultivo de *Capsicum* presenta una serie de enfermedades limitantes causadas por hongos bacterias y virus. Las producidas por hongos y bacterias se hacen agresivas especialmente en periodos de lluvias. Las enfermedades virales son trasmitidas principalmente por insectos y continúa su diseminación por el manejo cultural que se hace del cultivo.

El método de control mas 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 fitófagos, hongos, bacterias, control biológico, resistencia varietal y el control químico) para después integrarlos según las condiciones regionales para el manejo racional de cada una de las enfermedades limitantes. Para su aplicación a nivel de campo es necesario establecer métodos confiables de evaluación para seleccionar germoplasma resistente (CIAT, 1989).

Algunas enfermedades de importancia reportadas por la Universidad de Caldas (1999) en el cultivo comercial de *ajì cayenne* son:
Enfermedades fungosas:

- *Colletotrichum capsici* = Antracnosis
- *Cercospora capsici* = Mancha de las hojas
- *Phytophthora capsici* = Quemazón o Añublo
- *Fusarium* spp= Pudrición y marchitamiento
- *Pythium spp y Rhizoctonia Solani* = Damping Off o mal del talluelo
- *Leveillula taurica* = Mildeo polvoso
- *Stemphylium solani* Weber = Mancha foliar grisácea

Enfermedades bacterianas:

- *Erwinia caratovora* = Pudrición blanda del fruto
- *Pseudomonas solanacearum* = Marchitamiento bacteriano

Nemátodos fitoparásitos

- *Helicotylenchus* sp
- *Aphelenchus* sp
- *Meloidogyne* sp

Enfermedades virales

- Virus del mosaico del tabaco
- Tobamovirus
- Virus moteado venal del pimiento
- Potyvirus (Morales *et al*., 2005)

Enfermedades Virales

Fotografía 4 lote comercial de la variedad Cayenne en Roldanillo-Valle, Finca la gloria afectado por potyvirus

El género *Capsicum* es afectado por diferentes clases de virus. Se reportan 45 virus que lo afectan (ICTV,2000). Nuez *et al.,* (1996) reporta 20 virus que atacan el pimentón en las principales zonas productoras pero destaca tres que son comunes en el mundo: Virus del mosaico del tabaco (TMV), Virus del mosaico del pepino (CMV) y Virus Y de la papa (PVY). Para el Valle del Cauca se han reportado la presencia de un Potyvirus el cual fue denominado como virus deformante del pimentón (PepDMV) (Morales *et al*, 2005). El monitoreo de virus por diferentes lotes del Valle del Cauca encontraron a potyvirus como el de mayor incidencia, seguido de el virus del mosaico del pepino (CMV). Se recomienda hacer una evaluación con introducciones del banco para identificar materiales resistentes a este virus que ya esta identificado y que pertenece a esta zona geográfica. El control efectivo para

las enfermedades virales es la resistencia genética. Estudios de resistencia genética en potyvirus en fríjol, reportan resistencia monogénica dominante a virus del mosaico común del fríjol (BCMV)y a virus del mosaico azuki (AzMV) (Fisher y Kyle, 1994), este mismo gen confiere resistencia a otros potyvirus, la más grande familia de virus en plantas. Los potyvirus frecuentemente tienen un estrecho rango de huéspedes y también es común que dos o más diferentes potyvirus pueden causar pérdidas económicas en un mismo cultivo, como fue observado en lotes de ají en el Valle del cauca donde el potyvirus y el CMV se encuentran juntos actuando. Así el mejoramiento para múltiples resistencias a potyvirus es la principal meta a conseguir. Greenleaf (1956), identificó en *C. chinense* el gen recesivo *pvr1* que confiere amplio espectro de resistencia recesiva a varios potyvirus tales como virus Y de la papa (PVY) patotipos 0, 1 y 2, virus moteado del pepper (PepMoV) y la mayoría de las cadenas del virus grabado del tabaco (TEV) El gen es ampliamente utilizado por los programas de mejoramiento para introducir resistencia a virus. Hoy en día se sabe que el gen posee alelos con estrecha resistencia a virus denominados *pvr2*^{1}, *pvr 2*^{2} y *pvr 2*^{3}. El gen codifica para la proteína eLF4E un homólogo del factor de iniciación de la traducción que está implicada en la replicación del virus. Los mutantes de la proteína actúan inhibiendo la traducción del virus (Kangt *et al*., 2005). Actualmente el gen *pvr1* se introdujo a plantas de tomate confiriendo resistencia dominante a potyvirus siendo la transgénesis una alternativa rápida y efectiva para la resistencia a virus. (*Kangt et al*., 2007).

3.2 CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA

El valor de las colecciones de germoplasma reside en la utilización que de ella se haga para producir nuevos cultivares para el beneficio de las actividades productivas. Las colecciones deben proveer a los mejoradores variantes génicas que permita responder a los nuevos desafíos planteados por los sistemas agroindustriales productivos siendo para esto imprescindible conocer las características del germoplasma conservado (Abadie, Barretta, 2001).

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

Botánicos – taxonómicos: caracteres que identifican a la especie y son comunes a todos los individuos que la conforman. Ejemplos: descripción de la flor, la forma del fruto y el tipo y la forma de la hoja (Franco e Hidalgo 2003)

Morfo - agronómicos: caracteres de interés agrícola. La descripción se hace usando plantas aisladas o en surcos. Esta caracterización puede ser morfológica, agronómica, bioquímica, molecular y citogenética, y los caracteres pueden ser cualitativos o cuantitativos (Franco e Hidalgo 2003).

Los descriptores evaluativos se expresan como respuesta a estímulos ambientales bióticos (las plagas y enfermedades) y a estímulos abióticos (estrés por temperatura, agua y nutrientes) y se conocen como caracteres cuantitativos, se deben realizar en parcelas de ensayos con repeticiones y testigos (Franco e Hidalgo 2003).

Para la *caracterización* y *evaluación* se utilizan descriptores que pueden ser numéricos, una escala, un código o calificativo (Figura 2).

Los descriptores deben ser:

- ✓ Altamente observables (fáciles de medir)
- ✓ Con alta acción discriminante
- ✓ Con baja influencia ambiental

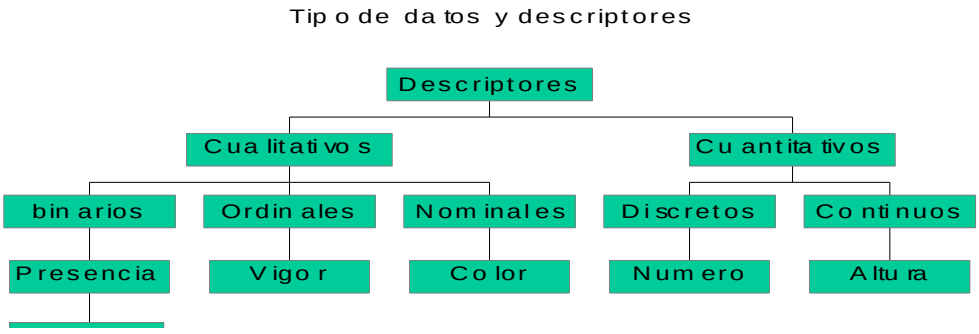
Según Victoria (1993), entre los objetivos que se tienen para realizar una descripción de las introducciones de una colección de una especie están:

- ✓ La caracterización de las introducciones
- ✓ La diferenciación entre entradas, incluyendo la determinación de duplicados
- ✓ La identificación de introducciones con características deseables
- ✓ La clasificación basada en criterios relevantes
- ✓ El calculo de afinidad entre grupos geográficos
- ✓ Estimar el grado de variación de la colección

Valls (1989), menciona la ventaja de la caracterización y evaluación:

- ✓ Permite identificar duplicados
- ✓ Identifica sitios claves para realizar nuevas colectas
- ✓ Permite establecer colecciones núcleo
- ✓ Selección de las introducciones de interes

Para lograr estos objetivos o ventajas es necesario realizar análisis estadísticos, acompañados con los datos de pasaporte de las muestras y completar con la caracterización morfológica y agronómica de las introducciones (Valls,1989)



Franco e Hidalgo, 2003

Grafico 2. Tipos de descriptores en la caracterización y evaluación de

3.3 CARACTERIZACIÓN MOLECULAR EN *CAPSICUM*

En los últimos años, la clasificación taxonómica así como la descripción morfológica y agronómica están siendo acompañadas de estudios directos del genoma por medio de análisis de marcadores moleculares (De Vicente, 2002). El uso de estas herramientas obtiene medidas genotípicas de variación y permite hacer un muestreo amplio de diversidad, incrementando la resolución generada por los métodos tradicionales. La revisión bibliográfica de los últimos años apoya la decisión de incluir la caracterización molecular en el estudio de colecciones de germoplasma y en particular del género *Capsicum* (Lefebvre *et al* 1993; Rodríguez *et al*.,1999; Sanwen *et al.,* 2000; Kang *et al.*, 2001 y Kumar *et a.,l* 2001).

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

Kang *et al*., (2001) construyeron un mapa de ligamiento a partir de marcadores RFLP (Restriction Fragment Lengh Polymorphic DNA) y AFLP (Amplifield Lengh Polymorphic DNA) pudiendo asignar al mapa de ligamiento los genes encargados de la biosíntesis de carotenoides y capsaicina.

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

Rodríguez *et al*., (1999) caracterizaron 134 introducciones pertenecientes a seis especies de *Capsicum* mediante marcadores RAPD (Randon Amplified Polimorphic

DNA), identificando duplicados y permitiendo mejorar la identificación taxonómica de las introducciones.

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

Los microsatélites (SSR) son repeticiones de 2 a 8 pares de bases que pueden variar en el número de repeticiones. Estas repeticiones cortas son abundantes y frecuentemente extendidas en genomas eucarióticos, altamente polimorficos y fácilmente trabajados con la técnica de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) usando iniciadores complementarios a la región flanqueante de la repetición. La identificación y secuenciación de los iniciadores es el paso más laborioso. Sin embargo, una vez desarrollados estos marcadores que son codominantes constituyen el sistema más informativo, incluso entre individuos emparentados. Sanwen *et al*., (2000) buscaron SSR (Simple Secuence Repeats) en la base de datos de Genbank, con el fin de determinar diferentes secuencias de microsatélites para *Capsicum*, seleccionaron 58, de los cuales 5 resultaron polimórficos para las especies evaluadas de los cuales afirman ser útiles como marcadores.

Los marcadores de tipo microsatélite se están utilizando en la estimación de la variabilidad genética dentro y entre poblaciones, así como en muestras de introducciones de especies cultivadas o silvestres. Se dice que son útiles en los experimentos de mapeo de caracteres importantes y también que son una de las herramienta para el diseño de estrategias de conservación de recursos genéticos y formación de colecciones núcleo (De Vicente, 2002).

4 METODOLOGIA

4.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA

La caracterización morfológica y evaluación agronómica se realizó en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (CEUNP), ubicado en el municipio de Candelaria, departamento Valle del Cauca. El Centro esta situado a 3º 6' N y 65 º 3' W, a 995 msnm con temperatura promedio de 24^{o}C, humedad relativa del 60% y precipitación anual 1028 mm. Pertenece a la zona cálida – moderada, clima semiárido con 4 meses del año con exceso de precipitación. (Acosta, 1997). Las introducciones se tomaron en forma aleatoria dentro del banco de germoplasma de *Capsicum* de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (Anexo 1).

La determinación del contenido de capsaicina se llevó a cabo en el Laboratorio de Biología de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá a cargo de la Dra. Luz Marina Melgarejo.

La evaluación de muestras para detectar presencia de potyvirus, CMV, geminivirus y TMV en el lote de CEUNP se realizó en el laboratorio de Virología del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Palmira a cargo del Dr. Francisco Morales.

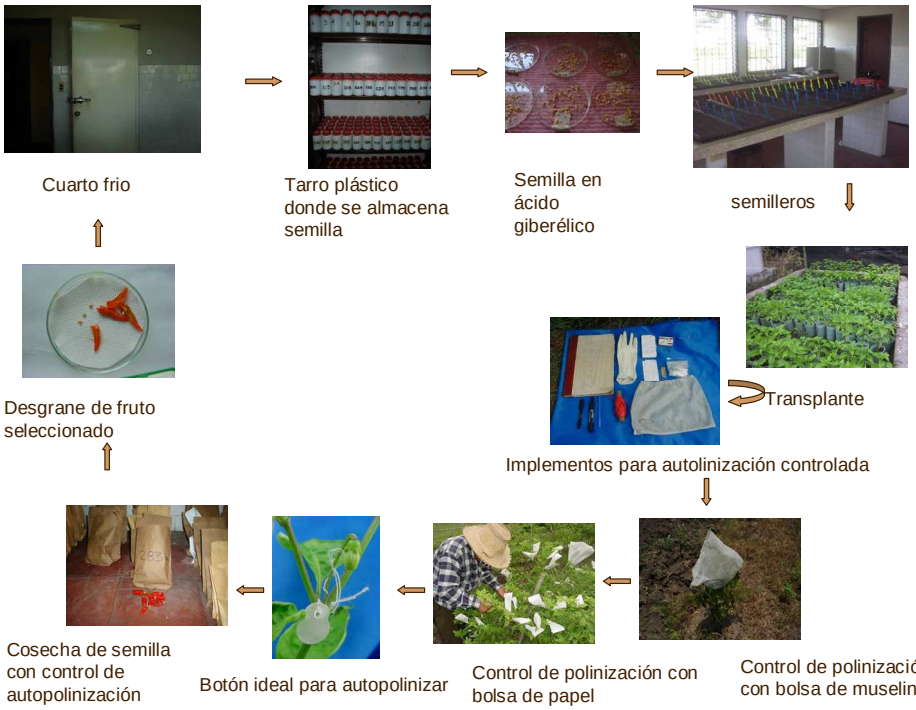
La selección de materiales resistentes a PepDMV y la determinación de la herencia de la resistencia se realizaron en el invernadero del laboratorio de Virología en el CIAT.

La caracterización molecular se llevó a cabo en el Laboratorio Integrado de Investigaciones en Biología Molecular de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira;

El análisis de datos se realizó en la Sala de Cómputo de Posgrado de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

4.2 MULTIPLICACIÓN DE SEMILLA

Para incrementar la semilla, se tomó aproximadamente un gramo de cada una de las introducciones. Se trataron previamente con ácido giberélico (100ppm) para romper la latencia antes de sembrar en bandejas con un sustrato formado por cachaza – carbonilla - arena en relación 3:1:1. Cuando las plántulas tuvieron aproximadamente 3 cm de alto se transplantan a vasos plásticos de 10 onzas por 30 días con el fin de reducir las pérdidas en campo al momento del transplante. Las distancias de siembra fueron de 1 m entre surco y 40 cm entre planta. Se controló la polinización protegiendo las flores con bolsas de lienzo o de papel para garantizar la autopolinización. Las flores autopolinizadas fueron identificadas; a los frutos formados se les extrajo la semilla, la cual secó al ambiente y posteriormente se almacenó en el cuarto frió (10℃ y 40% H.R.) (Fo tografía 5).



Fotografía 5 Multiplicación de semilla de *Capsicum*

4.3 CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE CAPSICUM

4.3.1 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CAPSICUM

Se sembraron 100 introducciones (Anexo 1) bajo el diseño experimental de bloques incompletos o Látice 10x10 con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por diez plantas para evaluar cuatro plantas por bloque y un total de 12 plantas por introducción. Se estudiaron 40 descriptores morfológicos y agronómicos propuestos por el IPGRI, 1995 (Cuadro 6 y Anexo 2).

Cuadro 6. Descriptores cualitativos y cuantitativos de *Capsicum*

	Cualitativos	Cuantitativos
1	Color del hipocotilo	Ancho de la hoja cotiledonal
2	Color de la hoja cotiledonar	Largo de la hoja cotiledonal
3	Color de la hoja madura	Altura de la planta
4	Forma de la hoja madura	Ancho de planta
5	Pubescencia de la hoja madura	Longitud de la hoja madura
6	Color de la corola	Ancho de la hoja madura
7	Color de la antera	Altura de planta
8	Mancha de la corola	Días a la florescencia
9	Exserción del estigma	Número de flores por axila
10	Posición de la flor	Longitud de la corola
11	Habito de crecimiento	Longitud de antera
12	Forma del fruto	Días a fructificación
13	Cuello en la base del fruto	Longitud del fruto
14	Ápice en el fruto	Ancho del fruto
15	Forma del fruto en unión con el pedicelo	Peso del fruto
16	Tipo de epidermis	Número de semillas por fruto
17	Constricción anular del cáliz	Contenido de capsaicina
18	Color del fruto en estado intermedio	Resistencia a *PepDMV*
19	Color del fruto maduro	Rendimiento
20	Rango de semillas por fruto	Número de frutos por planta
21	Color de la semilla	Cantidad de frutos por planta

IPGRI, AVRDC, CATIE; 1995

Análisis de los datos de caracterización morfológica

En el momento del análisis de la información se estudiaron 28 introducciones a demás de las 100 iniciales, debido a que dentro de estás últimas se encontraron las introducciones resistentes a virus e introducciones con las cuales se hizo el estudio previo de polimorfismo de los microsatélites antes de evaluarse a toda la población. Los datos de 25 introducciones fueron tomados de la base de datos de *Capsicum* publicada en "Caracterización morfoagronómica de 195 introducciones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira por Vallejo *et al*., 2006 y las otras 3 introducciones fueron caracterizadas en el invernadero del CIAT (Anexo 1).

Para el análisis de la información se generó una matriz de filas y columnas. En las filas se localizaron las 128 introducciones y en las columnas los 40 descriptores. Se realizaron análisis por separado para descriptores cualitativos y cuantitativos, análisis conjunto para ambos tipos de descriptores. Para los descriptores cualitativos se realizó un análisis de frecuencia por categoría del descriptor. Luego se realizo un análisis de correspondencia para hacer el agrupamiento de los individuos. Con los descriptores cuantitativos se realizó un análisis descriptivo (media, desviación estándar, valor mínimo, valor máximo y coeficiente de variación) a partir del cual se hizo la selección de las características más variables para realizar el análisis de componentes principales (Nakos y Joyner, 1999).

El análisis de las variables cualitativas y cuantitativas en conjuntos se realizó para establecer las relaciones genéticas entre las cinco especies. Se partió de un análisis de correspondencia múltiple transformando los datos cuantitativos en categóricos. Se utilizó la media y la desviación estándar para armar los rangos de los nuevos grupos dentro del descriptor cuantitativo y así reubicar los datos dentro de grupos. Una vez transformados los datos cuantitativos en categóricos, se forma

la matriz de unos y cero, se corre un análisis de correspondencia para obtener las dos dimensiones de valores continuos que expliquen el 60% de la variación total. Se juntaron estas dos últimas dimensiones con las dos dimensiones obtenidas en el análisis de correspondencia de los datos cualitativos, quedando una matriz con cuatro dimensiones a las cuales se le corrió el análisis discriminante usando la distancia de Mahalanobis ponderada por su varianza para establecer relaciones entre las especies. El dendograma de clasificación de las especies se construyó utilizando el programa NTSYS utilizando como criterio de proximidad la distancia mínima insesgada de Nei (Nakos y Joyner, 1999).

4.3.2 EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE *Capsicum* EN CAMPO

Se sembraron 100 introducciones (Anexo 1) bajo el diseño experimental de bloques incompletos o Látice 10x10 con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por diez plantas. Se hicieron 5 cosechas en un tiempo de tres meses de producción del cultivo. En cada cosecha se evaluó peso promedio de fruto, número de frutos cosechados por planta, producción por planta, longitud de fruto, ancho de fruto y todos los descriptores relacionados con el fruto. Los valores obtenidos por introducción son el promedio obtenido por los promedios conseguidos para cada repetición.

Análisis de los datos de evaluación agronómica

Se realizó un análisis de varianza bajo el diseño de látice para identificar las diferencias entre las introducciones para las variables producción, peso y número de frutos por planta. Se realizó una tabla aritmética descriptiva entre especies para las mismas variables. Se realizo una correlación parcial para todas las caracteristicas cuantitativas para detectar asociaciones de interés.

4.3.3 Determinación del contenido de Capsaicina y Dehidrocapsaicina

Se tomaron 3 ó 10 frutos de cada introducción del lote de "caracterización y evaluación" y se enviaron al Laboratorio de Biología de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá para medir el contenido de capsaicina. Se siguió el procedimiento que involucra High Performance Liquid Chromatography (HPLC) desarrollado por la Universidad. (Anexo 3). La variable evaluada fue contenido de Capsaicina y Dehidrocapsaicina. El grado de pungencia por introducción fue la suma de los dos tipos de capsaicina.

De acuerdo a los resultados de las correlaciones con capsaicina, se realizaron gráficos de dispersión de dos dimensiones. En el eje X se ubico el contenido de capsaicina y en el eje Y tamaño de fruto . se asocio el contenido de capsicina con peso de fruto

4.3.4 Evaluación de presencia en campo de Potyvirus, Virus del Mosaico del Pepino (CMV), Geminivirus y Virus del Mosaico del Tabaco (TMV).

Se tomaron muestras de meristemos de cada una de las plantas presentes en el lote de caracterización y evaluación y se enviaron al laboratorio de virología del CIAT para determinar la presencia o ausencia de Potyvirus; Geminivirus, TMV, CMV a través de la técnica de ELISA. La información se registró en la base de datos con el fin de reportar la susceptibilidad de la introducción en condiciones de campo y determinar los virus presentes en CEUNP para el cultivo de pimentón y ají.

4.3. 5 EVALUACIÓN A *PepDMV*

Bajo un diseño completamente al azar se sembraron 235 introducciones de Capsicum en surcos debidamente identificadas. Se evaluaron 10 plantas por introducción. Las semillas se distribuyeron en bandejas, sembrando siete

introducciones por bandeja. La inoculación se llevó a cabo en un invernadero libre de insectos. Las inoculaciones se realizaron 1 vez por semana durante dos semanas, la evaluación visual se inició aproximadamente 3 semanas después, cuando las hojas verdaderas mostraron síntomas utilizando la escala de evaluación a PepDMV (Cuadro 7). Las variables evaluadas fueron: mosaico, deformación e incidencia (Fotografía 6). A las plantas asintomáticas se le realizo prueba inmuno – enzimática PTA ELISA en su modalidad indirecta de fijación del antígeno a la placa (Anexo 4).

Se verifico la resistencia de las plantas seleccionadas como resistentes a potyvirus por RT-PCR, siguiendo la metodología propuesta por Morales *et al*, 2005. Se tomaron 30 mg de tejido foliar para la extracción de ARN, utilizando el Kit SV Total RNA Isolation (Promega, WI). Para la amplificación del ARN viral se utilizaron el primer degenerado U341, 5´-ATG RTI TGG TGY ATI GAI AAY GG-3´ y el primer oligo (dT) Promega, WI), que amplifica parte de la proteína de la cápside y la región no traducida (3´-RNT). A partir de 10 µl de ARN se sintetizó el ADN complementario (ADNc) en un volumen final de reacción de 20 µl conteniendo tampón 1x, oligo (dT) 0,5 µM, dNTPs 0,5 mM, DTT 5 mM y 200 U de transcriptasa reversa M-MLV. La mezcla se incubó por una hora a 37℃ seguida de 10 min a 70℃. Dos microlitros obtenidos de la transcripció n reversa fueron amplificados por PCR en volumen final de 25 µl con concentraciones finales de tampón 1X, MgCL2 2,5 mM, dNTPs 0,2 mM (total), U341 y oligo (dT) 0,2 µM y una unidad de taq polimerasa (Promega WI), las condiciones de amplificación fueron 94℃ 2 min (un ciclo); 94℃ 30 seg, 50℃ 1 min, 72℃ 1 min (30 ciclos); 72℃ 5 min (un ciclo).

Los producto de amplificado se analizaron por electroforesis de agarosa al 1,2% teñidos con bromuro de etídio visualizado con luz ultravioleta

Fotografía 6 Escala de evaluación visual para evaluar mosaico en estado de plántula

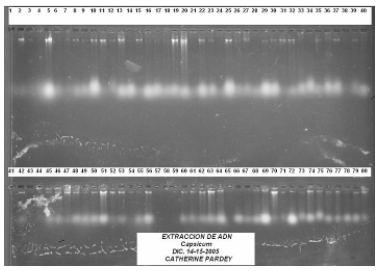
Cuadro 7. Escala de evaluación para potyvirus en invernadero.

Parámetros	valor	Descripción del parámetro
Incidencia	+	Presencia de planta enferma
	-	Ausencia de planta enferma
Mosaico	1	Ausencia total de mosaico; todas las plantas sanas
	2	Suave mosaico; 1-10% de plantas enfermas
	3	Moderado; 11- 30% de plantas enfermas
	4	Severo; 30-50% de plantas enfermas
	5	Fuerte, presencia total en todas las hojas; 51-100% plantas enfermas
Deformación	1	Ausencia total de arrugamiento; todas las hojas sanas
	2	Suave arrugamiento en la hoja
	3	Moderado arrugamiento de las hojas
	4	Severo arrugamiento de las hojas
	5	Total deformación de las hojas
La reacción de cierto genotipo para la infección viral es asumida por una incidencia basado en síntomas visibles después de inoculada bajo condiciones naturales; en el campo o bajo condiciones controladas; en el invernadero. Los factores necesarios para una evaluación eficiente son la presencia de una fuente viral, inoculación en plantas jóvenes y condiciones ambientales favorables.		

La evaluación viral en campo y en invernadero se registró en la base de datos. El objetivo fue identificar introducciones con resistencia a PepDMV, un aislamiento viral propio de la región del Valle del Cauca (aislamiento identificado por Morales *et al*, 2005) y hacer aumentos de semilla directamente de las plantas para hacer los cruzamientos con las variedades comerciales de Cayenne, Tabasco y Habanero y determinar el modo de herencia de la resistencia a PepDMV y realizar avance generacional de los cruzamientos con el fin de incorporar la resistencia en materiales adaptados al Valle del Cauca.

4.4 CARACTERIZACIÓN MOLECULAR

4.4.1 Extracción de ADN



Fotografía 7
Extracción de ADN de de *Capsicum*

Para la extracción de ADN se utilizó tejido de hojas jóvenes de una sola planta por introducción las cuales fueron procesadas según el método descrito por Dellaporta *et al*, 1983 (Fotografía 7) y modificado por el Laboratorio de Biología Molecular de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira como se describe a continuación:

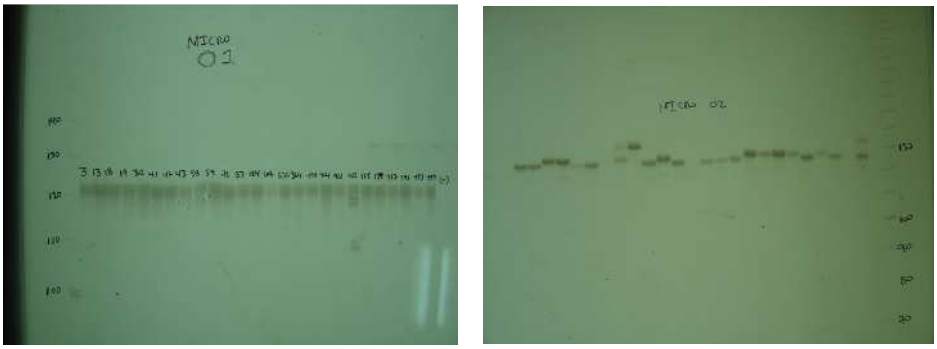
Paso	Descripción
1	Preparar un baño de maría a 65^{o}C y colocar el buffer de extracción
2	Marcar tubos de 1.5ml (2 juegos según el número de muestras a trabajar)
3	Macerar de 20 a 30mg de tejido foliar joven en nitrógeno líquido
4	Transferir el tejido a un tubo de 1.5ml usando una espátula
5	Adicionar 800µl l de buffer de extracción y 100 µl l de SDS al 10%
6	Mezclar en vortex la solución anterior
7	Incubar a 65^{o}C por 30 minutos, invirtiendo los tubos periódicamente
8	Adicionar 250µl de acetato de potasio 5M frío y mezclar
9	Incubar en hielo 25 minutos en agitación
10	Centrifugar a 12000 RPM por 10 minutos
11	Transferir 800µl a un tubo nuevo
12	Adicionar 640µl de isopropanol frío y mezclar 8 a 10 veces
13	Incubar a -20^{o}C por 2 horas
14	Centrifugar a 12000 RPM por 10 minutos
15	Remover el isopropanol
16	Adicionar 800µl de etanol al 75% y mezclar en vortex
17	Centrifugar a 12000 RPM por 10 minutos
18	Remover el sobrenadante
19	Dejar los tubos en la cámara estractora de gases por 5 minutos
20	Adicionar 80µl de TE 1X y dejar en la nevera por 2 horas para que se hidrate
21	Evaluar calidad de ADN en gel de agarosa

4.4.2 Amplificación de primer para microsatélites por PCR

Se emplearon iniciadores para microsatélites usados por Sanwen *et al.*, 2000, Umesh Reddy[1] y Lee *et al*., 2004. Como paso preliminar se verificó la generación de polimorfismo con una sub-muestra formada por 26 introducciones del total de las introducciones a estudiar (Fotografía 8). Se utilizaron 32 pares de iniciadores para microsatélites. Para la amplificación de los microsatélites se siguió la metodología estandarizada por laboratorio de Biología molecular de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira realizando las debidas modificaciones según la temperatura de alineamiento de cada uno de los primer (Cuadro 8, 9 y 10) y detección mediante migración electroforética en geles de poliacrilamida, teñidos con nitrato de plata.

Para la estandarización se preparó una mezcla de reactivos en un tubo estéril de microcentrífuga (1,5 ml) para un volumen final de 25 µl (Cuadro 11). La amplificación se produjo en un termociclador PTC-100 Programmable Termal Controller de MJ Research, Inc. La desnaturalización inicial fue de 95ºC durante cinco minutos y se continúo dentro de cada ciclo con denaturaciones de 95℃ por 30 segundos, la hibridación se realizó a una temperatura de acuerdo a cada primer durante 45 segundos, una extensión de 72ºC por dos minutos, 37 ciclos desde la desnaturalización a extensión y por ultimo una extensión a 72 ºC durante siete minutos. El producto amplificado se observó mediante electroforesis en geles poliacrilamida, a 120 voltios, de acuerdo al peso de cada primer.

[1] Umesh Reddy. Profesor investigador Universidad de California. Conversación por correo electronico 2005



Fotografía 8 Población muestra de *Capsicum* para identificar microsatélites monomórficos (izquierdo) y polimórficos (derecho).

Cuadro 8 Secuencias de primers para microsatélites de *Capsicum* tomados de Sanwen *et al*., 2000

Consecutivo	Marcador	Repetición		Secuencia del primer	Tamaño	Tm [a]	Prod	# de
S1	AA840679	(AT)5	F	GCAAAAGTGATGATTCATAAA	21	53.1	120	1
			R	TCACTTTCAAAGATTCTTAACAC	23	53.2		
S2	AA840733	(AT)6	F	GTACCTATGGGAATAAGCAAA	21	53.7	125	2
			R	CCAATTTGTCTGAAGTTGAGT	21	54.4		
S3	AA840773	(AAG)5	F	GAAGAAGCCAGTAGAGGAGA	20	53.8	160	1
			R	CAGCACCTTGAAGATGTAGAT	21	54.5		
S6	AF065616	(AG)5	F	AGTTAACAACTTTGGTGCTGT	21	54.2	130	2
			R	TAATATGGTAAGCACATTCCA	21	53.4		
S7	AF082726	(AG)6	F	TGTTCCTCTCTCTTCTTATCG	21	53.9	103	2
			R	CCGGAGATAAGATCTTGATAA	21	53.7		
S8	CACCELI	(ATATA)5	F	ATAGCTCACATGCCCTATAAA	21	54.3	195	2
			R	AATCTTGAGCAATAATTGGAC	21	53.6		

Cuadro 9 Secuencias de primer para microsateites de *Capsicum* tomados de Umesh Reddy[2], 2004

Consecutivo	Secuencia del primer F		Pb*	T℃*
U1	GAA GCC AAA AAT AGG AAC G	F	19	52.4
	CCC GCT TGA GAT CTT GGA T	R	19	56.7
U2	GCA CAT TCA AGC TAG GCG CAG	F	21	61.8
	GGG TGC ATG ATA TTA TGT GAG	R	21	55.9
U3	CTT AAG GGA CGT GAA CAA TTG	F	21	55.9
	CTG TCA CAT ATT CAT GCA TC	R	20	53.2
U4	CAT CCA AAC CCT AAT TCC ATC	F	21	55.9
	CTT TGG CTC TGA TAC CAA GCT TG	R	23	60.6
U5	GAT CTC AGT TCT ATC TAG CGG G	F	22	60.3
	CAG CCA ATC AGT TCA GTT TAG TG	R	23	58.9
U6	CAG AAT GAC CGA AT	F	14	40
	GAT ATA CTT TAC CTG AC	R	17	45.5
U8	GGC ATA GTT TTG CTT GTG AC	F	20	55.3
	CGA ATA CAT CTA TTG TGA CC	R	20	53.2
U9	CCC TCT TCA ATC CAA ATC AAC C	F	22	58.4
	CGT AGT CAG ATG TTG AAG TCG C	R	22	60.3
U10	CTT CCG TTC AAA CTT GTC TGC	F	21	57.9
	GGT TTG CAT ACA CTT GAC CCT C	R	22	60.3
U11	GGA GCT TCT CTT GAT AGA CAT C	F	22	58.4
	CCC AGA CCA CAC TAT GTG	R	18	56
U13	CGG TGA ATG GAC TGT CAT C	F	19	56.7
	CAC GAT GCT CCT TGG AGT	R	18	56
U16	GCG ATT ACA AAG TAC GAG TAG	F	21	55.9
	GAA TCA TGA CTT AGA GTT GGC AG	R	23	58.9
U20	CAT TTT CCT CAT GGG TCA C	F	19	54.5
	GTC GAC CAA TTG AGA AGT C	R	19	54.5

Pb y T℃ información suministrada por el fabricante

[2] Umesh K. Reddy , profesor Asistente, Departamento de Biologia, Universidad de Virginia Derechos reservados

Cuadro 10 Secuencias de primers para microsatélites de *Capsicum* tomados de Lee *et al*., 2004.

Consecutivo	Marcador		Secuencias del primer	Tamaño primer	Tm (℃)
L1	Hpmscasig19	R	AAG GGT GTA TCG TAC GCA GCC TTA	24	53℃
		L	CAT GAA TTT CGT CTT GAA GGT CCC		
L2	AF244121	L	TAC CTC CTC GCC AAT CCT TCT G	22	48
	AF244121	R	TTG AAA GTT CTT TCC ATG ACA ACC	24	
L3	Hpms 1-143	L	AAT GCT GAG CTG GCA AGG AAA G	22	55℃
	Hpms 1-143	R	TGA AGG CAG TAG GTG GGG AGT G	22	
L4	Hpms 1-148	L	GGC GGA GAA GAA CTA GAC GAT TAG	25	
		R	CCA CCC AAT CCA CAT AGA CG	20	
L5	Hpms 1-173	L	TGC TGG GAA AGA TCT CAA AAG G	22	63
		R	ATC AAG GAA GCA AAC CAA TGC	21	61
L6	CAN130829	L	GCT AAT TAC TTG CTC CGT TTT G	22	58
		R	AAT GGG GGA GTT TGT TTT GG	20	61
L7	Hpms 1-274	L	TCC CAG ACC CCT CGT GAT AG	20	62
		R	TCC TGC TCC TTC CAC AAC TG	20	61
L8	Hpms 2-2	L	GCA AGG ATG CTT AGT TGG GTG TC	23	64
	Hpms 2-2	R	TCC CAA AAT TAC CTT GCA GCA C	22	63
L9	HpmsAT2-14	L	TTT AGG GTT TCC AAC TCT TCT TCC	24	61
	HpmsAT2-14	R	CTA ACC CCA CCA AGC AAA ACA C	22	63
L10	CM0005	L	CAT GAC CAC CAT GAG GAT A	19	55
	CM0005	R	GAT AGC CAC GAG CAT AGT ATT	21	54
L11	Hpms 1-216	L	TGC TTG TTG TTT TTA CCC TCA GC	23	63
	Hpms 1-216	R	AGT GAA AGG TGG GCA ACA GC	20	63
L12	Hpms 1-165	L	GGC TAT TTC CGA CAA ACC CTC AG	23	65
	Hpms 1-165	R	CCA TTG GTC TTT TCA CTG TTG TG	23	62
L14	Hpms 2.21	L	TTT TTC AAT TGA TGC ATG ACC GAT A	25	64
	Hpms 2.21	R	CAT GTC ATT TTG TCA TT ATT TGG	24	61

Cuadro 11 Mezcla para la amplificación de microsatélites en ADN de *Capsicum*

Coctel	Concentración final	Volumen µl
Bufer PCR 10X	1X	2.5
dNTPs	5 mM	4
Primer (10µM)	10 uM	0.5
Primer (10µM)	10 uM	0.5
MgCl2 (25mM)	2mM	2
DNA	20 o 10ng	2
taq pol. (5U/µl)	0.1	0.2
H_2O		13.3
Volumen final		25

4.4.3 Análisis de datos de caracterización molécular

Se construyeron matrices de datos binarios para cada marcador y se calcularon parámetros de diversidad a nivel intraespecifico e interespecifico, número de alelos polimórficos, heterocigosidad, determinación de alelos únicos y número de alelos amplificados por primer. Para el análisis de resultados se usó el programa estadístico Pop gene. Para el agrupamiento jerárquico se utilizó el método de Agrupamiento con promedios aritméticos ponderados UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic averages) utilizando el índice de Nei y li, 1979.

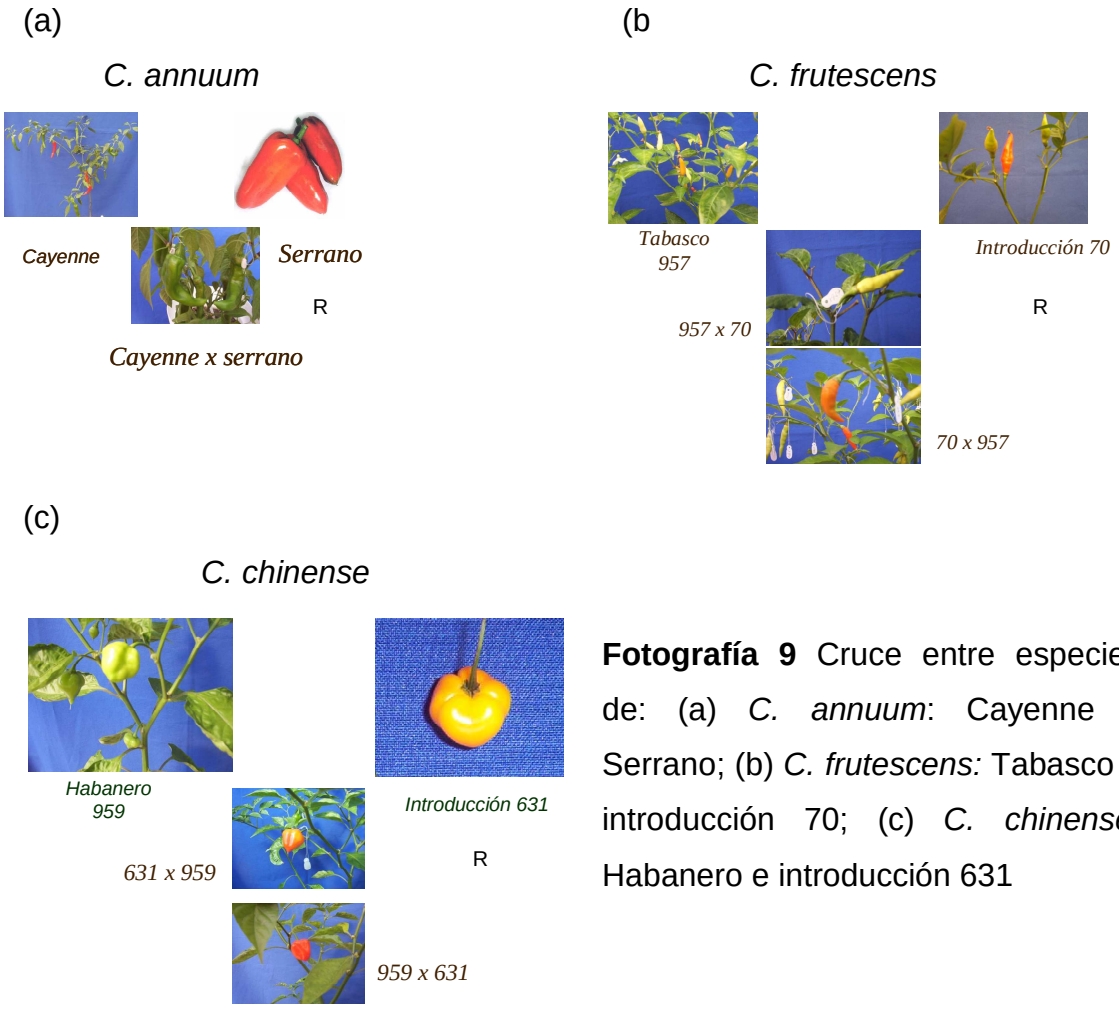
4.5 HERENCIA DE LA RESISTENCIA A PepDMV

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación a PepDMV (literal 4.3.3) se tomó una introducción resistente de las especies *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense*, para realizar cruzamientos intra-específicos con las especies comerciales de Colombia (Cuadro 12). Los cruzamientos se realizaron bajo invernaderos de vidrio con condiciones controladas de temperatura y de insectos. Para la selección de los materiales resistentes se tuvo presente la similitud morfológica entre los parentales. Las introducciones resistentes seleccionadas fueron Serrano (*Capsicum annum*), actual variedad comercial de pimentón liberada por la Universidad Nacional de Colombia en 1995, la introducción 70 (*Capsicum frutescens*) procedente del Ecuador donada por el departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) en el año 2000, la introducción 631(*Capsicum chínense*) colectada en el Departamento Guainía por el SINCHI y la Universidad Nacional de Colombia, en el año 1998. y la introducción 24 (*Capsicum chínense*) colectada en el Valle del cauca.

Se obtuvo las generaciones F1 de cada especie (Fotografía 9). Se realizaron cruzamientos directos y recíprocos para identificar los efectos maternos y/o barreras de incompatibilidad entre ambos parentales. Una vez obtenidas la semilla

F1, se sembró en macetas para obtener semilla F2 realizando control de polinización. Se realizaron cruzamientos dirigidos hacia ambos parentales para obtener las retrocruzas (Cuadro 13)

.



Fotografía 9 Cruce entre especies de: (a) *C. annuum*: Cayenne y Serrano; (b) *C. frutescens:* Tabasco e introducción 70; (c) *C. chinense*: Habanero e introducción 631

Cuadro 12. Cruzamientos realizados entre variedades comerciales susceptibles e introducciones de *Capsicum* resistentes a PepDMV

Especie	Progenitor comercial	Introducción resistente	Poblaciones formadas
C. annuum	Cayenne	Serrano	F1, F2, RC1 y RC2
C. frutescens	Tabasco	Introducción 70	F1, F2, RC1 y RC2
C. chinense	Habanero	Introducción 631	F1, F2, RC1 y RC2

Las poblaciones obtenidas se sembraron aleatoriamente en bandejas. Se separo entre cruzamientos directos y reciprocos. Se realizaron dos replicas en el tiempo por cada cruzamiento. La inoculación se realizó dos veces en estado de plántula con una diferencia de ocho días entre una y otra, con el aislamiento de PepDMV, frotando las hojas con gasa húmeda. La evaluación se inicio a los quince días siguientes cuando las plantas presentaron nuevas hojas. Las plantas asintomáticas fueron evaluadas con la técnica de ELISA. Se evaluó la incidencia en planta (ausencia o presencia de mosaico).

Cuadro 13 Cantidad de plantas evaluada en cada cruzamiento para determinar el modo de herencia de la resistencia en *Capsicum*

	Progenitor comercial	Introducción resistente	F1	F2	RC1	RC2
Cayenne x Serrano	20	20	50	250	50	50
Serrano x Cayenne	20	20	50	250	50	50
Tabasco x Introducción 70	20	20	50	250	50	50
Introducción 70 x Tabasco	20	20	50	250	50	50
IHabanero x Introducción 24	20	20	50	250	50	50
Introducción 24 x Habanero	20	20	50	250	50	50

4.5.1 Análisis de los datos para determinar la herencia a PepDMV

Con los datos obtenidos de incidencia en planta de cada una de las poblaciones de cada cruzamiento se crearon matrices. Se diferenció entre cruzamiento directo y reciproco. Para cada cruzamiento se realizaron tablas de frecuencias por población, con el fin de probar herencia mendeliana para uno, dos genes y efectos epistáticos. La validez de los modelos se confirmó con la formula de chí cuadrado (X^2). Al no ajustarse los cruzamientos al modelo de herencia simple mendeliana se realizó estudios de medias generacionales.

Los componentes que hicieron parte del el estudio de medias generacionales fueron la media (*m*) como el promedio del fenotipo de los parentales. Y de ahí se derivaron los parámetros [*a*] y [*d*] donde [*a*] es la distancia de cada uno padres (lineas homocigotos) a la media y [*d*] la distancia de la F1 (linea heterocigoto) a la media.

Se estimaron para cada generación los componentes esperados para las medias en función de m, [a] y [d] asumiendo ausencia de epistásis.

Generación	**Fenotipo promedio esperado**		
	m	**[a]**	**[d]**
P1	1	-1	0
P2	1	1	0
F1	1	0	1
F2	1	0	1/2
RC1	1	-1/2	1/2
RC2	1	½	1/2

A partir de estos componentes por generación se calculó el promedio esperado para cada una de ellas, ponderando la varianza de cada población por el numero de datos y la inversa 1/ [δ^2/n] que constituyó el peso de la ponderación (cuanto mayor es la varianza de la media de una determinada generación, menor será la precisión con que se conocerá el valor real de dicha media, y por tanto, menor debe ser el peso que la información provista por la misma tenga).

Por análisis de regresión se obtuvieron los parámetros ***m*** **[a] [d] [aa] [ad]** y **[dd]**. Se determinó la importancia relativa de estos parámetros en función de la contribución de la suma de cuadrados al modelo, en el Anexo 5 se describe el programa usando el paquete SAS. Una vez corrido el programa se obtienen las sumas de cuadrados con la que cada parámetro contribuye al modelo. Se comenzó con el modelo más simple que incluye ***m*** **[a]** donde se vió la suma de cuadrados total y la suma de cuadrados residual y los estimadores del R2 y se observó cuanto de la variabilidad en los datos observados es explicada por el respectivo modelo que se deriva del cociente entre SC modelo/SC total. Si el modelo no fue satisfactorio, al ser las diferencias entre valores calculados y observados

demasiados grandes para considerarse aleatorias se incluyeron parámetros de interacción. El mejor modelo fue aquel cuyo parámetro incluido en el modelo aportó en forma significativa a la suma de cuadros total. El análisis permite confirmar la importancia de los parámetros para explicar la variabilidad observada en los datos.

4.6 SELECCIONAR LÍNEAS DE *Capsicum* CON RESISTENCIA AL VIRUS DEFORMANTE DEL PIMENTÓN PepDMV.

Una vez identificadas las introducciones resistentes, se tomaron las plantas y transplantaron a materos para hacer los cruzamientos dirigidos hacia los tres materiales comerciales Cayenne, Habanero y Tabasco, los cuales se sembraron contemporáneo al momento de iniciar las evaluaciones a resistencia a potyvirus (literal 4.3.3). Los híbridos F1 formados fueron debidamente identificados y clasificados. Se tomaron 10 semillas F1 y se llevaron a floración para su posterior autofecundación cubriendo la flor con bolsa de papel, las flores se identificaron y los frutos se cosecharon de forma individual por planta, La semilla obtenida fue identificada como F2. Posteriormente se seleccionaron aproximadamente entre 250 y 300 semillas por cada cruzamiento y se inocularon para evaluar a PepDMV, se seleccionaron las plantas resistentes las cuales se llamaron *familias*. Estas familias F3 se entregaron al programa de mejoramiento de *Capsicum* para continuar el avance generacional de cada una de ellas por el método del pedigree o genealógico.

Fotografia 10 Plantas de *Capsicum* resistente a pepDMV. Aumento de semilla en materos con control de polinización y a la vez formación de híbridos con las variedades comerciales

5 RESULTADOS Y DISCUCIÓN

5.1 CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN MORFO-AGRONÓMICA DE *Capsicum.*

La selección al azar de introducciones concordó con el planteamiento de Smith y Heiser (1951) quienes reportan que *Capsicum* se distribuye en toda América Tropical y Subtropical. Doce países de América fueron representados por 5 especies, Colombia con mayor número de introducciones. (Cuadro 14). Smith y Heiser (1957) dicen que muchas de las especies recolectadas son introducciones recientes del germoplasma que se hace por la utilidad que el hombre puede beneficiar de la especie. Se refiere a la especie *C. chínense* como originaria del Brasil pero presenta introducciones colectadas en la península de Yucatán (México), Puerto Rico y Sur de Estados Unidos. A diferencia de *C. annuum* su distribución es a lo largo de Centro América hasta el norte de Sur América, Smith y Heiser dicen que en México y en Guatemala es donde se encuentra la mayor diversidad en formas del fruto. Las muestras de *C. annuum* traídas de Trinidad, Brasil, Perú, Argentina, Chile, Bolivia y Europa fueron formas del fruto conocidas ya en México. *C. frutescens* se distribuye a lo largo de Centro América pero restringido a zonas de costa tropical como Luisiana, Alabama, Florida; en el estado de Veracruz en México hasta Costa Rica; las Islas del Caribe; también se encuentra distribuida por las Islas del Pacífico y es cultivada en Malasia, India y África. *C. baccatum* dicen que nunca la encontraron fuera de Sur América a excepción de una colección en Hawái y otra en Costa Rica que son introducciones recientes. La mayor diversidad de *C. baccatum* la encontraron en Ecuador, Perú y Norte de Chile. *C. pubescens* la encontraron principalmente a lo largo de la cordillera de los Andes y dijeron que fue raro encontrarla en México y Centro América.

La selección al azar presentó mayor número de introducciones de *C. annuum* y de *C. frutescens* seguido de *C. chínense*. Estas tres especies fueron de igual forma las de mayor cantidad representadas en los trabajos de caracterización de García, 2007 y Palacios, 2007 con otras introducciones procedentes del mismo banco de germoplasma. Los resultados sugieren que el banco presenta mayor concentración de introducciones relacionadas con estas tres especies. El banco conformado por el SINCHI en colectas realizadas entre 1998 y 2000 en los departamentos de Putumayo, Caquetá, Amazonas, Guainía, Vaupés, Guaviare y Vichada presentó esta misma tendencia.

La distribución de las introducciones colectadas en Colombia mostró que las especies más representativas son *C. annuum* y *C. frutescens* ubicadas en la Zona Andina. *C. chinense* corresponde principalmente a materiales comerciales de la Costa Atlántica. *C. baccatum*, con una introducción originaria de los Andes Bolivianos y otra introducción de *C. pubescens* traída de Nariño (Cuadro 15 Fotografía 11). Colombia es un país que por su ubicación geográfica presenta diferentes climas, lo cual permite que se encuentren las cinco especies domesticadas.

Fotografía 11 Introducción 26 de *C. baccatum* (izquierda) e introducción 961 de

Cuadro 14 Distribución geográfica de 128 introducciones de *Capsicum* del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

País	*C. annuum*	*C. baccatum*	*C. chinense*	*C. frutescens*	*C. pubescens*	total
Bolivia	1	-	1	-	-	2
Brasil	1	-	-	2	-	3
Colombia	38	1	23	35	1	98
Costa Rica	5	-	1	4	-	10
Cuba	-	-	1	1	-	2
Ecuador	1	-	-	3	-	4
Guatemala	1	-	-	1	-	2
Guyana	-	-	-	1	-	1
México	1	-	-	-	-	1
Perú	-	-	-	1	-	1
Salvador	-	-	-	1	-	1
USA	3	-	-	-	-	3
Total	51	1	26	49	1	128

Cuadro 15 Distribución geográfica de 98 introducciones colombianas de *Capsicum* del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Departamento	*C. annuum*	*C. baccatum*	*C. chinense*	*C. frutescens*	*C. pubescens*	Total
Antioquia	3	-	1	5	-	9
Bolívar	2	1	-	3	-	6
Caquetá	-	-	1	1	-	2
Córdoba	1	-	13	-	-	14
Choco	2	-	-	1	-	2
Cundinamarca	1	-	-	-	-	1
Colombia*	4	-	1	6	-	11
Casanare	4	-	-	2	-	6
Guainía	-	-	1	-	-	1
Guaviare	-	-	-	2	-	2
Nariño	2	-	-	2	1	5
Putumayo	1	-	2	1	-	4
Santander	-	-		1	-	1
Valle	17	-	3	12	-	32
Vaupés	1	-	1	-	-	2
Total	38	1	23	28	1	98

* Introducciones donadas por la USDA que no reportaron origen específico en Colombia.

5.1.1 Caracterización morfológica en *Capsicum*

Descriptores cualitativos

Las características cualitativas evaluadas permitieron observar que las especies del género *Capsicum* comparte rasgos comunes; a la vez hay características propias de cada especie (Cuadro 16) esto se presenta por el nivel de especiación que se da en el proceso de domesticación del género (Hunziker, 1954). Entre las características propias de *C. baccatum* se encuentra la mancha en la corola; en *C. chinense* la constricción anular en el cáliz; en *C. frutescens* la posición erecta de los frutos y la posición pendiente del fruto en *C. annuum*. Estas dos últimas especies fueron descritas por Smith y Heiser (1951) quienes destacan que el color de la corola, hábito de crecimiento, la pubescencia son características que las describen. *C. annuum* las flores son de color blanco o amarillo claro y el hábito compacto o postrado y tiende a la pubescencia. *C. frutescens* las flores son verdosas y el hábito de crecimiento erecto y de escasa pubescencia.

La presencia de algunas características compartidas y otras propias de cada especie llevan a entender por que Davenport (1970), propuso un origen monofilético de las especies domesticadas a partir de un ancestral común de *C. frutescens* ó por que Heiser y Pickersgill (1969), postularon cuatro o cinco progenitores silvestres habrían dado origen a cada una de las especies domesticadas ó cuando Eshbaugh (1980) propuso una línea independiente de evolución para el complejo *annuum –frutescens –chinense*.

Las características cualitativas presentaron amplio rango de variación dentro de las especies *C. annuum*, *C, frutescens* y *C. chinense*: Dentro del género se observó la tendencia generalizada de presentar color de hipocotílo morado, con tres excepciones de color blanco para la especie *C. pubescens* (961), una especie silvestre de *C. annuum* (993) y una de *C. chinense* (955) y 7 introducciones con

color verde en *C. annuum* (2, 13, 132, 150, 184, 184y, 18mc). Para color de la hoja cotiledonal se presentan cuatro colores de los cuales tres son verdes y uno morado: verde claro, verde, verde oscuro, únicamente tres introducciones presentaron hoja cotiledonal morado (43, 72 y 147y) y corresponden a plantas con fruto morado en estado intermedio. Los colores morados en plantas y en fruto son indicativos de presencia de antocioaninas. Las antocianinas son catalogadas como agentes nutracéuticos, Varios trabajos reportan sus efectos benéficos al prevenir la proliferación de células cancerígenas, protección contra enfermedades del corazón y prevención del daño de lípidos en alimentos. Actualmente se están realizando estudios en *Capsicum* para caracterizar las antocianinas y analizar su expresión (CINVESTAV Irapuato-México, 2007).

Color de hoja madura son tres categorías con tres tonalidades del verde, siendo común el color verde de la planta. Dar una tonalidad de verde para cualquier introducción en condiciones de campo se debe tener en cuenta la sanidad de la planta, la luz, y la edad de la hoja. Cuando un descriptor es subjetivo al evaluador pierde veracidad y soporte estadístico.

Los tres tipos de forma de la hoja madura: deltoide, oval y lanceolada se presentaron en el género indistintamente. La pubescencia en la hoja: escasa, intermedia y densa; hay mayor cantidad dentro del género a ser escasa, pero si se suma las intermedias y densas la proporción es igual. Smith and Heiser (1951) dicen que para *C. frutescens* tiende a ser escasa y para *C. annuum* tiende a ser pubescente.

Color de la corola, se presentó flores blancas, verdosas y moradas. Las flores moradas se presentaron en las introducciones con frutos morados en *C. frutescens* y una tendencia de la flor blanca en *C. annuum* para las introducciones con frutos grandes. La característica de color de corola fue estudiada por Smith y Heiser

(1951) en la determinación de especie, los autores plantean que en *C. frutescens* las flores son amarillo verdosas; para *C. annuum* son blancas y/o moradas.

Cuadro 16 Descriptores cualitativos y su estado en 128 introducciones de *Capsicum sp*

Descriptor	*Categoría*	*C. annuum*	*C. baccatum*	*C. chinense*	*C. frutescens*	*C.pubescens*
Color hipócotilo	(1) Blanco	1		1	-	1
	(2) Verde	7	-	-	-	-
	(3) Morado	43	1	25	49	-
Color hoja cotiledonal	(1) Verde	5	-	8	1	1
	(2) Verde claro	45	1	16	45	-
	(3) Verde oscuro	1	-	1	1	-
	(6) Morado			1	2	-
Color hoja madura	(2) Verde claro	16	1	3	21	-
	(3) Verde	11	-	18	18	-
	(4) Verde oscuro	24	-	5	10	1
Forma hoja madura	(1) Deltoide	20	1	19	12	1
	(2) Oval	18	-	6	25	-
	(3) Lanceolada	13	-	1	12	-
Pubescencia hoja madura	(3) Escasa	30	-	9	22	-
	(5) Intermedia	18	1	9	21	1
	(7) Densa	3	-	8	6	-
Color corola	(1) Blanco	24	-	1	2	-
	(2) Amarillo claro	9	1	12	4	-
	(4) Amarillo verdoso	18	-	13	40	-
	(8) Morado	1	-	-	3	1
Color antera	(2) Amarilla	2	1	1	1	-
	(5) Morada	49	-	25	48	1
Mancha corola	(2) Amarillo	3	1	-		
	(5) Morado		-	-	3	-
	(6) Ausente	48	-	26	46	1
Exserción estigma	(3) Inserto	1	1	1	-	-
	(5) A nivel	1	-	13	-	1
	(7) Exserto	49	-	12	49	-
Posición flor	(3) Pendiente	17	-	5		
	(5) Intermedia	6	-	3	1	-
	(7) Erecta	25	1	18	48	1
Habito	(3) Postrado	9	-	1	-	-
Crecimiento	(5) Intermedio	15	1	7	7	1
	(7) Erecto	27	-	18	42	-
Forma fruto	(1) Elongado	10	1	-	30	-
	(2) Redondo	15	-	7	7	1
	(3) Triangular	20	-	18	11	-
	(4) Acampanulado	2	-	1	1	-
	(5) Cónico	4	-	-	-	-
Cuello fruto	(1) Presente	4	-	16	5	-
	(2) Ausente	47	1	10	42	1

Continuación **Cuadro 16**

Descriptor	*Categoría*	*C. annuum*	*C. baccatum*	*C. chinense*	*C. frutescens*	*C.pubescens*
Ápice fruto	(1) Puntado	23	1	20	36	-
	(2) Romo	19	-	2	13	1
	(3) Hundido	7	-	4	-	-
	(4) Hundido y puntudo	2	-	-	-	-
Unión pedicelo	(1) Agudo	5	-	15	21	-
	(2) Obtuso	24	1	6	15	-
	(3) Truncado	17	-	4	13	1
	(4) Cordado	-	-	1	-	-
	(5) Lobulado	5	-	-	-	-
epidermis fruto	(3) Lisa	29	-	3	23	-
	(5) Semirrugosa	11	1	17	17	-
	(7) Rugosa	11	-	6	9	1
Constricción cáliz	(1) Presente	-	-	-	-	-
fruto	(2) Ausente	51	1	26	49	1
Color fruto	(2) Amarillo		-	2	6	1
inmaduro	(3) Verde	16	-	4	5	-
	(4) Anaranjado	21	-	19	33	-
	(5) Morado	14	1	1	5	-
Color fruto	(2) Amarillo	-	-	1	-	-
maduro	(4) Amarillo café	-	-	-	-	1
	(6) Naranja	8	-	-	3	-
	(7) Rojo claro	4	-	1	17	-
	(8) Rojo	30	1	24	25	-
	(9) Rojo oscuro	8	-	-	4	-
	(10) Morado	1	-	-	-	-
Color semilla	(1) Amarillo	51	1	26	49	-
	(3) oscura	-	-	-	-	1
Numero de	(1) Menos 20	10	-	1	13	1
semillas	(2) 20 - 50	18	-	7	30	-
	(3) Más 50	23	1	18	6	-

Color de la antera, se presentó morada para todas las especies a excepción en *C. baccatum* (26) que es amarilla. Mancha en la corola; la tendencia es no tener mancha, la especie *C. baccatum* si la posee y es la característica típica de esta especie. Las manchas moradas en la corola se presentaron en una introducción silvestre de *C. annuum* de flor pequeña (980).

Exserción del estigma; la tendencia del género es ser exserto, es decir el estigma sobresale a nivel de altura de los estambres. Ésta característica no indicó problemas de autopolinización cuando se realizó aumentos de semilla. En las especies con fruto grande el estigma esta a nivel o inserto dando indicios de domesticación.

Posición de la flor; en *C. frutescens* las flores fueron erectas y en *C. annuum y C. chinense* la posición de las flores fueron entre intermedia o pendientes.

Habito de crecimiento; hay una tendencia de la planta a ser erecta, pero se encuentran especies postradas y estas corresponden a introducciones con frutos pesados; la característica postrada es indeseable por que la planta sufre daño al estar en contacto con el suelo. Smith y Heiser (1951) dicen para *C. frutescens* las plantas tienden a ser erecta y perennes y para *C. annuum* tienden a ser bajas y anuales.

Forma del fruto; la tendencia es a formar frutos triangulares y elongados, sin embargo las especies de fruto pequeño tienden a ser redondas y los comerciales a ser cónicos. Smith y Heiser (1951, 1957) y Hunziker (1950) dicen que dentro de cada especie se encuentran diversas formas de los frutos. Base en el cuello, significa poseer cintura al inicio del fruto ya formado, este rasgo es común en los frutos elongados y triangulares, siendo la tendencia a estar ausente. Forma de ápice del fruto; la tendencia es a ser puntudo o romo.

Forma del fruto en la unión con el pedicelo posee cinco categorías: agudo, obtuso, truncado, cordado y lobulado donde las dos primeras son similares y es en estas dos categorías donde se ubican la mayoría de los frutos, a medida que el fruto es más ancho se acerca al truncado y cordado, los frutos comerciales son lobulados. Tipo de epidermis del fruto: las tres categorías se presentan en similar proporción dentro del género, pero es frecuente en los frutos pequeños ser lisos.

Constricción anular del cáliz: esta característica es propia de la especie *C. chinense*, y está ausente en las otras cuatro especies. Color de fruto inmaduro; es normal que los frutos en *Capsicum* inicien con una coloración verde, antes de alcanzar la coloración final se puede apreciar en algunas introducciones colores como el amarillo en especies de *C. frutescens* (16, 233, 317, 351, 977, 981), *C. chinense* (85 y 631) y *C. pubescens* (961). Los frutos silvestres del Valle del Cauca (980, 987, 988, 994, 999) son morados. Color del fruto en estado maduro: Los frutos del género *Capsicum* estudiados maduran a tonalidades del rojo solo una introducción de *C. chinense* (24) y *C. pubescens* (961) maduran con tonalidades del amarillo y las introducciones silvestres del valle del cauca los frutos maduran con tonalidades del naranja. La introducción (41) del Brasil madura morado.

Color de la semilla: el género posee normalmente semilla amarilla, en varias tonalidades desde el claro hasta oscuro; pero la especie *C. pubescens* el color de semilla es negra que es el rasgo con el cual se diferencia ésta especie de las otras. Cantidad de semilla: el género tiende a poseer suficiente semilla, sobre todo en los frutos pequeños.

En conclusión, se presentó variación morfológica en las características cualitativas de las especies *C. annuum, C. frutescens y C. chinense*. Compartir rasgos morfológicos entre las tres especies dificultad la clasificación taxonómica. Los resultados de García (2007) y Palacios (2007) y SINCHI confirman ésta variabilidad intra específica. Como consecuencia de la descripción morfológica se podría

suponer que las tres taxas constituyen un mismo grupo. Los estudios de Gómez (2001) incluyen a la especie *C. baccatum* dentro de este gran grupo.

La especiación se puede dar por diferenciación geográfica pero, las tres especies *C. annuum, C. frutescens y C. chinense* comparten ambientes geográficos con condiciones climáticas similares lo que permite suponer que la hibridación entre las especies sea la causa para compartir características entre ella.

Agrupamiento

El fenograma cualitativo, construído a partir de la matriz de similitudes con el coeficiente de DICE, se formaron 7 grupos a nivel de 0.55 (Figura 3). El nivel mínimo de similitud entre los materiales fue del orden del 39% lo que demuestra un bajo nivel de polimorfismo entre los individuos. Los agrupamientos permitieron reunir introducciones que compartieron ciertos rasgos, principalmente características asociadas con el fruto porque la selección a través del proceso de domesticación de la especie enfatizó hacia éste órgano. Se formaron aglomerados con materiales provenientes de una misma área geográfica (grupo 2 y 6) grupo con rasgos silvestres muy ligados a sus ancestros por la rusticidad de las plantas (grupo 2) agrupamiento de materiales con características comerciales al tipo pimentón o jalapeño (grupo 4) rasgos similares a la variedad Cayenne dentro del grupo comercial (grupo 3) o sino similares al habanero (grupo 5) también se forman aglomerados con características morfológicas diversas prevaleciendo el tipo tabasco (grupo 7) y materiales únicos que no se agrupan (grupo 1). En el anexo 2 y 3 se describe las características cualitativas y cuantitativas para cada introducción.

Grupo 1 formada por la introducción 24 de *C- chinense*, se caracteriza por que el fruto maduro es de color amarillo, la planta es de hábito de crecimiento erecto, la

corola es de color blanco cremosa y crecen 2 flores por exila. Es una de las variedades que resultó resistente a potyvirus PepDMV.

Grupo 2 Formado por 9 introducciones de las especies *C. annuum* (5), *C. frutescens* (3) y la única especie de *C. pubescens* que se desarrollo bajo las condiciones climáticas de CEUNP. Los frutos son pequeños de bajo peso y con altos contenidos de pungencia. Las plantas son erectas, las flores pequeñas con pedicelos erectos, la corola es de color blanco y algunas introducciones presentan manchas moradas o son totalmente moradas.

Grupo 3 Formado por 4 introducciones de *C. annuum* (3) y *C. baccatum* (1), en este grupo se ubico la variedad comercial cayenne y la única especie de *C. baccatum*. Los frutos se caracterizan por ser largos y con bajos contenidos de capsaicina; el promedio del grupo fue de 0.01 mg/g. El grupo comparte características vegetativas similares; la forma de las hojas maduras son oval y de color verde claro, el habito de crecimiento es postrado, las flores son grandes, de color blancas o cremas y el pedicelo es pendiente.

Grupo 4 Formado por 24 introducciones de *C. annuum* (20), *C. chinense* (2) y *C. frutescens* (2) se caracteriza por que los frutos son triangulares y pesados, las flores son blancas, el estigma exserto, el pedúnculo pendiente. Los frutos pesan aproximadamente 21 g. y un contenido promedio de capsicum de 0.2 mg/g. El mayor contenido de capsaicina en este grupo lo reporta la introducción 202 con 1.46 mg/g.

Grupo 5 Formado por 9 introducciones de *C. chinense* (9) y *C. annuum* (3). Se caracterizó por poseer frutos que tienden a ser circulares y cónicos de ahí que el cuello en la base del fruto sea cordado o lobulado. El peso promedio de los frutos es de 1.5 g y los contenidos de capsaicina son bajos (0.1 mg/g). En este grupo se

encuentra la variedad comercial habanero con el mayor contenido de capsaicina de 0.8 mg/g.

Grupo 6 Formado por 14 introducciones de *C. chinense*, las cuales fueron las variedades comerciales del Departamento de Córdoba. El peso promedio de los frutos es de 7 g con sin contenido de capsaicina, los frutos maduran rojo, la forma es triangular.

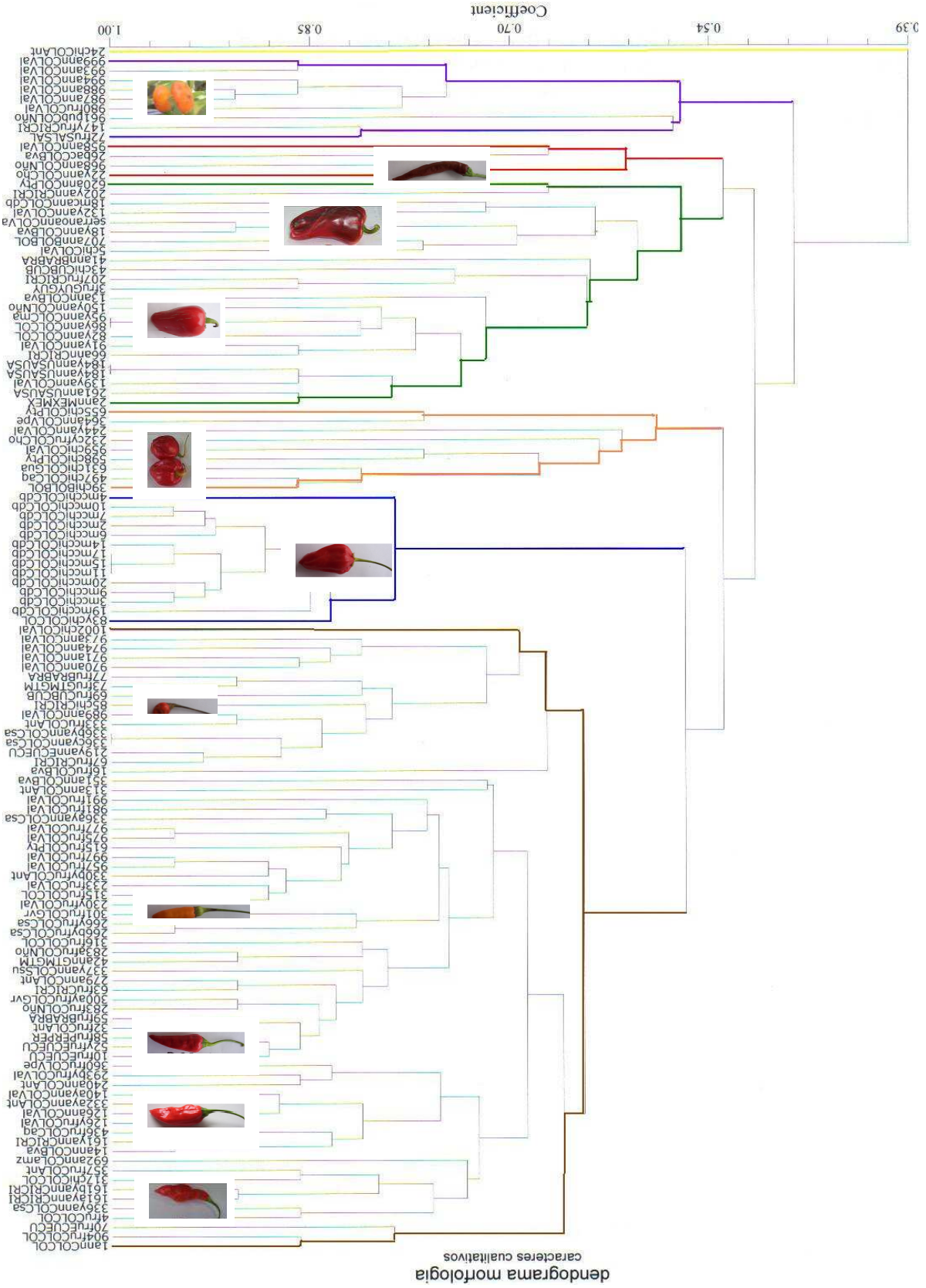
Grupo 7 formado por 67 introducciones de las especies *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense* en cantidades de 20:44:3 individuos respectivamente. El hábito de crecimiento es preferiblemente erecto (62) e intermedio (5). La forma del fruto es alongado y/o triangular con 15 introducciones que tienden a ser circulares. El cuello en la base del fruto fluctúa entre agudo y obtuso. Y los frutos maduran a tonalidades del rojo y solo 5 introducciones pequeñas maduran color naranja. El peso de los frutos fluctúa entre 0.2 g hasta 8 g. En este grupo se encuentran introducciones con los más altos contenidos de capsaicina, con un promedio de 0.9 mg/g. se aglomeran las introducciones con características similares al tipo tabasco material que representa al género de forma mundial.

El agrupamiento por características de fruto es de importancia agrícola. Por ejemplo, la pungencia se utiliza como criterio de selección en los materiales por los diferentes usos en la alimentación y la industria. Las comidas exigen cierto picor y sabor, los consumidores utilizan diferentes clases de pimientos con bajo, medio y alta pungencia. La industria usa al género *Capsicum* como pigmento natural en la industria textil o como colorante en la industria pecuaria. Los aceites que almacena el fruto están siendo estudiados para hacer parte orgánica en el procesamiento de alimentos y en la producción de fármacos.

Descriptores cuantitativos

La evaluación de 20 descriptores cuantitativos mostró variabilidad para cada una de las características (Cuadro 17). Las características más variables fueron contenido de capsaicina y peso de fruto. Las características asociadas a fruto presentaron variabilidad: ancho de fruto, longitud de fruto y espesor de la pared del fruto. Las producciones por planta y la cantidad de frutos también presentaron diferencias entre las introducciones. Dentro del germoplasma se detectaron características poco variables, tienden a cierto grado de homogeneidad dentro del género: ancho y largo de la hoja cotiledonal, número de pétalos, longitud del estambre, longitud de la corola, días a floración, días a fructificación y longitud del pedúnculo.

El análisis de componentes principales agrupó la variabilidad observada en cinco variables sintéticas: contenido de capsaicina, características asociadas al rendimiento, características asociadas a fruto, flores y planta (Cuadro 18). Los resultados obtenidos fueron similares a otros trabajos de caracterización donde la variabilidad del género se atribuyó a características asociadas con el fruto (García, 2007; Palacio, 2007; Pardey, 2006; SINCHI, 2005; Gómez, 2001; Correa, 1997).


dendograma morfologia
caracteres cualitativos
Coefficient
0.39
0.54
0.70
0.85
1.00

Cuadro 17 Descriptores cuantitativos para 128 introducciones de *Capsicum* del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

variable	media	Desviación estándar	Varianza	Coeficiente variación
Capsaicina (mg/g ají)	0.55	0.84	0.71	153.19
Rendimiento (g)	125.61	83.26	6933.78	66.28
Cantidad de frutos	44.43	27.58	760.81	62.07
Peso de un fruto (g)	6.74	11.64	135.69	172.64
Hoja cotiledonal ancho (mm)	7.52	1.59	2.55	21.22
Hoja cotiledonal largo (cm)	20.20	5.03	25.34	24.91
Hoja madura ancho (cm)	6.15	1.89	3.60	30.84
Hoja madura largo (cm)	11.40	3.20	10.27	28.10
Numero de pétalos	5.32	0.53	0.28	10.02
Longitud de antera (mm)	4.43	0.73	0.54	16.67
Longitud de corola (mm)	9.20	2.11	4.49	23.03
Días a floración	85.01	14.95	223.79	17.59
Días a fructificación	91.18	16.06	258.12	17.61
Altura (cm)	51.23	19.01	361.67	37.12
Flores por axila	1.60	0.52	0.27	32.62
Cantidad de lóbulos	2.32	0.62	0.39	27.01
Espesor de pared de fruto (mm)	1.65	1.17	1.38	71.07
Longitud de fruto (cm)	4.64	2.59	6.73	55.90
Ancho de fruto (cm)	1.81	1.03	1.06	57.04
Longitud de pedúnculo (cm)	2.99	0.64	0.41	21.52

El análisis de componentes principales no incluyó las variables: ancho de la hoja cotiledonal, largo de la hoja cotiledonal, número de pétalos, longitud del estambre, longitud de la corola, días a floración, días a fructificación y longitud del pedúnculo.

Cuadro 18 Variabilidad explicada por las principales variables sintéticas en 128 introducciones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

Componente	Variable sintética	Valores propios	Varianza absoluta	Varianza acumulada
1	Capsaicina	3.15	0.26	0.26
2	Rendimiento	2.43	0.20	0.46
3	Fruto	1.74	0.14	0.60
4	Flores	1.09	0.09	0.70
5	Planta	1.01	0.08	0.78

Smith and Heiser (1951, 1957) describieron características típicas para las especies: *C. annuum* posee el pedicelo largo y unitario, en cambio en *C. frutescens* es corto y crecen por pares, la planta tienden a ser altas y en *C. annuum* tienden a ser bajas. En *C. annuum* las plantas son anuales, el periodo de crecimiento es corto con respecto a *C. frutescens* que es perenne. Méndez (2003) estudió la precocidad en *C. annuum*, *C chinense* y *C. baccatum* y encontró diferencias en las fechas de cosecha y la variabilidad la atribuyó a la adaptación de los materiales al ambiente.

Sobre la matriz de correlación se distinguen asociaciones de interés agrícola (Cuadro 19). Se encontró correlación entre contenido de capsaicina con peso de fruto, numero de frutos y producción por planta. Altos contenidos de capsaicina se asocian con bajas producciones. Altas producciones con bajo numero de frutos y muchos frutos con bajo peso de fruto. Floraciones tempranas se asocio con frutos grandes. La producción se asocio con longitud de hoja cotiledonal, Esta última asociación es importante por que permite hacer selección en estado temprano en poblaciones segregantes. En el Cuadro 19 se muestran las asociaciones entre las 20 variables, se distinguen asociaciones desde estado de plántula que se proyecta a la parte vegetativa y estas a su vez conducen a la floración y fructificación.

Conocer la asociación entre características es útil en los programas de mejoramiento para hacer selección indirecta. Un ejemplo es reducir el tiempo para crear materiales rendidores seleccionando en estado temprano sobre características que estén asociadas. Aliyu *et al*. (1991) reportaron asociación positiva entre rendimiento de fruto, numero de frutos y altura de planta sobre accesiones de *C. frutescens*. También, Shifriss *et al.* (1989) y Zewdie y Zeven (1997) reportaron correlación positiva entre peso de fruto, longitud de fruto y ancho de fruto en *C. annuum.*

.

Cuadro 19 Correlación entre 20 descriptores del género *Capsicum*

	cap	rto	#fr	Gr.fr	hca	hcl	Hma	hml	#pet	lant	lcor	dfl	dfr	alt	Fl/a	#lob	espfr	Lfr	Afr	ped
cap	1	-0.42 <.0001	0.33 .0006	-0.26 0.006	-0.05 0.560	-0.12 0.226	-0.07 0.463	-.092 0.361	0.10 0.278	0.12 0.205	0.12 0.207	0.22 0.024	-0.22 0.027	-0.02 0.781	-0.10 0.305	0.03 0.740	0.02 0.825	0.13 0.190	0.01 0.88	-0.23 0.018
rto		1	-0.62 <.0001	0.78 <.0001	0.10 0.280	0.34 <.0005	0.09 0.372	0.24 0.013	-0.11 0.261	-0.01 0.395	-0.16 0.11	0.35 0.0003	0.34 0.0005	0.24 0.013	0.123 0.221	-0.15 0.131	-0.01 0.888	-0.03 0.719	0.09 0.344	-0.043 0.669
#fr			1	-0.49 <.0001	-0.06 0.52	-0.30 0.002	-0.17 0.078	-0.22 0.026	-0.11 0.242	0.05 0.598	-0.01 0.887	-0.15 0.124	-0.14 0.140	-0.19 0.056	-0.05 0.621	-0.12 0.226	-0.05 0.591	-0.04 0.662	-0.05 0.592	-0.07 0.462
Gr.fr				1	0.24 0.015	0.32 0.001	-0.08 0.39	0.15 0.135	-0.02 0.789	0.01 0.91	-0.05 0.584	0.21 0.030	0.23 0.021	0.30 0.002	-0.01 0.850	0.06 0.546	0.009 0.928	0.03 0.752	0.12 0.224	-0.05 0.608
hca					1	0.67 <.0001	-0.20 0.042	0.19 0.049	0.01 0.857	0.15 0.131	0.18 0.063	-0.09 0.344	-0.08 0.388	0.07 0.431	0.06 0.529	-.005 0.953	0.11 0.241	0.20 0.043	0.22 0.021	-0.21 0.034
hcl						1	-0.19 0.050	0.34 0.0004	-0.04 0.650	0.14 0.163	0.26 0.007	-0.08 0.407	-0.09 0.353	0.27 0.005	0.09 0.354	0.05 0.611	0.15 0.124	0.29 0.003	0.30 0.001	-0.14 0.148
hma							1	0.05 0.608	0.02 0.814	-0.15 0.135	-0.26 0.008	0.11 0.253	0.10 0.278	-0.01 0.861	-0.06 0.545	0.05 0.611	-0.07 0.475	-0.14 0.154	-0.19 0.056	0.03 0.698
hml								1	-0.05 0.598	0.28 0.003	0.22 0.025	0.15 0.118	0.14 0.150	0.35 0.0003	0.15 0.129	0.03 0.756	0.06 0.498	0.22 0.027	0.16 0.104	-0.05 0.557
#pet									1	0.12 0.219	0.36 0.0002	-0.06 0.513	-0.04 0.669	-0.31 0.001	-0.20 0.036	0.16 0.09	0.18 0.064	0.36 0.0002	0.29 0.002	-0.07 0.437
lant										1	0.45 <.0001	-0.16 0.101	-0.16 0.092	0.20 0.040	-0.02 0.834	0.02 0.786	0.08 0.379	0.34 0.0005	0.18 0.059	0.13 0.176
lcor											1	-0.41 <.0001	-0.39 <.0001	-0.02 0.817	-0.16 0.095	0.10 0.291	0.41 <.0001	0.68 <.0001	0.56 <.0001	-0.21 0.030
dfl												1	0.99 <.0001	-0.11 0.243	0.06 0.517	-0.18 0.068	-0.26 0.008	-0.39 <.0001	-0.30 0.002	0.01 0.869
dfr													1	-0.14 0.162	0.03 0.714	-0.01 0.052	-0.25 0.009	-0.40 <.0001	-0.29 0.002	0.005 0.960
alt														1	0.06 0.497	-.09 0.33	-.23 0.01	0.007 0.94	-0.16 0.101	0.09 0.358
Fl/a															1	-0.04 0.65	0.10 0.30	0.23 0.018	-.007 0.942	-.003 0.97
#lob																1	0.18 0.05	0.36 0.0002	0.32 0.001	0.07 0.46
espfr																	1	0.44 <.0001	0.62 <.0001	-0.13 0.182
lfr																		1	0.61 <.0001	-0.10 0.308
afr																			1	-0.15 0.118
ped																				1

Relaciones genéticas

El análisis discriminante con 40 características (Cuadro 20) encontró menor distanciamiento genético entre las especies de *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense*. Estas tres especies se separan de *C. baccatum* y de *C. pubescens*; principalmente hacia *C. pubescens* por que es una especie que crece en tierras altas donde las condiciones climáticas difieren de las altitudes bajas. *C. pubescens* se distribuye por la región media de la cordillera de los Andes. *C. baccatum* tiene amplia distribución por las tierras bajas de sur América.

Las diferencias que se presentan entre las cinco especies son a causa del crecimiento y desarrollo de las plantas en ciertas condiciones climáticas. El germoplasma de las plantas domesticadas es continuamente perturbado por el ambiente, la presión de selección y la biología (Harlan, 1992). La taxonomía tradicional se presenta entre formas muy cercanas relacionadas que tenden a la sobre clasificación. se basa en características controladas por uno o pocos genes que tienen poco significado biológico (Harlan y Wet 1971).

De las 40 características estudiadas solo 5 mostraron identidad de especie: color de hipocotilo, exención del estigma *para C. frutescens*; constricción anular del cáliz para *C. chinense*; Mancha en la corola para *C. baccatum*; Semilla negra para *C. pubescens*. el resto de descriptores fueron compartidas por las especies; por lo cual el distanciamiento genético dado de manera estadística fue bajo (cuadro 20).

García, (2007) concluyó que las especies de *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense* conforman un grupo en vía de diferenciación, lo cual lo atribuye a las distancias filogenéticas entre los grupos y dentro de los grupos basado en la caracterización morfológica, isoenzimática y los estudios de cruzabilidad entre especies silvestres y domesticadas.

Cuadro 20 Distancia genética cuadrada entre especies de *Capsicum* con base a características cualitativas.

De especie	*C. annuum*	*C. frutescens*	*C. chinense*	*C. baccatum*	*C. pubescens*
C. annuum	1.6	2.5	6.7	12.1	95.5
C. frutescens		2.1	5.9	14.0	89.3
C. chinense			3.2	13.5	115.6
C. baccatum				9.7	126.3
C .pubescens					9.7

5.2 EVALUACIÓN MORFOAGRONOMICA EN *CAPSICUM*

5.2.1 Rendimiento

Cuadro 21 Análisis de varianza para las variables producción por planta, peso de fruto, número de frutos por planta en *Capsicum*.

Fuentes de variación*		**Producción (g)**	**Peso de fruto (g)**	**Número de frutos**
	gl	CM	CM	CM
Grupo	9	1650.95ns	4.77ns	875.31*
Repetición	2	15981.59*	3.49ns	2960.47**
Introducción	99	16657.08**	311.47**	2632.43**
error	189	2669,37	3,93	536,8

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre las introducciones para las variables producción, peso y numero de frutos por planta (Cuadro 21). La producción y el número de frutos por planta cambió entre repeticiones, esto demuestra que estas características son influenciada por el suelo, el ambiente y el manejo agronómico. El peso de los frutos fue constante entre las repeticiones, significa que este rasgo es estable en el genotipo de la planta.

En *C. annuum, C. frutescens y C. chinense*, la producción presentó variabilidad entre las especies y dentro de las especies. El rendimiento está determinado por el periodo de productividad del genotipo (Méndez, 2003). El rendimiento es gobernado por muchos genes y es fuertemente influenciado por el ambiente (Correa, 1997). El número de frutos por planta de igual manera varió dentro de las especies, en *C annuum* y *C. chinense* el promedio del número de frutos por planta fue similar y se duplico en *C. frutescens* (Cuadro 22). Las introducciones con pocos frutos correspondieron a tamaño grande y son materiales domesticados. La selección por parte de los agricultores e investigadores favorecen los frutos grandes por que son fáciles de cosechar y procesar. Los frutos silvestres son pequeños, en mayor cantidad y no dehicentes.

Cuadro 22 Estadística descriptiva para las variables peso de fruto, número de frutos por planta y producción por planta en *Capsicum.*

variable	Media	varianza	Desv estándar	Coef. Variación	mínimo	máximo
bloque	5.5	8.28	2.87	52.33	1	10
grupo	2	0.6	0.81	40.89	1	3
tratamiento	50	836.03	28.91	57.25	1	100
Peso Fruto	6.41	111.45	10.55	164.18	0.1	82.1
C.annuum	9.83	209.07	14.45	147.06	0.18	78.95
C.chinense	6.04	12.66	3.55	58.90	0.78	17.74
C. frutescens	1.88	2.80	1.67	89.00	0.24	8.81
Producción	119.18	7501.33	86.61	72.66	6.73	508.40
C.annuum	137.80	8611.17	92.79	67.33	13.57	403.30
C.chinense	142.86	2110.55	45.94	32.15	33.65	210.77
C. frutescens	78.73	1721.01	41.48	52.68	7.77	191.78
frutos/planta	45.10	1286.97	35.87	79.52	4.07	217.6
C.annuum	38.59	993.46	31.51	81.67	5.33	156.13
C.chinense	33.07	187.90	13.70	41.44	7.18	70.81
C. frutescens	62.22	826.46	28.74	46.19	5.20	121.01

La producción en gramos para cada introducción distribuida en cuatro cuadrantes con base a la media de la producción igual a 119.18 g y la media de la varianza de la producción igual a 2756.7 (gráfico 4). En los cuadrantes inferiores 1 y 2 se ubicaron 53 introducciones que presentaron bajo rendimiento con respecto al promedio general. En el cuadrante 1 se ubicaron 46 introducciones con baja variabilidad y en el cuadrante 2 con 7 introducciones con alta variabilidad en la producción. En los cuadrantes inferiores se ubicaron las introducciones silvestres de *C. annuum* y *C. frutescens*; también se ubicó la variedad comercial ají Tabasco y otras introducciones muy similares en su forma y tamaño. En los cuadrantes superiores 3 y 4 se ubicaron 47 introducciones de alto rendimiento. En el cuadrante 3 se ubicaron 25 introducciones estables para el rendimiento, cuyas formas predominantes son el tipo jalapeño. En el cuadrante 4 se ubicaron 22 introducciones inestables para alto rendimiento, entre éstas introducciones se ubicaron las comerciales chinense procedentes de la Costa Atlántico, la variedad comercial Cayenne y otras comerciales tipo pimentones dulces.

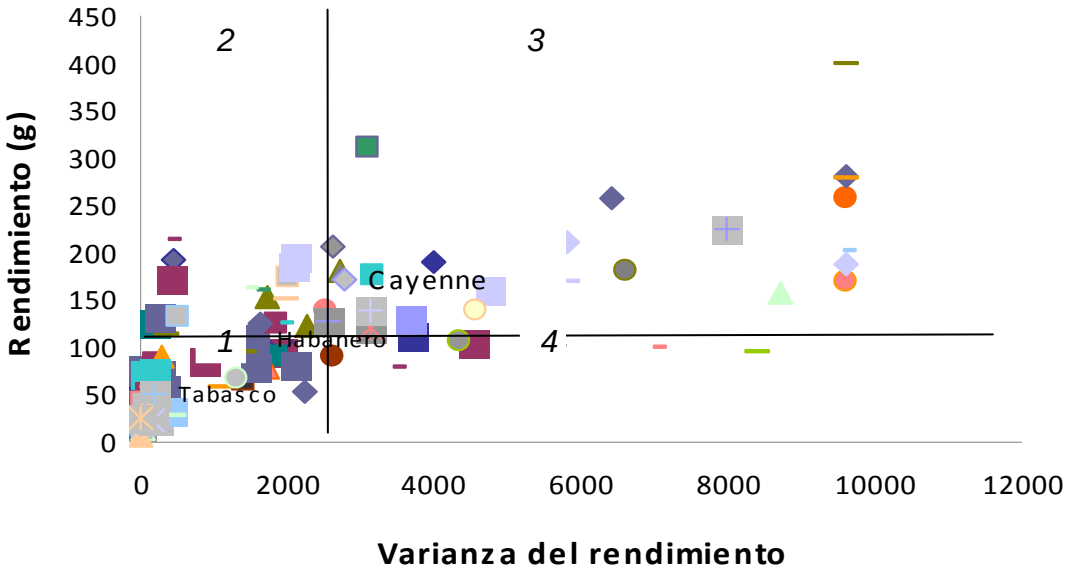


Gráfico 4 Relación entre el rendimiento y la varianza del rendimiento en 100 introducciones de *Capsicum.*

El rendimiento es una característica altamente influenciada por el ambiente, la heredabilidad es baja y esta asociada de manera directa e indirecta con otros rasgos de interés como son el número de frutos, peso de los frutos. Hacer selección a esta carácter se debe iniciar desde las primeras generaciones filiares. El diseño genético a seguir difiere según el origen de las poblaciones formadas. En el caso de la variedad comercial aji cayenne muestra alto potencial de rendimiento, pero la variabilidad al interior del material sugiere hacer selección dentro de las líneas para elevar los rendimientos. La variedad tabasco que se comercializa mundialmente presenta rendimientos por debajo del promedio, es necesario incrementar estos rendimientos ya sea realizando cruzamientos o buscando otros materiales similares a él con mayor potencial de rendimiento. El Habanero, presento bajos rendimientos, pero tiene potencial para aumentarlo. Se sugiere a los materiales comerciales hacer mantenimiento de líneas.

La siembra de semilla no certificada produce detrimento de la variedad, los rendimientos se reducen porque se produce polinizaciones entre plantas que afloran la aparición de genes indeseables que se encuentran en baja frecuencia. Es frecuente entre los cultivadores de ají dejar una parte de la siembra para semilla, los agricultores afirman dejar el mejor lote, pero esto no es cierto los problemas fitosanitarios se presentan, se recomienda sembrar semilla certificada. Los lotes de producción de semilla comercial manejan condiciones que garantizan la pureza genética de las variedades y sanidad de las plantas.

El diagrama de dispersión para peso promedio de los frutos (Gráfico 5). El plano quedo dividido en cuatro cuadrantes con respecto a la media igual a 6.16 g y la varianza igual a 0.59. En los cuadrantes inferiores se ubicaron 73 introducciones con pesos por debajo del promedio y las 27 introducciones restantes en los cuadrantes superiores. En el cuadrante 1 con 59 introducciones con baja variabilidad para peso, entre estas introducciones se ubicaron las silvestres de *C.*

annuum y *C. frutescens*, la variedad Tabasco y Habanero. En el cuadrante 2 con 14 introducciones variables para bajo peso. En el cuadrante 3 se ubicaron 7 introducciones tipo jalapeño y unas comerciales procedentes de la Costa Atlántica. El resto de variedades comerciales tipo pimentones dulces en el cuadrante 4. La ubicación mayoritaria de las introducciones en el cuadrante 1 significa que el peso es una característica estable en el genotipo. La posición de introducciones con frutos grandes en el cuadrante 4 indica que la variabilidad del peso se presenta en frutos de gran tamaño, el ambiente influencia en el desarrollo de los frutos grandes, posiblemente porque la planta esta expuesta a factores bióticos y abióticos que la afectan.

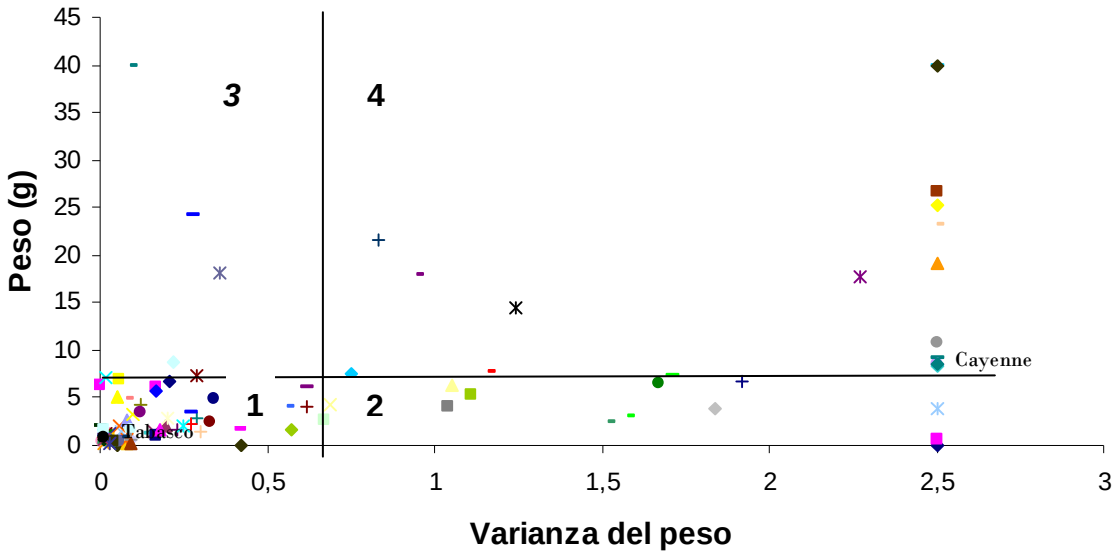


Gráfico 5 Relación entre el peso de fruto y la varianza de peso de fruto en 100 introducciones de *Capsicum.*

La herencia para tamaño es controlada por pocos genes. Existe la creencia los frutos pequeños corresponde a ají picantes. Los resultados de la correlación entre ancho de fruto y contenido de capsaicina así lo confirmaron (Cuadro 19). La industria procesadora de ají no trabaja con frutos tan pequeños como los silvestres es necesario incorporar la pungencia hacia materiales grandes y así aumentar los rendimientos para esta característica.

El diagrama de dispersión para cantidad de fruto promedio por planta (Gráfico 6). El plano quedo dividido en cuatro cuadrantes donde se distinguen las introducciones con bajos y altas cantidades de frutos por planta y la estabilidad del rasgo expresada por debajo o por encima de la varianza promedia. 45 frutos/planta fue la media general y 576.3 la varianza promedia. En el cuadrante 1 y 2 se ubicaron 64 introducciones con menor cantidad de frutos por planta; correspondieron a las introducciones de tamaño grande de fruto y las variedades comerciales tipo pimentones dulces y los tipo jalapeños. En el cuadrante 2 se ubicaron 4 introducciones entre los cuales se ubicó la variedad Cayenne. En los cuadrantes 3 y 4 se ubicaron 36 introducciones cuyos tamaños tienden a ser menores y por lo tanto la cantidad de frutos en la planta es mayor. Las especies silvestres se ubicaron en el cuadrantes 4 donde la producción es dispersa a lo largo del tiempo, rasgo típico de las silvestres donde la producción no se concentra en un periodo de tiempo corto, esto demuestra que hay variabilidad en la producción de frutos al interior de esta variedad comercial, es necesario depurar para mejorar los rendimientos. Para la variedad comercial Habanero es necesario hacer un manejo agronómico para estabilizar la producción y mantener fijo los altos rendimientos. Para Tabasco, variedad principal para exportación mostró comportamiento estable en la producción de frutos, pero se distingue en estas evaluaciones materiales mejores que ella lo cual es necesario seleccionar y estudiar para lanzar al mercado y competir con las características organolépticas que posee como son el color, sabor y pungencia

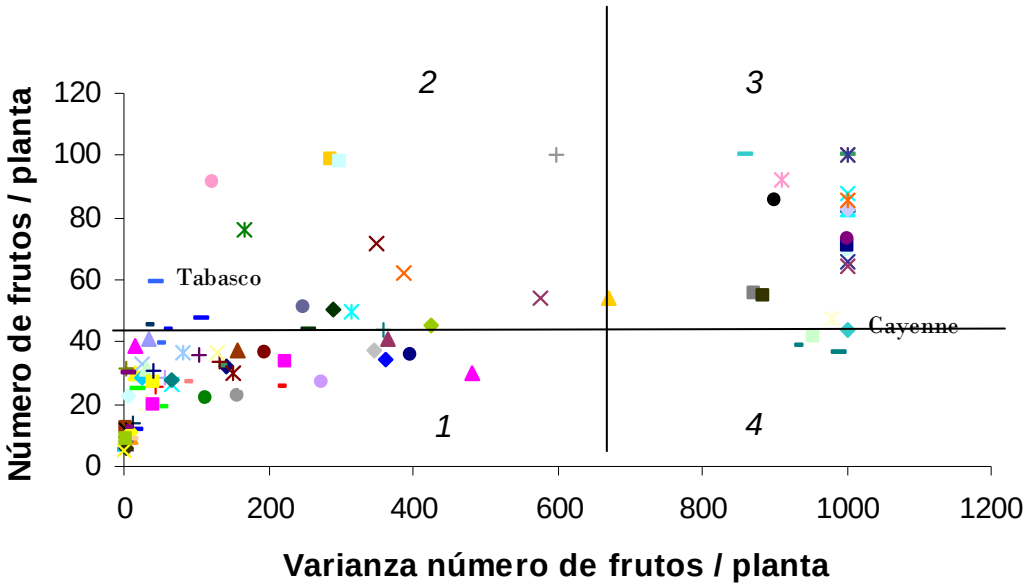


Gráfico 6 Relación entre el número de frutos por planta y la varianza de número de frutos por planta en 100 introducciones de *Capsicum.*

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 del ají en Colombia exige desarrollar tecnología que incremente los rendimientos en función del tamaño, cantidad y peso óptimo que cada genotipo posee, esto se logra con practicas de manejo del cultivo que incluya control enfermedades, plagas, fertilización, distancias de siembra etc. Incrementar los rendimientos y ser competitivos con los mercados internacionales exige desarrollar un Programa de Manejo Integrado del Cultivo.

5.2.2 Determinación del contenido de Capsaicina

El contenido de capsaicina varió desde cero hasta 5 mg/g (Gráfico 7). El rango determinado de estas introducciones supero las reportadas por Melgarejo *et al*, 2004 con 6 introducciones del amazonas donde determinó un máximo de 1.6 mg/g. Se ha evidenciado que la pungencia es una respuesta afectada por la interacción genotipo por ambiente (Gonzales *et al*, 2002). La pungencia es la característica propia de los ajies contribuida principalmente por capsaicina, seguido de dehidrocapsaicina.

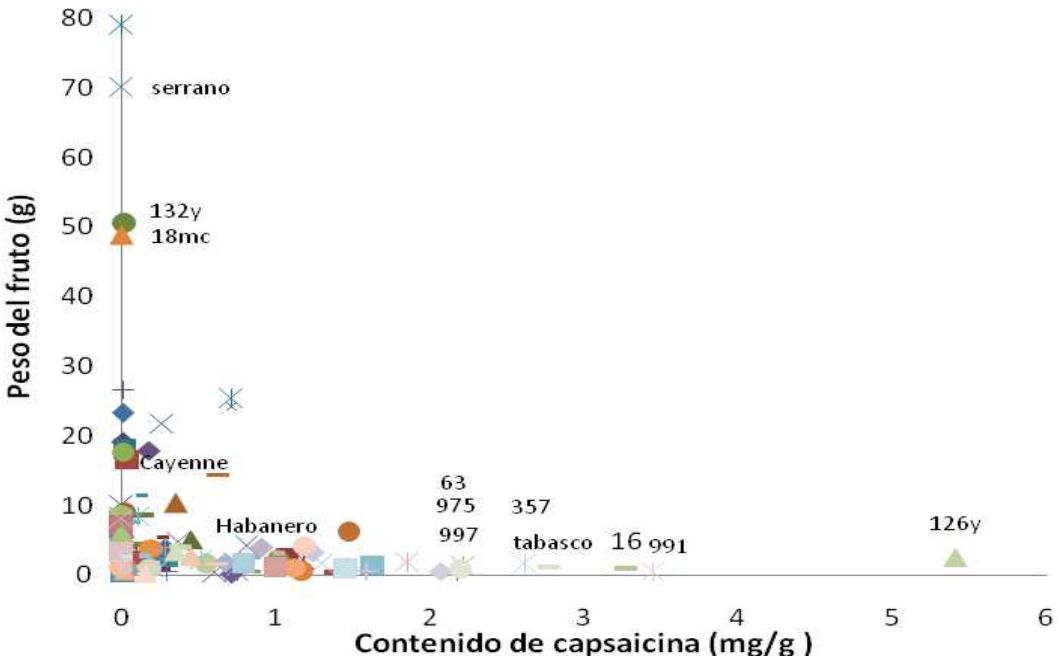


Gráfico 7 Contenido de capsaicina asociado a peso de fruto en 128 introducciones de *Capsicum* .

Las personas asocian picante con frutos pequeños, la correlación inversa entre capsaicina con peso lo confirma. La ubicación espacial de las 100 introducciones con los valores de capsaicina asociadas a peso de fruto (Gráfico 7) fueron dispersos con valores extremos como la introducción 126 recolectada en el Valle

del Cauca. La apariencia del fruto es similar a tabasco. La pungencia de las variedades comerciales en orden decreciente fue Tabasco, seguido de Habanero y Cayenne. Solo cuatro introducciones de *C. frutescens* superaron a Tabasco: 126y, 357, 997 y 73 cuyos pesos fueron superiores a Tabasco. Las especies de *C. frutescens* presentaron altos niveles de capsaicina, seguidas de las silvestres de *C. annuum.* El grafico 8 muestra la ubicación de los materiales comerciales con respecto a las otras introducciones asociando contenido de capsaicina con ancho de fruto, esta última característica es menos variable con respecto a peso del fruto. Se visualiza introducciones de buen tamaño con altos contenidos de capsaicina los cuales los hace interesantes para incrementar los rendimientos de estas sustancias útiles para la industria.

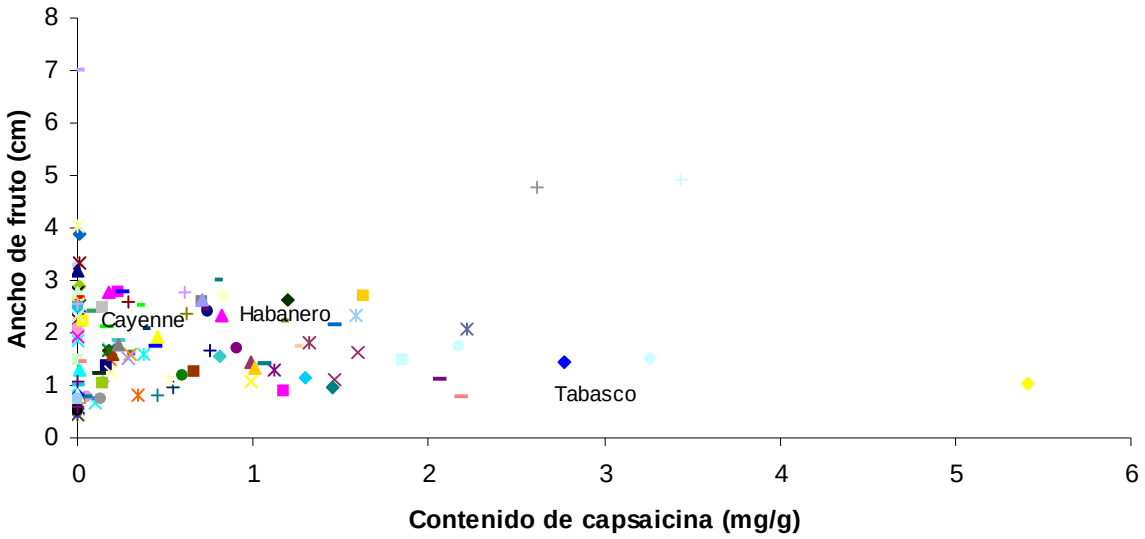


Gráfico 8 Contenido de capsaicina asociado a ancho de fruto en 128 introducciones de *Capsicum*

5.2.3 Evaluación de presencia en campo de potyvirus, virus del mosaico del pepino (CMV), geminivirus y virus del Mosaico del tabaco (TMV)

El lote donde se realizó la caracterización y evaluación de introducciones de *Capsicum* presentó incidencia de virus. El TMV fue el virus con mayor incidencia en campo (doce introducciones), seguido de potyvirus (nueve introducciones). CMV se presento una vez al igual que Geminivirus. Se presentó mezclas de virus. Potyvirus se asocio con CMV y TMV, y Geminivirus con TMV. (Cuadro 23).

Cuadro 23 Evaluación de germoplasma de *Capsicum* a virus

Evaluación de Germoplasma de *Capsicum* sp
Procedentes del CEUNP (Centro experimental Universidad Nacional de Colombia - Palmira
Traídas por: Ing. Catherine Pardey (Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira)
Septiembre 26 del 2005
Resultados de laboratorio
ELISA

	Potyvirus Atc. M. de Agdía		CMV Atc.m. 10-1D10-1G1-3C5		Geminivirus Atc. M. $C1-3F7		TMV- ají Atc. específico	
Introducción	Absorbencia	Reacción	Absorbencia	Reacción	Absorbencia	Reacción	Absorbencia	Reacción
2	0.0540	-	0.020	-	0.0030	-	2.0490	+
16	0.3790	+	o.2020	+	0.0170	-	0.0130	-
19mc	0.0150	-	0.0020	-	0.6460	+	1.0554	+
67	2.1130	+	0.0040	-	0.0125	-	2.9670	+
69	0.0250	-	0.0040	-	0.0260	-	1.0970	+
70	0.0220	-	0.0020	-	0.0190	-	1.6410	+
73	0.0150	-	0.0040	-	0.0020	-	3.0100	+
95y	0.1820	+	0.0010	-	0.0180	-	0.0300	-
244y	0.7640	+	o.0030	-	0.0020	-	0.0180	-
283a	0.8510	+	0.0040	-	0.0170	-	0.0000	-
315	0.0450	-	0.0050	-	0.0040	-	1.9900	+
317	1.2280	+	0.0010	-	0.0050	-	2.3510	+
336y	3.0290	+	0.0010	-	0.0230	-	1.1390	+
615	2.2410	+	0.0030	-	0.0090	-	0.0060	-
631	0.3020	+	0.0000	-	0.0060	-	0.0090	-
655	0.0050	-	0.0040	-	0.0160	-	0.7030	+
707	0.0500	-	0.0060	-	0.0230	-	4.0000	+
981	0.0100	-	0.0000	-	0.0260	-	0.6580	+

La presencia de los virus en CEUNP no fue homogénea, la incidencia se presentó en plantas aisladas. Posiblemente la baja presencia de los virus se da por que el centro experimental se encuentra rodeado de cultivos de caña de azúcar y potreros de cría de ganado vacuno y aviar; por lo cual la incidencia de mosca blanca y de áfidos es baja.

La comparación de los niveles de incidencias en campo se realizó porque los lotes comerciales de ají o pimentón son atacados por virus de forma homogenea preferiblemente en estados tempranos de desarrollo de la planta (Cuadro 24), si la incidencia viral se presenta antes de floración los rendimientos se bajan y es necesario arrancar todo el cultivo para no diseminar la enfermedad. Las recomendaciones son rotar con otro cultivo para romper el ciclo del insecto. Es necesario manejar semilleros y sembrar semilla certificada. El problema de virus se radica sembrando variedades resistentes al virus presente en la zona.

La visita a lotes comerciales de *Capsicum* en los municipios de Roldadillo y la Unión en el Departamento del Valle del Cauca mostraron daño por virus (Cuadro 24). El virus que predominó en los lotes fue potyvirus, ajustándose a lo observado por Morales *et al*., 2005 quienes aislaron el potyvirus de una finca del municipio de Yotoco y lo denominaron *virus del mosaico deformante del pimentón* PepDMV.

Cuadro 24 Resultados de las evaluaciones serologicas para muestras recolectadas en dos fincas productoras de aji y pimentón bajo condiciones comerciales del Valle del Cauca

MUESTRAS DE AJÍ PIMENTÓN

Procedentes de Roldadillo y la Unión (Valle del Cauca)

Proyecto: Mejoramiento genético de *Capsicum* con resistencia a virus

Traídas por : Ing. Catherine Pardey (Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira)

Febrero 27 de 2007

Muestra	Material	Procedencia	Resultados de Laboratorio							
			geminivirus		**potyvirus**		**CMV**		**TMV**	
			Atc. m. 4C1-3F7		Atc. m. de Agdia		Atc. M. 4C1-3F7		Atc. M. 4C1-3F7	
			Absorb*.	Rx	Absorb	Rx	Absorb	Rx	Absorb	Rx
1	Ají variedad Cayenne	Finca la gloria- Roldanillo	0.0045	(-)	**4.0000**	(+)	0.0135	(-)	0.0300	(-)
2	Ají variedad Cayenne	Finca la gloria- Roldanillo	0.0085	(-)	**4.0000**	(+)	**1.0155**	**(+)**	0.0455	(-)
3	Ají variedad Cayenne	Finca la gloria- Roldanillo	0.0025	(-)	**4.0000**	(+)	0.0200	(-)	0.0290	(-)
4	Ají variedad Cayenne	Finca la gloria- Roldanillo	0.0010	(-)	**4.0000**	(+)	0.0145	(-)	0.0195	(-)
5	Ají variedad Tabasco	Finca la gloria- Roldadillo	0.0085	(-)	**4.0000**	(+)	0.0135	(-)	0.0225	(-)
6	Ají variedad Tabasco	Finca la gloria- Roldadillo	0.0105	(-)	**4.0000**	(+)	0.0025	(-)	0.0245	(-)
7	Ají variedad Tabasco	Finca la gloria- Roldadillo	0.0065	(-)	**4.0000**	(+)	0.0095	(-)	0.0240	(-)
8	Ají variedad Tabasco	Finca la gloria- Roldadillo	0.0065	(-)	**4.0000**	(+)	0.0115	(-)	0.0245	(-)
9	Ají variedad Tabasco	Finca San Jorge-La Unión	0.0000	(-)	**4.0000**	(+)	0.0230	(-)	0.0265	(-)
10	Ají variedad Tabasco	Finca San Jorge-La Unión	0.0030	(-)	**4.0000**	(+)	0.0880	(-)	0.0145	(-)
	Control Negativo		0.0155	(-)	0.0565	(-)	0.0100	(-)	0.0310	
	Control Positivo		2.6525	(+)	**4.0000**	(+)	**4.0000**	**(+)**	3.5960	

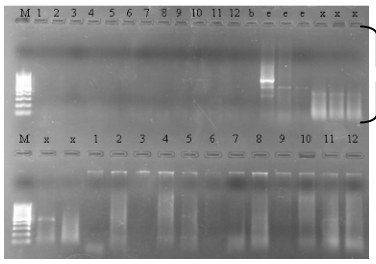
5.2.4 Evaluación a PepDMV

La evaluación resistencia a PepDMV presentó 13 introducciones con plantas con reacción negativa. Las introducciones evaluadas mostraron diversidad de síntomas (Foto 12), la expresión de susceptibilidad fue variada, los mosaicos, la deformación, el enanismo dependió del genotipo. Se observo genotipos altamente susceptibles en estados temprano de desarrollo de las plantas, otras introducciones mostraron la susceptibilidad antes de comenzar la floración. Las pruebas de inmunología corroboraron la resistencia a PepDMV. Las pruebas de RNA verificaron la ausencia del virus en la planta. La banda del virus se ubico aproximadamente a 700 pb y en las plantas sanas no se presento dicha banda (Fotografía 13).

Fotografía 12
Plantas inoculadas en invernadero, expresando síntomas

Las introducciones que mostraron plantas resistentes en la especie *C. annuum* fueron la variedad comercial de pimentón Serrano, introducción 13, 66, 91y, 139. (Fotografía 14); En la especie *C. chinense:* introducción 24 y 631 (Fotografía 15); *C. baccatum,* la introducción 26 (Fotografía 16) y en *C. frutescens* la introducción 70, 232cy, 332ay, 293by (Fotografía 17) (Cuadro 25).

Fotografía 13 En la parte superior del gel se muestra la reacción a PepDMV en plantas de *Capsicum* inoculadas en invernadero. En el carril 1 se ubico el marcador de peso molecular, carril del 2 al 13 muestras de *Capsicum*, carril 14 testigo blanco; carril 15 al 17 testigos ds-RNA PepDMV: carril 18 al 20 muestras de no interés. En la parte inferior se muestra la extracción RNA de planta de las mismas



a

b

c

d e f

Fotografía 14 Plantas resistentes a PepDMV de *C. annuum* (a) Serrano; (b) Cayenne; (c) introducción 13 (d) introducción 66 (e) introducción 91y; (f) introducción

a

b

Fotografía 15 Plantas resistentes a PepDMV de *C. chinense* (a) introducción 24 (b)

a

Fotografía 16 Plantas resistentes a PepDMV de *C. baccatum* (a) introducción 26

a

b

c

d

e

Fotografía 17 Plantas resistentes de *C. frutescens* (a) introducción 70; (b) introducción 232cy (c)

Cuadro 25 Introducciones que no mostraron síntomas a PepDMV ni reacción positiva por la técnica de ELISA y RT-PCR.

Introducción	Especie	Incidencia		Mosaico	Deformación	Enanismo	Serología
13	*C. annuum*	-	0 / 5	1	1	1	(-)
24	*C. chinense*	-	0 / 6	1	1	1	(-)
26	*C. baccatum*	-	0 / 6	1	1	1	(-)
66	*C. annuum*	+	2 / 9	3	2	1	(-)
70	*C. frutescens*	-	0 / 6	1	1	1	(-)
91y	*C. annuum*	+	5 / 7	3	2	1	(-)
139y	*C. annuum*	+	1 / 7	3	2	1	(-)
232cy	*C. frutescens*	+	3 / 4	3	2	2	(-)
332ay	*C. frutescens*	+	8 / 9	3	3	1	(-)
293by	*C. frutescens*	-	0 / 1	1	1	1	(-)
631	*C. chinense*	-	0 / 4	1	1	1	(-)
692	*C. frutescens*	+	3 / 5	1	1	1	(-)
Serrano	*C. annuum*	-	0 / 9	1	1	1	(-)
Habanero	*C. chinense*	+	6 / 6	5	5	1	(+)
Tabasco	*C. frutescens*	+	10 / 10	3	3	1	(+)
Cayenne	*C. annuum*	+	8 / 9	3	3	1	(-)

El banco de germoplasma de la universidad adquiere importancia en estos momentos por que provee información útil para desarrollar nuevos genotipos, nuevos productos al poseer características de interés (anexo 4, 5 y 6) para responder a los desafíos planteados por los productores: variedades rendidoras, resistentes a enfermedades virales, plagas y pungencia.

5.3 CARACTERIZACIÓN MOLECULAR

Tomando los 32 primer de microsatélites en una comunidad formada por 135 individuos (introducciones) que abarcan las especies de *C. annuum, C. frutescens, C. chinense, C. baccatum* y *C. pubescens,* asumiendo cada individuos como representante de una población y aplicar las leyes de Méndel a la muestra para ver si están en equilibrio Hardy Weinberg. Los resultados mostraron que los genotipos no están en equilibrio, hay deficiencia de los genotipos observados con respecto al esperado determinado por el número de alelos encontrados (Cuadro 26).

Los locus que no mostraron variabilidad genética a nivel de microsatélites se conocen como “primer monomorfico”; estos variaron según la especie (Cuadro 25). Para el complejo *annuum- frutescens- chinense* se presentaron 11 primer monomórficos; *C. baccatum* 29 primer monomórficos (un solo representante de la especie); *C. pubescens* con 5 introducciones traídas de Pasto Nariño con 22 primer monomórficos. De ahí que el mayor nivel de polimorfismo se presenta en el “complejo”.

Los genes fijados en los individuos (valor = 1) corresponden a los microsatélites monomórficos y ellos no sirven para buscar diversidad entre los individuos. El polimorfismo es la medida que proporciona un criterio para determinar si un microsatelite presenta variación alélica y se calcula como tasa de polimorfismo. Dentro del polimorfismo se distingue el “alelo común” y el “alelo raro”. El alelo común es aquél que tiene una frecuencia de menos del 0.95%, los alelos raros o poco comunes las frecuencias son menores a 0.05. Los resultados mostraron que los mayores porcentajes de polimorfismo se presentaron en los individuos de *C. annuum, C. frutescens* y *C. chinense* con 21 microsatelites polimorficos de 32. La especie de *C. baccatum* detecto 10 microsatelites polimorficos. Y la única especie de *C. baccatum* solo detecto 3 microsatelites polimorficos.

Dentro de los polimorfismos de los microsatelites se calculó la frecuencia de los alelos. En el Cuadro 27 se muestra el número de alelos encontrados por microsatelite. Se halló entre 1 y 7 alelos. Un alelo para los primers monomórficos. Los primer de Lee *et al.,* 2004 presentaron la mayor cantidad de alelos por locus, por lo cual los hace ser útiles al momento de usarlos como medida de variabilidad genética. Los alelos raros se encontraron acompañados de un alelo común.

Cuadro 26. Valores de Chi Cuadrado para Equilibrio Hardy Weinberg en 32 loci en cinco especies de *Capsicum*.

primer	*C. annuum*	*C. baccatum*	*C. chinense*	*C. frutescens*	*C. pubescens*	General
S2	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	Monomorfico	0.0000
S3	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico
S6	1.0000	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	1.0000
S7	0.0060	Monomorfico	0.8100	1.0000	Monomorfico	0.0001
S8	0.0000	Monomorfico	0.0001	0.0000	1	0.0000
U1	0.4900	Monomorfico	1.0000	0.84	1	0.49
U2	0.0000	Monomorfico	0.83	0.038	0.26	0.0000
U3	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico
U4	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico
U5	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico
U6	0.0000	Monomorfico	0.039	0.023	Monomorfico	0
U8	0.0003	1	0.002	0.001	1	0
U9	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico
U10	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico
U11	Monomorfico	Monomorfico	0.87	0.89	1	0.81
U13	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico
U16	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico
U17	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico
U20	Monomorfico	Monomorfico	0.0000	Monomorfico	Monomorfico	Monomorfico
L1	0.0000	Monomorfico	0.0000	0.0000	Monomorfico	0.0000
L2	0.0000	Monomorfico	0.0002	0.0000	0.2000	0.0000
L3	0.0000	Monomorfico	0.0000	0.0000	0.34	0.0000
L4	0.6900	1	0.72	0.35	Monomorfico	0.83
L5	0.0000	Monomorfico	0.0000	0.0000	0.007	0.0000
L6	0.0000	Monomorfico	0.002	0.0000	0.95	0.0000
L7	0.0000	Monomorfico	0.0000	0.0000	0.21	0.0000
L8	0.0000	1	0.0001	0.023	Monomorfico	0.0000
L9	0.0000	Monomorfico	0.0002	0.0000	0.002	0.0000
L10	0.0000	1	0.0000	0.0000	Monomorfico	0.0000
L11	0.0000	1	0.010	0.0030	1.0000	0.0000
L12	0.0000	1	0.0006	0.0000	1.0000	0.0000
L13	0.0000	Monomorfico	0.0140	0.0001	Monomorfico	0.0000
Loci polimorfico	21	3	21	21	10	22
% loci polimorfico	65.62	9.38	65.62	65.62	31.25	68.75

Valores con cero significa que la cantidad de individuos observados difiere de los esperados.

Valores igual a 1 significa que la cantidad de individuos observados se ajusta a los esperados

Monomorfico, alelo fijado en la especie

Cuadro 27. Resumen de la frecuencia de alelos en encontrados en 32 microsatelites evaluados en 135 individuos de *Capsicum*

Primer (locus)	Alelos						
	A	B	C	D	E	F	G
S2	0.2611	0.6278	0.1111				
S3	1.0000						
S6	0.9878	*0.0122*					
S7	0.8387	0.1613					
S8	0.7464	0.2536					
U1	0.0595	0.9405					
U2	0.1071	0.1429	0.7500				
U3	1.000						
U4	1.000						
U5	1.000						
U6	0.6905	0.2857	*0.0238*				
U8	*0.0143*	0.4571	*0.0143*	0.5143			
U9	1.000						
U10	1.000						
U11	0.9813	*0.0187*					
U13	1.000						
U16	1.000						
U17	1.000						
U20	1.000						
L1	0.3162	0.4829	0.1667	*0.0342*			
L2	0.1697	0.2431	0.1606	0.4266			
L3	0.6038	*0.0231*	0.1154	0.1885	*0.0692*		
L4	0.6132	0.2311	0.1557				
L5	0.0240	0.0240	0.0720	0.1200	0.1160	0.2600	0.3840
L6	0.3679	0.6274	*0.0047*				
L7	0.2710	0.4813	0.2477				
L8	0.3488	0.6512					
L9	0.3882	0.3224	0.1513	0.1382			
L10	0.0534	0.3252	0.2718	0.3495			
L11	0.4565	0.4891	0.0543				
L12	0.2812	0.6719	0.0469				
L13	0.3812	0.4000	0.1250	0.0938			

Cuadro 28 Resumen estadístico de la variación genética y heterosis para todos los loci en 135 individuos de *Capsicum*

Lócus microsatelite	Tamaño muestra	Alelos Observados	Alelos efectivos	Índice Shannon's	Índice Nei
S2	180	3	2	0.8870	0.5254
S3	98	1	1	0.0000	0.0000
S6	82	2	1	0.0659	0.0241
S7	124	2	1.	0.4418	0.2706
S8	138	2	1	0.5663	0.3786
U1	252	2	1	0.2257	0.1120
U2	112	3	2	0.7331	0.4056
U3	196	1	1	0.0000	0.0000
U4	116	1	1	0.0000	0.0000
U5	82	1	1	0.0000	0.0000
U6	126	3	2	0.7027	0.4410
U8	70	4	2	0.8212	0.5261
U9	150	1	1	0.0000	0.0000
U10	262	1	1	0.0000	0.0000
U11	214	2	1	0.0929	0.0367
U13	84	1	1	0.0000	0.0000
U16	82	1	1	0.0000	0.0000
U17	76	1	1	0.0000	0.0000
U20	78	1	1	0.0000	0.0000
L1	234	4	3	1.1296	0.6378
L2	218	4	3	1.3019	0.7043
L3	260	5	3	1.1401	0.5812
L4	212	3	2	0.9280	0.5463
L5	250	7	4	1.5905	0.7508
L6	212	3	2	0.6856	0.4710
L7	214	3	3	1.0515	0.6335
L8	86	2	2	0.6467	0.4543
L9	152	4	4	1.2915	0.7034
L10	206	4	4	1.2433	0.6953
L11	92	3	2	0.8660	0.5494
L12	192	3	2	0.7674	0.4673
L13	160	4	3	1.2160	0.6702

En el Cuadro 28 se resumen la variación genética para todos los individuos y se estima el índice de Shannon's como medida de diversidad genética entre ellos y el índice de Nei's como medida de heterogocidad. Los valores que tienden a cero en el índice de Shannon's significa baja probabilidad de obtener un individuo con alelos diferentes al común (se hace nulo cuando el primer es monomorfico). El

índice de Nei's cuantifica la probabilidad de que, en un locus, cualquier par de alelos escogidos al azar de la población sean diferentes entre sí (heterocigoto). Los primer de Lee *et al.,* 2004 presentaron índices elevados de diversidad por poseer mayor cantidad de alelos por locus y a su vez presentar mayor cantidad de alelos en estado heterocigoto. No siempre por que se tengan varios alelos por locus ellos van a estar presente en estado heterocigoto que sería la forma ideal, aquí en el estudio se vio que los alelos se encontraron principalmente en estado homocigoto. Los resultados muestran que entre más alelos se encuentren por locus mayor es el índice de diversidad y a su vez entre menos alelos por locus menor índice de diversidad. Se hallo que los primer S6, U1 y U11 presentaron índices de diversidad bajos, de no ser por los alelos raros que se encontraron en estado heterocigoto estos microsatelites actuarían como monomórficos. S6, U1 y U11 no son microsatélites útiles para trabajos de diversidad.

El microsatelites S7 presento un índice de diversidad bajo al igual que el índice de Nei. En este trabajo se clasificó no útil para el estudio de diversidad. Haciendo una selección de microsatelites útiles con base al índice de Shannon´s y de Nei´s se seleccionan los primer S2, U6, U8 y todos los primer de Lee *et al*.; 2004. Estos resultados indican que las introducciones seleccionadas tienden a la homogenidad, lo cual es cierto por que cuando se colecta esta especie se halla generalmente en huertos caseros donde se presentan pocos individuos de una especie y la propagación de la especie se hace por autopolinización. Los estudios de Odland y Porter (1941) reportaron que las especies de *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense* y *C. frutescens* se autopoliniza en forma natural y con 16.5% de polinización cruzada realizada por abejas y el viento. Además García 2007 plantea al igual que Pickersgill 1980 que el complejo *annuum-frutescens-chinense* son un grupo en via de diferenciación y tienen ancestro común.

Cuadro 29 Resumen de los estadísticos de F

Primer	Tamaño muestra	F_{IS}					F_{IS}	F_{IT}	F_{ST}
		annuum	baccatum	chinense	frutescens	pubescens			
S2	180	0.8202	-1.000*	0.8270	0.6395	Mono	0.2915	0.5686	0.3910
S8	138	0.9404	Mono**	1.000	1.000	1.000	0.9725	0.9901	0.6393
U6	126	0.6983	Mono	0.575	0.454	Mono	0.5829	0.6440	0.1463
U8	70	-0.866	-1.000	-1.000	-0.5	1.000	-0.860	-0.849	0.0059
L1	234	0.9092	Mono	1.000	1.000	Mono	0.9691	0.9795	0.3354
L2	218	0.5604	Mono	0.632	0.548	0.466	0.5588	0.6775	0.2690
L3	260	0.793	Mono	0.862	0.750	-0.60	0.4907	0.5578	0.1317
L4	212	0.082	-1.000	-0.171	0.052	Mono	-0.239	-0.085	0.1245
L5	250	0.9541	Mono	0.800	0.887	1.000	0.9071	0.9364	0.3150
L6	212	0.7870	Mono	0.60	0.878	-0.33	0.4640	0.5501	0.1607
L7	214	0.9651	Mono	0.844	1.000	0.466	0.8403	0.8783	0.2378
L8	86	0.8860	1.000	1.000	0.569	Mono	0.7712	0.9222	0.6600
L9	152	0.8853	Mono	0.837	0.855	1.000	0.8945	0.9284	0.3217
L10	206	0.8374	1.000	0.805	0.866	Mono	0.8362	0.9130	0.4691
L11	92	0.6372	1.000	0.677	0.618	1.000	0.6464	0.8608	0.6063
L12	192	0.7562	1.000	0.744	0.792	-0.20	0.5992	0.7939	0.4857
L13	160	0.2245	Mono	0.265	0.140	Mono	0.2077	0.5444	0.4250

* -1.000 = locus en estado heterocigoto

** Mono = locus en estado homocigoto

*** 1.000 = no se presento lectura

Para cuantificar la diversidad genética entre los individuos y visualizar la estructura dentro de este conjunto en particular, se usan los estadísticos de **F** para cada microsatelite (Cuadro 29). $\mathbf{F_{IS}}$ calcula la deficiencia o el exceso de heterocigotos promedio entre los individuos. Los valores que tienden a 1 son alelos en estado homocigoto. Los resultados muestran una tendencia hacia genotipos homocigotos y el déficit de heterocigotos se puede atribuir al apareamiento no aleatorio dentro de los individuos. $\mathbf{F_{IT}}$ mide la deficiencia o el exceso de heterocigotos promedio en un grupo esta medida es similar a $\mathbf{F_{IS}}$ donde se mira la presencia de heterocigotos y se hallo que es baja. Este resultado corrobora el desequilibrio encontrado en Hardy Weinberg que es consecuencia de la falta de apareamiento aleatorio de las especies. $\mathbf{F_{ST}}$ mide el grado de diferenciación génica entre los individuos, en función de las frecuencias alélicas. El valor va de 0 a 1 donde cero no existe divergencia

génica y 1 los alelos están fijados. Los resultados muestran que los alelos estudiados tienden a ser comunes en el género, los alelos raros inyectan divergencia dentro de la especie donde es hallada. Los primer de Lee *et al*., 2004 son multialelicos, pero aún así los alelos son comunes dentro de los individuos. Los microsatelites S8, L8 y L11 fueron los más altos valores alcanzados de F_{ST} y esto se debe a la presencia de uno de los alelos en el locus que esta fijado y el otro esta en baja frecuencia, esta clase de microsatelite no discrimina dentro de los individuos.

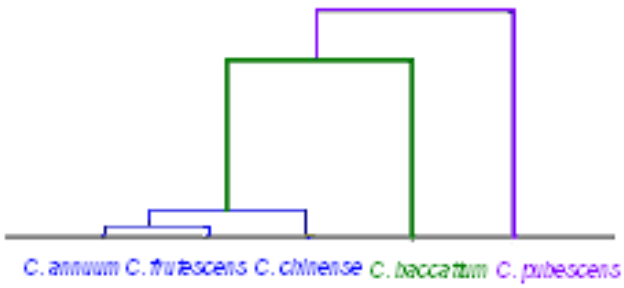
Cuadro 30 Las Medidas Imparciales de Nei de Identidad Genética y la distancia Genética entre cinco especies de *Capsicum* a través de marcadores microsatélites

	C. annuum	*C. baccatum*	*C. chinense*	*C. frutescens*	*C. pubescens*
C. annuum	-	0.8045	0.9697	0.9845	0.8025
C. baccatum	0.2175	-	0.8344	0.8273	0.6926
C. chinense	0.0307	0.1810	-	0.9736	0.7965
C. frutescens	0.0156	0.1895	0.0268	-	0.8338
C. pubescens	0.2200	0.3672	0.2275	0.1818	-

La identidad genética de Nei (sobre la diagonal) y la distancia genética (debajo de la diagonal).

En el cuadro 30 se muestran los cálculos de identidad genética entre las cinco especies de *Capsicum* los resultados indican que las cinco especies se identifican entre sí. Los valores menores se suceden cuando las especies se relacionan con *C. pubescens*. Entre *C. pubescens* y *C. baccatum* se presenta la menor identidad genética. Estos resultados concuerdan con los planteamientos relacionados a los centros de origen que se le atribuyen a las cinco especies domesticadas, los cuales están distantes entre si pero cuando se sucede la polinizaciones controladas estas especies se cruzan entre ellas. Estos mismos resultados se obtienen cuando se calcula la distancia genética entre las cinco especies con las características morfológicas. El grafico 9, muestra el dendograma basado en la distancia genética de Nei´s por el método UPGMA de igual manera confirma el menos distanciamiento

entre las tres especies con respecto a *C. pubescens* por que es la especie originaria de clima frió que requiere de ambientes por encima de los 2500 m para su normal desarrollo (Eshbaugh *et al*., 1983). *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens*, comparten característica climáticas similares, una continuación morfológica a nivel primitivo (McLeod *et al*., 1979). Evidencias con isoenzimas confirmaron las relaciones de esas tres tasas (McLeod *et a*l., 1983; Jensen *et al* 1979). Se concluye entonces que dentro de este conjunto de individuos no existe divergencia genética entre el complejo *annuum-frutescens-chinense*. García 2007 con la evaluación isoenzimatica también observo que dentro de las introducciones estudiadas no se presentan distanciamientos genéticos significativos entre las especies del complejo. Harlan dice que la clasificación de los individuos en grupos de especies se da por características morfológicas de poca importancia evolutiva. Los distanciamientos genéticos entre las especies deben de estar acompañada de diferencias genéticas y no morfológicas dadas por el clima y la selección que el hombre hace sobre el fruto.



Gráfica 9 Dendograma basado en la distancia genética de Nei´s por el método UPGMA

5.4 HERENCIA DE LA RESISTENCIA A PepDMV EN *Capsicum*

El análisis para determinar el modo de herencia para la resistencia en cada una de las variedades comerciales se presenta de forma separada.

5.5.1 Capsicum annuum.

La variedad comercial ají Cayenne y Serrano pertenecen a la especie *c. annuum*. En el análisis de varianza se detectó diferencias entre poblaciones (Parental 1, Parental 2, F1 directa F1 recíproca, F2 directa, F 2 recíproca, RC1 directa RC1 RC2 reciproca, RC2 directa, RC2 reciproca) y no entre las repeticiones (Cuadro 31) esto muestra consistencia en el tiempo del comportamiento de las poblaciones. No se presentaron efectos maternos (Cuadro 32). Las diferencias entre las medias de las poblaciones mostraron en la variedad Cayenne plantas resistentes a PepDMV. La generación F1 mostró resistencia, esto indica que los genes de resistencia que poseen ambas variedades dominan sobre los de susceptibilidad. Las poblaciones formadas por los parentales Cayenne y Serrano incrementan la resistencia a PepDMV (Cuadro 32).

No fue posible determinar el número de genes involucrados en la resistencia a PepDMV en las variedades Cayenne y Serrano debido a que la variedad Cayenne no presentó completa susceptibilidad en las pruebas de invernadero. La variedad Cayenne es catalogada por los agricultores como susceptible a virus Fotografía 18). El análisis de medias generacionales permitió determinar que en las variedades Serrano y Cayenne los efectos aditivos fueron más importantes con respecto a los de dominancia (cuadro 34), la resistencia se logra por la suma de genes de resistencia que poseen ambos materiales.

Fotografía 18 Planta enferma con PepDMV en la variedad Cayenne (Izquierda) en contraste con una planta sana (derecha)

Cuadro 31 Cuadrados medios del análisis de varianza para el porcentaje de plantas resistentes a PepDMV en cruces directos y recíprocos de la especie *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense*.

FV	gl	*C. annuum*	gl	*C. frutescens*	gl	*C. chinense**	G l	*C. chinense***
		incidencia		incidencia		incidencia		incidencia
Poblaciones	**9**	**0.040**	**9**	**<.0001**	**4**	**<.0001**	**9**	**<.0001**
Repeticiones	**2**	**0.571**	**3**	**0.0871**	**1**	**0.002**	**2**	**0.977**

* parentales Habanero e introducción 631
* *parentales Habanero e introducción 24

Cuadro 32 .Comparación de medias del porcentaje de plantas resistentes a PepDMV entre poblaciones formados por Cayenne y Serrano

introducción	Mosaico			Incidencia		
	Media		Desv. standar	Media		Desv. standar
Serrano	1.07	b	0.48	0.02	b	0.16
958	1.54	a	1.15	0.18	a	0.39
F1 (serranox958)	1.00	b	0.00	0.00	b	0.00
F1 (958xserrano)	1.05	b	0.33	0.02	b	0.16
F2 (serranox958)	1.23	b	0.73	0.10	ab	0.30
F2 (958xserrano)	1.29	ba	0.86	0.10	ab	0.31
RC1 (serranox958)	1.08	b	0.44	0.04	b	0.19
RC1 (958xserrano)	1.23	b	0.76	0.09	ab	0.29
RC2 (serranox958)	1.30	ba	0.86	0.12	ab	0.32
RC2 (958xserrano)	1.05	b	0.22	0.05	b	0.22
Media general	1.54		1.15	0.18		0.39

Medias con la misma letra dentro de una misma columna no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan al nivel de 5%

Cuadro 33 Incidencia de virus en cruzamiento de Serrano x Cayenne

Población	**Frecuencia n**	**Media $\bar{x}$**	**Varianza D^2**	**Varianza promedio D^2/n**	**Peso $1/(D^2/n)$**
Cayenne	53	0.188	0,156	0.0029	339.69
Serrano	39	0.025	0.025	0.0006	1521.00
F1	58	0.017	0.017	0.0002	3363.99
F2	487	0.108	0.097	0.0001	5011.04
RC958	205	0.112	0.100		2050.00
RCserrano	145	0.048	0.046	0.0003	3134.15

Cuadro 34 Importancia relativa de cada coeficiente para el cruce entre las variedades Cayenne y Serrano

Coeficiente	SC secuencial	%total	R^2 acumulado
a	0.01600	72.48	72.48
d	0.00417	21.28	91.36
aa	0.00172	7.78	99.16

La susceptibilidad de plantas producto de los cruzamientos con Serrano y Cayenne, muestran plantas débiles, los frutos se deforman, pierden tamaño y peso, la coloración del fruto rojo en estado maduro no es homogéneo, se detectan betas donde la coloración es menos intensa (Fotografía 18).

La variedad Serrano liberada por la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira en 1997, muestra resistencia a ácaros, Esta variedad al mostrar resistencia a virus en este estudio incrementa su valor como genotipo para ser involucrado en programas de mejoramiento además de continuar como variedad en el mercado de los pimentones.

5.5.2 Capsicum frutescens

El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre poblaciones y no detectó diferencias entre repeticiones (Cuadro 31), ni presencia de efecto materno (Cuadro 35).

Cuadro 35 Comparación de medias del porcentaje de plantas resistentes a PepDMV entre poblaciones formados por Tabasco e introducción 70

introducción	Mosaico			Incidencia		
	media	Desv. standar	varianza	Media	Desv. standar	varianza
Tabasco	4.00 a	0	0	1.00 a	0.00	0
F1 (Tabascox70)	1.71 b	1.14	1.24	0.33 bc	0.47	0.22
F1 (70xTabasco)	1.27 dc	0.84	0.71	0.10 de	0.30	0.09
F2 (Tabascox70)	1.81 b	1.20	1.44	0.34 b	0.47	0.22
F2 (70xTabasco)	1.78 b	1.29	1.67	0.27 bc	0.44	0.20
RC1 (Tabascox70)	1.18 d	0.64	0.41	0.08 de	0.27	0.07
RC1 (70xTabasco)	1.12 d	0.59	0.35	0.04 e	0.19	0.03
RC2 (Tabascox70)	1.54 cb	1.11	1.23	0.20 cd	0.40	0.16
RC2 (70xTabasco)	1.75 b	1.19	1.41	0.32 bc	0.46	0.22
70	1.00 d	0	0	0.00 e	0.00	0

Medias con la misma letra dentro de una misma columna no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan al nivel de 5%.

La separación de medias por la prueba de Duncan (Cuadro 35) muestra que la introducción 70 aporta genes de resistencia que enmascaran el efecto de los genes de susceptibilidad, las poblaciones aumentan significativamente el número de plantas resistentes cuando se cruzan con la introducción 70. Los efectos aditivos son determinantes para incrementar la resistencia hacia la variedad comercial Tabasco (Cuadro 37).

Cuadro 36 Incidencia de virus en cruzamiento de Tabasco e introducción 70

población	Frecuencia n	Media $\bar{x}$	Varianza D^2	Varianza promedio D^2/n	Peso $1/(D^2/n)$
70	85	0	0	0	0
Tabasco	111	1	0	0	0
F1	105	0.2285	0.178	0.0016	589.81
F2	752	0.3138	0.215	0.0002	3487.49
RCTabasco	158	0.0632	0.059	0.0003	2648.20
RC70	169	0.2662	0.196	0.0016	859.90

Cuadro 37 Importancia relativa de cada coeficiente para el cruce entre las variedades Tabasco e introducción 70

Coeficiente	SC secuencial	% SC total	R2 acumulado
a	53.031	48.95	48.95
d	0.187	0.17	49.12
aa	55.12	50.88	100

La importancia de los efectos aditivos para incrementar la resistencia prevaleció sobre los de dominancia. El modelo que explica la expresión de resistencia es con base a los efectos de aditividad. (Cuadro 37). Esto indica que la selección para incrementar los niveles de resistencia a PepDMV se puede predecir con base en el comportamiento de las líneas parentales que intervienen en el cruzamiento.

5.5.3 Capsicum chinense

Cruce Habanero - Introducción 631

El cruzamiento entre la variedad comercial ají habanero con la introducción 631 presentó dificultad en obtener semilla producto del cruce entre la F1 y el parental 631. Debido a esto la retrocruzas hacia el parental resistente no fueron incluidas en el estudio y por lo tanto la estimación de los efectos aditivos y de dominancia por el método de regresión no fue calculada.

Se presentó diferencias entre generaciones (cuadro 31). Se detecto efecto materno, cuando la introducción resistente 631 actúa como madre, la generación F1 del cruzamiento directo es diferente a la F1 recíproca, se incrementa la resistencia cuando la introducción 631 actúa como madre (Cuadro 38).

Cuadro 38 Comparación de medias del porcentaje de plantas resistentes a PepDMV entre poblaciones formados por Habanero e introducción 631

Introducción	Incidencia	
	Media	Desv. standar
RC1 (Habanerox631)	0.82 a	0.39
Habanero	0.60 b	0.49
F1 (Habanerox631)	0.60 b	0.49
F2 (Habanerox631)	0.53 bc	0.49
F2 (631xHabanero)	0.48 bc	0.50
F1 (631xHabanero)	0.39 c	0.49
631	0.00 d	0.00

Medias con la misma letra dentro de una misma columna no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan al nivel de 5%

Cruce Habanero - Introducción 24

El cruzamiento entre Habanero con la introducción 24 mostró diferencias significativas entre las poblaciones y no entre repeticiones (Cuadro 31). Esto indicó los cruzamientos directos y recíprocos no hay efectos maternos (Cuadro 39). El análisis de varianza entre generaciones mostró que las poblaciones segregantes

tienden a la susceptibilidad. El desplazamiento de la población F1 hacia el material susceptible muestra que los genes de resistencia no dominan sobre los de susceptibilidad (Cuadro 39), Los efectos aditivos son importantes pero los efectos de dominancia afectan la expresión de la resistencia (Cuadro 41).

Cuadro 39 Comparación de medias del porcentaje de plantas resistentes a PepDMV entre poblaciones formados por Habanero e introducción 24

introducción	Incidencia	
	Media	Desv. standar
RC959	0.9625 a	0.19
F1	0.9062 a	0.23
959	0.9062 a	0.29
RC24	0.6419 b	0.48
F2	0.8314 b	0.37
24	0.0000 c	0.00

Medias con la misma letra dentro de una misma columna no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan al nivel de 5%

Cuadro 40 Incidencia de virus en cruzamiento de Habanero e introducción 24

Población	Frecuencia n	Media $\bar{x}$	Varianza D^2	Varianza promedioD^2/n	Peso $1/(D^2/n)$
24	33	0	0	0	0
Habanero	32	0.906	0.087	0.0027	370.37
F1	36	0.944	0.053	0.0014	714.28
F2	439	0.831	0.140	0.0003	3333.33
RC24	81	0.641	0.232	0.0028	357.14
RC Habanero	80	0.962	0.036	0.0004	2500.00

Cuadro 41 Importancia relativa de cada coeficiente para el cruce entre las variedades Habanero e introducción 24

Coeficiente	SC secuencial	% SC total	R2 acumulado
A	26.59	58.8	58.87
D	16.56	36.6	95.53
Aa	1.99	4.4	99.95

Para potyvirus en la especie *C. Chinense* fue reportado un gen recesivo confiriendo resistencia (Greenleaf, 2004), y es el gen estudiado para identificar su modo de acción en la planta. En esta investigación, los cruzamientos estudiados entre especies de *C. Chinense* también se determinó que la resistencia es recesiva. La F1 no fue resistente y hubo una tendencia en las poblaciones segregantes a ser susceptibles.

En conclusión se puede decir que la resistencia a PepDMV esta dada solo en ciertos genotipos que expresan resistencia bajo cierto número de genes que tienen efecto aditivo, altamente heredable de generación en generación. Hay genotipos donde los efectos de dominancia actúan junto los efectos aditivos. En las introducciones Cayenne y Serrano e introducción 70 la resistencia esta dada por genes con acción aditivos a diferencia de las introducciones 24 y 631 donde los genes de resistencia tienen acción aditiva y de dominancia. Los materiales comerciales Cayenne, Tabasco y Habanero no son completamente susceptibles a PepDMV. Las líneas deben ser depuradas para incrementar los niveles de resistencia observados.

Al encontrar que la variación observada entre las medias generacionales en los cruzamientos evaluados, fue explicada por el modelo aditivo- dominante, siendo de mayor importancia el efecto aditivo, estos resultados sugieren en un programa de mejoramiento para resistencia a PepDMV, utilizar métodos que acumulen estos genes; utilizando parentales resistentes para obtener poblaciones objeto de selección, ya que la selección para incrementar resistencia se puede predecir con base en el comportamiento de las líneas parentales al tener un efecto aditivo significativo.

5.6 Selección de líneas de *Capsicum* con resistencia al virus deformante del pimentón PepDMV.

Los cruzamientos realizados entre introducciones resistentes con las variedades comerciales produjeron 61 cruzamientos (Cuadro 42). La mayor cantidad de frutos F1 formados se presento entre materiales de la misma especie. La evaluación de los Híbridos F1 a PepDMV mostró susceptibilidad. La cantidad de plantas resistentes en F2 varió de acuerdo al cruzamiento. La evaluación de las familias F3 la cantidad de plantas resistentes se va incrementando. Actualmente se continúa con las evaluaciones, se harán selecciones entre y dentro de familias hasta avanzar a F6. Se continuará con el registro de las familias para seleccionar las que mantenga la resistencia. En cada ciclo de generación las plantas se someten a evaluaciones de invernadero para resistencia a PepDMV. Únicamente se avanzan las plantas que muestran resistencia por prueba de Elisa. Los aumentos de semilla se realizan en invernadero

Cuadro 42 Avance generacional de cruzamientos con resistencia a PepDMV entre introducciones resistentes y variedades comerciales

TABASCO						CAYENNE						HABANERO					
Parental		Parental	F1 fruto	F2 planta	F3 planta	Parental		Parental	F1 fruto	F2 planta	F3 planta	Parental		Parental	F1 fruto	F2 planta	F3 planta
Tabasco	x	13	29			Cayenne	x	13	15	7	111	Habanero	x	13	4		
13	x	Tabasco	3			13	x	Cayenne	17	10	102	Habanero	x	24	37	3+3	10
Tabasco	x	24	51	7	33	Cayenne	x	24	11		4	24	x	Habanero	25	7	27
24	x	Tabasco	2	2	14	24	x	Cayenne	10			Habanero	x	26	7	1	4
Tabasco	x	26	42			Cayenne	x	26	9			26	x	Habanero	2	4	
26	x	Tabasco	7	1	2	26	x	Cayenne	2	1	1	Habanero	x	66	2		
Tabasco	x	70	47	6	53	Cayenne	x	66	10	11	21	66	x	Habanero	NA		
70	x	Tabasco	21	4	36	Cayenne	x	70	12		38	Habanero	x	70	20	5	8
Tabasco	x	91y	25			70	x	Cayenne	35			70	x	Habanero	20	5	25
Tabasco	x	139y	9			Cayenne	x	91y	16	5	16	Habanero	x	91y	2		
Tabasco	x	232cy	?			91y	x	Cayenne	5	8	44	91y	x	Habanero	?	1	
Tabasco	x	293by	19	4+4	4	Cayenne	x	139y	11			Habanero	x	293by	NA	1	10
293by	x	Tabasco	8	6	64	139y	x	Cayenne	3		16	293by	x	Habanero	2	1	8
332ay	x	Tabasco	3	4	144	Cayenne	x	293by	?			Habanero	x	631	1		
Tabasco	x	631	28	7	15	293by	x	Cayenne	1		8	631	x	Habanero	23	4	
631	x	Tabasco	6	5	43	Cayenne	x	631	6			Habanero	x	692	7		
Tabasco	x	692	19	6	51	631	x	Cayenne	3	5	3	692	x	Habanero	1	4	8
692	x	Tabasco	5	4	54	Cayenne	x	692	1			Habanero	x	Serrano	7		
Tabasco	x	Serrano	?			692	x	Cayenne	1		3	Serrano	x	Habanero	6	2	20
Serrano	x	Tabasco	?			Cayenne	x	Serrano	12	6	208						
						Serrano	x	Cayenne	?	7	96						
						Cayenne susc	x	Cayenne resist	4	4							

6. CONCLUSIONES

1. La caracterización morfológica y agronómica realizada a 128 introducciones no distinguió a *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense* como especies diferentes. Únicamente cinco descriptores permiten la clasificación de las especies: Constricción anular del cáliz para *C. chinense*; Macha en la corola para *C. baccatum*; Semilla negra para *C. pubescens*; Color del hipocotilo morado y flor exserta para *C. frutescens*. Los otros 15 descriptores morfológicos se presentaron de forma indistinta en las especies.

2. El distanciamiento genético determinado por la técnica de microsatélites, confirmó que las tres especies *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense* permanecen en un mismo grupo, reforzando el planteamiento de ser las tres especies un cultigrupo. Los microsatélites de Lee *et al.,* 2004 mostraron mayor cantidad de alelos para discriminar entre introducciones relacionadas.

3. Los descriptores morfológicos agruparon las introducciones en 7 grupos: uno conformado por especies silvestres, otro de frutos grandes y pesados, un tercero que reúne las especies *C. chinense* que son las comerciales en Córdoba. Un cuarto grupo conformado por especies tipo Cayenne, un quinto por especies tipo habanero y el sexto que reúne los tipo tabasco. El septimo grupo con la introducción 24 y caracteriza por la resistencia que posee a PepDMV y el fruto madura con color amarillo .

4. La evaluación de características de interés agronómico mostró que la variación entre genotipos de *Capsicum* se encuentra principalmente asociada a la pungencia seguida de rendimiento y características de fruto.

5. Se distinguieron materiales que superan a las variedades comerciales; ají Cayenne, aji Habanero y ají Tabasco para las características de producción, número de fruto, peso promedio de fruto y contenido capsaicina, mostrando la potencialidad del banco para seleccionar introducciones para uso directo o en programas de mejoramiento.

6. Se hallaron 13 introducciones de las especies *C. annuum*, *C. frutescens, C. chinense* y *C. baccatum* que mostraron resistencia a PepDMV.

7. La herencia de la resistencia a PepDMV es particular para el material que la confiere. En la especie *C. Annuum* y en *C. Frutescens* el modelo genético que explico la resistencia fue los efectos aditivos, prevalecieron sobre los de dominancia; y para *C. Chinense* los efectos aditivos y de dominancia.

8. Se logro obtener líneas F2 y F3 con resistencia genética a PepDMV, que se esperan en dos años estar liberando para uso de los agricultores, como una solución a la problemática viral en el País.

7 BIBLIOGRAFIA

ABADIE, T.; BARRETA, A. 2001. Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos para los países del cono sur En Estrategias en recursos fitogenéticos para los países del cono Sur PROCISUR *On linea*

ACOSTA, J.; BAENA, D, 1997. Cartografía ultra detallada de suelos y evaluaciones de tierras del Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia (CEUNP) en Acta agronómica, Vol 47 No 1 Enero - marzo

AMERICAN SPICE TRADE ASSOCIATION ASTA. 1985. Official analytical methods of the American Spice Trade Association. 3rd ed. Amer. Spice Trade Assn. Englewood Cliffs, N. J.

BALLARD, E.; McLARE, J. ESHBAUGH, H.; WILSON, K. 1970. A chimosystematic study of selected taxa of Capsicum. Amer. J. Bot. 57(2):225-233

BOSLAND, P.W.1995 *Capsicums*: Innovative uses of and ancient crop. En: journal Janick (ed), progress in new crops. ASHS press, Arlintong, V.A 10p.

CAMACHO, V. H. 1998. Colección y caracterización morfológica de introducciones de *Capsicum* spp. Silvestre. Tesis Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL CIAT. 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. Contenido científico George Webber. 69p.

CHAVARRIAGA A., P.; MAYA, M. M., BONIERBALE, M. W.; KRESOVICH, S.; FREGENE, M.; TOHME, J.; KOCHERT, G. 1998. Microsatellites in cassava (*Manihot esculenta* Crantz): discovery, inheritance and variability. Theor. Appl. Genet. 97:493-501

COHEN, S.; MARCO, S. 1973. Reducing the spread of aphid transmitted viruses in pepper by trapping the aphids on sticky yellow polythense sheets. Phytopatology 63:1207-1209

CORREA, R. D. 1997. Informe semestre de práctica de pasantía. Estudiante Ingenieria Agronómica. Universida Nacional de Colombia Sede Medellín Asesores Mario Lobo y Clara Ines Medina.

DELLAPORTA, S.; WOOD, J.; HICKS, J. 1983. A plant DNA minipreparation: version II. Plant Molecular Biology Reporter 1 (14):19-21

DE VICENTE, C. 2002. Molecular techniques to facilitate prioritization of plant genetics resources conservation and further research. Ag BiotechNet. Vol. 4

DURIAT A. S. 1996. Management of peer viruses in Indonesia: Problem and Progress. Indon. Agric Res. Dev. (IARD) J. 18:45 - 50

ESHBAUGH, W.H.; GUTTMAN, S. I.; MCLEOD, M. J. 1983. The origin and evolution of domesticated *Capsicum* species J. Ethnobiol. 3(1):49-54

ESHBAUGH, W.H 1980. The taxonomy of the genus *Capsicum* (Solanaceae). Phytologia 47(3):153 – 166

FAO. 1996. Informe de los recursos fitogenéticos en el mundo. Preparado por la Conferencia Técnica Internacional sobre los recursos Fitogenéticos, Leipzing, Alemania 17 - 23 junio

FAO. 2005. Producción mundial de Capsicum. Acceso marzo/2006. www. Fao. org

FRANCO, T. L.; HIDALGO, R. (eds). 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico IPGRI No. 8. Instituto internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.

FISHER, M. L.; KYLE, M. M. 1994. Inheritance of resistance to potyviruses in *Phaseolus vulgaris* L. III Cosegregation of phenotypically similar dominant responses to nine potyvirus. Theor. Appl. Genet 89:818-823

GONZÁLEZ G., M. 2004. El género *Capsicum* al servicio de la sociedad guatemalteca. Simposio Taller sobre el género *Capsicum*: chile 8 – 10 de Junio FACYT.

GREENLEAF, W.H. (1956) Inheritance of resistance to tobacco etch virus in *Capsicum frutescens* and in *Capsicum annuum*. Phytopathology, 46:371-375

GUSMÁN D., F. A. 2007. Desarrollo de una herramienta molecular para el estudio de la diversidad genética de germoplasma del género *Capsicum*. Tesis Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Maestría en ciencias biológicas. Cali. Colombia 34 pag

HARLAN, J.R. 1992. Crops &Man. Secund edition. Dynamics of domestication. The american Society of agronomy, Inc and Crop science society of america. 284p

HARLAN, J. R.; WET,J. M. 1971. Toward a rational classification of cultivated plant. Taxon 20: 509 – 517

HEISER. C. B.; PICKERSGILL, B. 1969. Names for the cultivated *Capsicum* Species (Solanaceae). Taxon 18: 227- 283

HUNZIKER A. T. 1979. South American Solanaceae: a Synoptic Survey, p. 49 – 85. In; Hawkes, J. G.: Lester, R. N. and Skelding, A.D. (eds).the biology and taxonomy of the Solanaceae. Academic Press London

IBPGR. 1983. Genetics resources of *Capsicum* – a global plan of action. International Board for plant genetics resources, AGPG/IBPGR/82/12, Rome, Italy, 49p.

IPGRI, AVRDC; CATIE. 1995. Descriptores para Capsicum (*Capsicum* spp.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación relativos a los Vegetales, Taipei, Taiwán y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 1995.

IPGRI; CORNELL UNIVERSITY. 2004. Análisis de la diversidad genética utilizando datos de marcadores moleculares: Modulo de aprendizaje. Medidas de la diversidad genética. CD

ICTV. 2000. Virus Taxonomy. Classification and nomenclature of viruses. Sixth report of the Internacional Comité on Taxonomy of Viruses. Springer Verland Wien New York. 586p

JARAMILLO, J.; LOBO, M. 1982. Pimentón en: Manual de Asistencia Técnica de Hortalizas. Ministerio de Agricultura e Instituto Agropecuario P. 121 – 144.

JENSEN, R. J.; MCLEOD, M. J.; ESHBAUGH, W. H.; GUTTMAN. 1979. Numeral taxonomic analyses of allozymic variation capsicum (Solanaceae) Taxon 28(4)315-327

KANG, B.C.; NAHMS, H.; HUH, J.H.; YOO, H.S.; YU, J.W.; LEE, M. H.; KIM, B. D. 2001. An interspecific (*Capsicum annuum*× *C. chinense*) F2 linkage map in pepper using RFLP and AFLP markers. Theor Appl Genet 102: 531–539

KANGT, B. C.; YEAM, I.; FRANTZ J D.; MURPHY, J.F.; JAHN, M. M. 2005. The *pvr1* locus in pepper encodes a translation initiation factor eLF4E that interacts with *Tobacco etch virus* Vpg . Plant J. 42:392-405

KANGT, B. C.; YEAM, I.; LI H. PEREZ K. W.; JAHN M. M. 2007. Ectopic expression of a recessive resistance gene generates dominant potyvirus resistance in plants. Plant biotechnology journal 5:526-536

KUMAR, L. D.; KATHIRVEL, M.; RAO, G. V.; NAGARAJU, J. 2001. DNA profiling of disputed chilli samples (*Capsicum annum*) using ISSR-PCR and FISSR-PCR marker assays. Forensic Science International 116:63-68

LEE, J.M.; NAHM, S. H.; KIM, Y. M.; KIM, B. D. 2004. Characterization and molecular genetic mapping of microsatellite loci in pepper. Theorical. Appl. Genet. 108:619-627

LEFEBVRE, V. ; PALLOIX, A. ; RIVES, M. 1993. Nuclear RFLP between pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.). Euphytica 18: 189 - 199

LOEBENSTEIN, G.; ALPER, M.; LEVY, S. 1970. Field test oil sprays for the prevention of aphid spread viruses in pepper. Phytopatology 60:212-215

LLOYD, B. F.; JACKSON M. Plant genetic resources. An introduction to their conservation and use. Department of plant biology University of Birmingham. 128p

McLEOD, M. J. 1979. Preliminary Biochemical. Systematic Studies of the Genus Capsicum – Solanaceae. In: The Biology and Taxonomy of the Solanaceae “Nawkes”. J. G, Lester, R. N. And Skeldin, A. D. (eds) Academic Press, London, United Kingdom. 701- 713 p

McLEOD, M. J.; GUTTMAN, S. I.; ESHBAUGH, W. H. 1983. Isozymes in plant genetics and breeding, part B. S D. TANKSLEY and T. J. ORTON. Amsterdam, Holland, Elsevier: 189- 201

MCLEOD, M. J.; GUTTMAN, S. I. y ESHBAUGH W. H. 1982. Early evolution of chill, peppers (*Capsicum*). Econ. Bot. 36(4):362- 368

MORALES, J. F. MARTINEZ, A. K. VELASCO, A. C. y ARROYABE, J. A. OLAYA, C. 2005. Identificación de un potyvirus que afecta ají y pimento (*Capsicum* spp) en el Valle del Cauca, Colombia. Fitopatología Colombiana 24(2):77-80

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL.REPUBLICA DE COLOMBIA 2006. Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2002- 2005 y sus calendarios de siembras y cosechas. p.297

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 Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

NAKOS, G.; JOYNER, D. 1999. Eigenvalores y eigenvectores. En: Álgebra lineal con aplicaciones. Editorial Internacional Thomson editores p.666

NUEZ, F.; GIL, R.; COSTA, J. 1996. El Cultivo de los Pimientos, Chiles y Ajies. Ediciones Mindiprensa, 1996. (20 – 50 P ISBN 84 – 7114 – 609 – 6)

ORBEGOSO, A. 1954 Reseña del cultivo. Identificación botánica y comparativa de rendimiento en fresco de variedades de ají. Escuela Nacional de Agricultura. La Molina. Perú p.59 – 70

PARDEY,C.; GARCIA, M.; VALLEJO, F. 2006 Caracterización morfológica de cien introducciones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Acta agronómica 55(3):1-9

PAZ, F. A. 2003. Desarrollo de una metodología para la evaluación y selección de materiales de *Capsicum* spp. Por su resistencia a *Phytopthora capsicii*. Tesis. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Facultad de Agronomía.

PERRY L.; DICKAU R.; ZARILLO S.; HOLST L.; PEARSALL D.M.; PIPERNO D.R.; BERMAN M. J.; COOKE R.G.; RADEMARKER K.: RANERE A.; RAYMOND J.S. SANDWEISS D. H.; SCARAMELL. F.; TARBLE K.; ZEIDLER J.A. 2007. Starch fossils and the domestication and dispersal of chile peppers (*Capsicum* spp L.) in the Americas. Science 315:986-988

PICKERSGILL, B. 1969_A. The archeological record of chilli peppers (*Capsicum* spp) and the secuence of plant domestication in Peru. American Antiquity 34:53-61

PICKERSGILL, B. 1969_B. The domestication of chile peppers In: P.J. Ucko e G.W. Dimbleby (eds) The domestication and exploitation of plants and animals. Duckworth and Co., London: 443-450

PICKERSGILL, B.; HEISER, C. 1969. Names for the cultivated *Capsicum* species (Solanaceae). Taxon 18: 227 - 283

PICKERGSILL, B. 1980. Some aspects of interespecific hibritación in *Capsicum* IV Euocarpia *Capsicum* meeting Wageningen pag. 2 – 6

PICKERSGILL, B. 1983. Dispersal and distribution in crop plant. Souderbd. Naturwiss ver Hamburg 7: 285 - 301

PICKERSGILL, B. 1984. Migrations of chili peppers, *Capsicum* spp., in the Americas In: Precolumbian plant migration stoned. (ed.) Harvard University. Press, Harvard, Massachustts. USA. P 105-123

POCHARD, E.; CHAMBONNET, D. 1971. Methods as selection whit pepper for resistance to *Phytophthora Capsici* and to Cucumber mosaic virus. Eucarpia Capsicum, Conference Torino Annual Facultad Science Agrary University Torino 7:270-281.

RODRIGUEZ M, M. E. 2000. Caracterización molecular por AFLPs de germoplasma de Capsicum spp colectado en la Amazonía colombiana. Tesis. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias Departamento de Agronomía. 82 p.

RODRIGUEZ, F.; TOQUICA, S.; RODRIUEZ M. D.; CARDONA, G.; DUQUE, M.; MILES, J.; GARCIA, M.; TOHME, J. 1999ª morphological, biochemical and molecular characterization of promising Amazon species of the genus capsicum for their conservation and use in: Annual Report 1999 assessing and utilizing agro biodiversity through biotechnology. CIAT p 23 - 26

RODRIGUEZ, J. M.; BERKE,T.; ENGLE, L.; NIENHUIS, J. 1999. Variation among and within Capsicum species revealed by RAPD markers.Theor Appl Genet Vol 99: 147 -156.

RIBEIRO, C. S da C.; MURILO L., Jr.; GILMAR P., H.; FRANCISCO J. B. REIPSCHNEIDER, P. J. B. 2003. Evaluation of *Capsicum* spp. Genotipes for resistance to P*hythophthora capsicii* in Brasil.

SALAZAR V., M. 1996. Selección de líneas promisorias de pimentón *C. annuum* L a partir de cruzamientos dialélicos Tesis Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 75 p

SINHA, N. P. 1950. The somatic chromosomes and meiosis in *Capsicum*. Indian Journal Genetic Plant. Breeding 10:36-42

SANWEN, H.; BAOXI, Z.; MILBOURNE, D.; CARDLE, L.; GUIMEI, Y.; JIAZHEN, G. 2000. Development of pepper SSR markers from sequence data bases. Euphytica. 117: 163-167p

SERRANO T., C.; MONTES P., O. 1994. Producción de semilla en dos cultivares de pimentón *Capsicum annuum* L bajo condiciones experimentales del Valle del Cauca Tesis Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 55p

SMITH P., G.; HEISER C. B. 1951. Taxonomic of *Capsicum sinense* jacq. And the geographic distribution of cultivates *Capsicum* species

SUAREZ Y., D. 1993. Producción de semilla de pimentón *Capsicum annuum* bajo condiciones del Valle del Cauca Tesis Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 120 p

TORRES, R.; REYES. 1997. Informe nacional sobre recursos genéticos agropecuarios. Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias y Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Santa Fe de Bogotá.

VALLEJO, F.; ESTRADA, E.; BAENA, D.; y GARCIA, M. 1999. Nuevo cultivar de pimenton , *Capsicum annuum* adaptado al Valle del Cauca, Colombia: UNAPAL SERRANO. Acta Agronómica 49(3):112-117

VALLEJO C, F. A.; GARCIA D, M.A.; DURAN G. T.M. y PARDEY R, C. 2006. Caracterización morfo-agronómica de 195 introducciones de Capsicum del banco de germoplasma de la universidad Nacional de Colombia sede Palmira.. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira p.260

VALLS, J. F. 1989. Caracterización morfológica, reproductiva e bioquímica de germoplasma vegetal. En Encuentro de Recursos Genéticos CENARGEN / EMBRAPA – Brasilia D.F.p.23

VELASCO, F. 1971. Recolección y descripción de muestras del género *Capsicum* en las provincias de Satipo (junin) y San Miguel (Cajamarca) UNA p. 31 – 35

VICTORIA, M. P. 1993. Caracterización, evaluación de semilla de 29 introducciones de *Capsicum* spp tesis de grado Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

WALKEY, D. G. A. 1991. Applied plant virology second edition. Chapman and may 338 p

ZAPATA N.; BAÑON, S. y CABRERA, P. 1992. El pimentón. Ediciones Mundiprensa, Madrid, España Pag. 88 – 91

ZIJLSTRA, S.; PURIMAHUA, C.; LINDHHOUT, P. 1991. Pollen tube growth in interespecific crosses between Capsicum species. Hort. Science 26: 585 – 586.

Anexo 1 Pasaporte de 135 introducciones del género Capsicum del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

Consecutivo	Tarro	Introducción	Especie	Origen
1	1	PI145420	*C. annuum*	Colombia Colombia
2	1y	PI145420	*C. annuum*	Colombia Colombia
3	2	PI188476	*C. annuum*	México
4	3**	PI194879	*C. annuum*	Guyana
5	4	PI200486	*C. frutescens*	Colombia Colombia
6	5	PI201227	*C. chinense*	Colombia Valle
7	10	PI241675	*C. frutescens*	Ecuador
8	13**	PI257053	*C. annuum*	Colombia Bolívar
9	14	PI257054	*C. annuum*	Colombia Bolívar
10	16	PI257058	*C. frutescens*	Colombia Bolívar
11	18y	Pi257060	*C. annuum*	Colombia Bolívar
12	22y	PI495224	*C. annuum*	Colombia Choco
13	24	PI257088	*C. annuum*	Colombia Antioquia
14	26	PI257070	*C. baccatum*	Colombia Bolívar
15	32**	PI257083	*C. frutescens*	Colombia Antioquia
16	39**	PI260486	*C. chinense*	Bolivia
17	41**	PI260611	*C. annuum*	Brasil
18	42**	PI267728	*C. annuum*	Guatemala
19	43**	PI267731	*C. chinense*	Cuba
20	52y	PI355395	*C. frutescens*	Ecuador
21	58**	PI439446	*C. frutescens*	Peru
22	59**	PI439492	*C. frutescens*	Brasil
23	63	PI439499	*C. frutescens*	Costa Rica
24	66	PI439503	*C. annuum*	Costa Rica
25	67	PI439504	*C. frutescens*	Costa Rica
26	69	PI439506	*C. frutescens*	Cuba
27	70**	PI439507	*C. frutescens*	Ecuador
28	72	PI439508	*C. frutescens*	Salvador
29	73	PI439510	*C. frutescens*	Guatemala
30	77	PI441650	*C. frutescens*	Brasil
31	82y	PI493036	*C. annuum*	Colombia Colombia
32	83y**	PI493245	*C. chinense*	Colombia Colombia
33	85	PI495035	*C. chinense*	Costa Rica
34	86	PI49435	*C. annuum*	Colombia Colombia
35	91	PI495077	*C. annuum*	Colombia Valle
36	95	PI495110	*C. annuum*	ColombiaCundinamarca
37	126	S25	*C. annuum*	Colombia Valle
38	126y	S25	*C. annuum*	Colombia Valle
39	132y	S31	*C. annuum*	Colombia Valle
40	139y	S35	*C. annuum*	Colombia Valle
41	140ay	S36	*C. annuum*	Colombia Valle
42	147y	Grif 9334	*C. frutescens*	Costa Rica
43	150y	S07	*C. annuum*	Colombia Nariñor
44	161y	Grif 9322	*C. annuum*	Costa Rica
45	161ay	Grif 9322	*C. annuum*	Costa Rica

46	161by	Grif 9322	*C. annuum*	Costa Rica
47	184	A3	*C. annuum*	EEUU
48	202y	Grif 9315	*C. annuum*	Costa Rica
49	207**	Grif 9328	*C. frutescens*	Costa Rica
50	219y	E 10	*C. annuum*	Ecuador
51	230y	PI495245	*C. frutescens*	Colombia Valle
52	232cy**	PI495252	*C. frutescens*	Colombia Choco
53	233	PI495744	*C. frutescens*	Colombia Valle
54	240	Grif 5004	*C. annuum*	Colombia Antioquia
55	244y	PI496200	*C. annuum*	Colombia Valle
56	261	PI496197	*C. annuum*	USA
57	266y	PI496101	*C. frutescens*	Colombia Cesar
58	266by	PI496101	*C. frutescens*	Colombia Cesar
59	279	1047	*C. annuum*	Colombia Antioquia
60	283	PI496033	*C. frutescens*	Colombia Nariñor
61	283ª	PI496033	*C. annuum*	Colombia Nariñor
62	293by	PI496021	*C. frutescens*	Colombia Valle
63	300ª	PI496088	*C. frutescens*	Colombia Guaviare
64	301	PI496089	*C. frutescens*	Colombia Guaviare
65	313	3009	*C. annuum*	Colombia Antioquia
66	315	PI496147	*C. frutescens*	Colombia Colombia
67	316	PI497841	*C. frutescens*	Colombia Colombia
68	317	PI497881	*C. annuum*	Colombia Colombia
69	330by	3007	*C. annuum*	Colombia Antioquia
70	332ay**	1041	*C. annuum*	Colombia Antioquia
71	333	1043	*C. frutescens*	Colombia Antioquia
72	336cy	1019	*C. annuum*	Colombia Cesar
73	336by	1019	*C. annuum*	Colombia Cesar
74	336ay	1019	*C. annuum*	Colombia Cesar
75	336y	1019	*C. annuum*	Colombia Cesar
76	337y	1014	*C. annuum*	Colombia S/der sur
77	351	1028	*C. annuum*	Colombia Bolívar
78	357	4014	*C. annuum*	Colombia Antioquia
79	360	4047	*C. frutescens*	Colombia Vaupés
80	364**	Cs403	*C. annuum*	Colombia Vaupés
81	436	Cs80	*C. frutescens*	Colombia Caquetá
82	497**	Cs201	*C. chinense*	Colombia Caquetá
83	598	PI497978	*C. chinense*	Colombia Putumayo
84	615	Cs259	*C. frutescens*	Colombia Putumayo
85	620	Cs250	*C. annuum*	Colombia Putumayo
86	631**	Cs276	*C. chinense*	Colombia Guainía
87	655**	Cs209	*C. chinense*	Colombia Putumayo
88	692*	170	*C. annuum*	Colombia amazonia
89	707	PI543188	*C. annuum*	Bolivia
90	904**	3026	*C. frutescens*	Colombia Colombia
91	2 MC	2 MC	*C. chinense*	Colombia Córdoba
92	3 MC	3 MC	*C. chinense*	Colombia Córdoba
93	4 MC	4 MC	*C. chinense*	Colombia Córdoba
94	6 MC	6 MC	*C. chinense*	Colombia Córdoba
95	7 MC	7 MC	*C. chinense*	Colombia Córdoba

96	9 MC	9 MC	*C. chinense*	Colombia Córdoba
97	10 MC	10 MC	*C. chinense*	Colombia Antioquia
98	11 MC	11 MC	*C. chinense*	Colombia Córdoba
99	14 MC	14 MC	*C. chinense*	Colombia Córdoba
100	15 mc	15 MC	*C. chinense*	Colombia Córdoba
101	17 MC	17 MC	*C. chinense*	Colombia Córdoba
102	18 MC**	18 MC	*C. annuum*	Colombia Córdoba
103	19 MC	19 MC	*C. chinense*	Colombia Córdoba
104	20 MC	20 MC	*C. chinense*	Colombia Córdoba
105	957	Tabasco	*C. frutescens*	Colombia Valle
106	958	Cayenne	*C. annuum*	Colombia Valle
107	959**	Habanero	*C. chinense*	Colombia Valle
108	961**	961	*C. pubescens*	Colombia Nariñor
109	968	968	*C. annuum*	Colombia Nariño
110	970	970	*C. annuum*	Colombia Valle
111	971	971	*C. annuum*	Colombia Valle
112	973	973	*C. annuum*	Colombia Valle
113	974	974	*C. annuum*	Colombia Valle
114	975	975	*C. frutescens*	Colombia Valle
115	977	977	*C. frutescens*	Colombia Valle
116	980	980	*C. frutescens*	Colombia Valle
117	981	981	*C. frutescens*	Colombia Valle
118	987	987	*C. annuum*	Colombia Valle
119	988	988	*C. annuum*	Colombia Valle
120	989	989	*C. annuum*	Colombia Valle
121	991**	991	*C. frutescens*	Colombia Valle
122	993**	993	*C. annuum*	Colombia Valle
123	994	994	*C. annuum*	Colombia Valle
124	997	997	*C. frutescens*	Colombia Valle
125	999	999	*C. annuum*	Colombia Valle
126	Serrano*	Serrano	*C. annuum*	Colombia Valle
127	1002*	1002	*C. chinense*	Colombia Valle
128	27	PI257071	*C. frutescens*	Bolivia
129	649	Cs243	*C. annuum*	Colombia amazonía
130	753	382	*C. chinense*	Colombia Vaupés
131	30	PI257077	*C. annuum*	Guatemala
132	963	963	*C. pubescens*	Colombia Nariño
133	965	965	*C. pubescens*	Colombia Nariño
134	967	967	*C. pubescens*	Colombia Nariño

Introducciones incluidas en la caracterización molecular.

Tarro*[1] numeración asignada para el banco de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira
Introducción*[2] numeración asignada por los donantes
Origen*[3] Introducciones de USDA que no reportaron el departamento en Colombia de donde fueron colectadas
* Introducciones descritas fuera del diseño experimental (Invernadero CIAT)
** Información obtenida de la base de datos de Capsicum UNAL Sede Palmira

Anexo 2 Descriptores de planta

Parte vegetativa

(Registrar los datos cuando el brote terminal tiene de 1 a 2 mm de tamaño)

- Color del hipocotilo
  1. blanco
  2. verde
  3. morado
- Color de la hoja cotiledonar

  1. verde clara 2. verde 3. verde oscura

  4. morado claro 5. morado 6. morado oscuro

  7. jaspeado (abigarrado) 8. amarillo 9. otro

- (Habito de crecimiento

(Registrar cuando comienza a madurar el primer fruto en el 50% de las plantas)

1. postrada 2. intermedia (compacta) 3. erecta 4. otro

- Longitud Hoja Madura (cm.) (se mide en la parte media hasta la primer bifurcación, inmediatamente después de la primer cosecha el promedio de 10 hojas maduras de las ramas principales de la planta)
- Ancho de Hoja madura (cm.)

(Similar al descriptor anterior se mide en la parte más ancha de la hoja)

Inflorescencia y fruto

Inflorescencia

(Datos registrados en flores totalmente abiertas durante el primer flujo de floración)

- Días a la florescencia

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

- Numero 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. otros(cultivares con dos flores en la primer axila y con una solamente en la otra)

- Color de la corola

  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 la margen púrpura 8. Morado 9. otros

- Color de las anteras

(Se observa inmediatamente después de la floración y en el momento de la antesis)

1. blanco 2. amarillo 3. verde 4.Azul 5. morado claro

6. morado 7. otros

- Posición de la flor

(Se observa antes a la ántesis)

1. pendiente 2. intermedia 3.erecta

- Manchas en la corola
  1.Blanco 2. Amarillo 3. verde – amarillento 4. verde
  5. morado 6.Otros

- Longitud de la corola

(Promedio de 10 pétalos de corola diseccionada)

1. <1.5 2.1.5 – 2.5 3.>2.5

- Longitud de antera

(Promedio de 10 flores seleccionadas de 10 plantas. Observadas inmediatamente en el momento de la ántesis)

Fruto

Los datos se registran en frutos maduros a la primer cosecha

- Días a la fructificación

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

- Color del fruto en estado intermedio

(Se observa justo antes de la madurez)

1. blanco 2. amarillo 3. verde 4. anaranjado
5. Morado 6. Morado oscuro 7. otros

- Color del fruto maduro
  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. otros

- Forma del fruto
  1. elongado 2. casi redondo 3. triangular 4. acampanulado
  5. acampanulado y en bloque 6. otros

- Longitud del fruto (cm.)

(Promedio de 10 frutos maduros de la segunda cosecha)

- Ancho del fruto (cm.)

(Promedio de 10 frutos maduros de la segunda cosecha)

- Peso del fruto

(Promedio de 10 frutos maduros de la segunda cosecha)

- Constricción anular del cáliz
  (es la unión del cáliz con el pedicelo, se observa cuando su estado es maduro)

  1. ausente 2. presente

- Cuello en la base del fruto
  1. ausente 2. Presente

- Tipo de epidermis
  1. lisa 2. semi rugosa 3. Rugosa

- Constricción anular del fruto

(Es la unión del cáliz con el pedicelo. Se observa cuando su estado es maduro)

1. ausente 2. Presente

- Espesor de la pared del fruto (mm)

(Promedio del espesor de 10 frutos maduros de la segunda cosecha, medido en el punto más ancho hasta un lugar decimal)

- Número de lóculos

(Observar 10 frutos, y el porcentaje de cada categoría)

Semilla

- Color de la semilla

1. amarillo oscuro 2. marrón 3. negro 4. otros

- Semillas por fruto

Promedio de 10 frutos por introducción escogidos al azar)

1. <20 2. 20 – 50 3. >50

Anexo 3 Metodología de laboratorio para extracción de capsaicina usando la tecnica de HPLC

*(Melgarejo et al., 2005**)***

A cada muestra de ají sin semillas, con pesos entre 0.5 y 5 g se adicionó un volumen de etanol correspondiente a 10 veces el peso del ají (entre 5ml y 50 ml). La mezcla se colocó a reflujo por 5 horas en la oscuridad y posteriormente se evaporó el etanol en rotavapor para concentrar la mezcla hasta llevarla a un volumen final de 3 a 4 ml; por último se llevaron las muestras a un volumen final de 5 a 10 ml dependiendo de la cantidad de ají (5 ml para pesos menores a 2.5 g y 10 ml para pesos entre 2.5 – 5 g). Las muestras se empacaron en frascos ámbar y se refrigeraron a -4ºC (Melgarejo *et al.*, 2005).

Las muestras se analizaron por HPLC en fase móvil usando una mezcla de agua-acetonitrilo-ácido acético en proporción 59-49-1 y en fase estacionaria usando una columna de fase reversa, C18. Previo al análisis por HPLC, a algunas muestras se diluyeron en acetonitrilo. El patrón utilizado fue 8 metil n-vanilyl-6-nonenamida de sigma. Se pesó 0.017g de reactivo patrón y se disolvió a volumen de 50 ml con etanol absoluto grado HPLC para obtener una concentración final de 0,34 mg/ml de mezcla. De esta concentración el 60% (0,204 mg/ml) corresponde a la concentración de capsaicina y el 40% restante a dihidrocapsaicina

Las relaciones para determinar la concentración en las muestras, se parte de conocer el áreas del patrón y de la muestra; y la concentración de capsaicina (0,24 mg/ml) y de hidrocapsaicina (0,136 mg/ml) en el patrón:

Para capsaicina: ACP/ ACM = CCP/CCM

Donde ACP = área del patrón para capsaicina

CCP = Concentración de capsaicina en el patrón (0,204 mg/ml)

ACM = área de la muestra para capsaicina

CCM = CONCENTRACIÓN DE CAPSAICINA EN LA MUESTRA

Para dihidrocapsaicina: ADP/ADM = CDP/CDM

Donde ADP = área del patron para dihidrocapsaicina

CDP = Concentración de dihidrocapsaicina en el patrón (0.136 mg/ml)

ADM = área de la muestra para dihidrocapsaicina

CDM = concentración de dihicrocapsaicina en la muestra.

La concentración de la muestra corresponde a:

Para capsaicina: CCM = (CCP x ACM x FD) / ACP

Donde FD es: factor de dilusión

Para dihidrocapsaicina: CDM = (CDP x ADM x FD) ADP

Conocida la concentración de Capsaicina o Dihidrocapsaicina em el extracto se calculan los miligramos de capsaicina y dihidrocapsaicina por gramo de ají

Para capsaicina:

mg capsaicina/g ají = (CCM x VF) / m

Donde VF = volumen final del estracto

M = masa de ají

Para dihidrocapsaicina

mg dihidrocapsaicina/g ají = (CDM x VF) / m

Ejemplo

Calculo de la concentración y los mg/g ají, para la capsaicina contenida en la muestra 52ay (área obtenida: 558658, área del patrón 7401594, factor de dilución 3, Volumen final de etanol: 5ml).

La concentración de capsaicina en el extracto etanólico corresponde a CCM

CCM = (0,204 mg/ml x 558658 x 3) / 7401594 = 0.0462 mg/ml

Los mg de capsaicina/g de ají corresponde a:

Mgcapsaicina/g ají = (0,0462 mg/ml x 5ml) /2.58 = 0.090 mg capsaicina/g ají

Anexo 4 Metodología de laboratorio para realizar pruebas serológicas a virus usando la técnica de ELISA
*(Morales et al, 2005**)***

Las placas se trataron con los antígenos o muestras maceradas en dilución aproximada de 1/10 usando una solución amortiguadora de carbonato de sodio para el cubrimiento. Ésta solución también sirvió de control blanco. Como anticuerpo se uso un anticuerpo monoclonal especifico (PTY 1) para Potyvirus (AGDIA, Elkhart, IN), a una dilución 1/200 en solución amortiguadora de PBS-Tween más 0.2% de Sero – Albumina de bovino (BSASigma A-4503) y 2% de Polivinilpirrolidona MW 40.000 (Sigma PVP-40).

Como conjugado se utilizó una inmunoglobulina comercial contra ratón marcada con Fosfatasa Alcalina (Sigma A-5153) en dilución 1/2000, usando PBS-Tween + 0.2% BSA+2% PVP-40. Con la muestra y el conjugado se realizaron incubaciones de 2 horas, a temperatura ambiente y con los anticuerpos monoclonales, se dejaron las placas a 4ºC durante toda la noche. La detección del complejo antígeno-anticuerpo-conjugado, se realizó utilizando como substrato de color una solución fresca de P-Nitrofenil Fosfato (Sigma 104 105) a una concentración de 1mg/ml en tampón Dietnolamina al 9.7%, pH 9.8. Las reacciones colorimétricas se cuantificaron en valores de absorbancia a 405 nm usando un lector de ELISA Dynex MRX a los 30 y 60 minutos de haber agregado el substrato, sin detener la reacción. En todas las pruebas de ELISA se incluyó un control positivo (Bean common mosaic virus) y tejido de plantas sanas como control negativo.

Anexo 5 Características cualitativas de 128 introducciones de Capsicum del Banco de germoplasma de la universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

Tarro		Especie	Pais	Dpto	lantula		Planta				Flor					Fruto									
					hipoc	hojaco	hojamadura		habito		corola		antera	estigma	pedunculo		base		unión			maduro	inmaduro	seed	cantidad
					color	color	color	forma	crecimi	pubesce	color	mancha	color	exersion	posición	Forma	cuello	ápice	pedunculo	epidermis	cáliz	color	color	color	categoria
1	y	ann	COL	COL	3	1	2	1	7	7	2	6	5	7	7	3	2	3	2	5	2	8	3	1	3
1		ann	COL	COL	3	2	2	3	5	3	4	6	5	7	7	1	1	1	1	7	2	7	4	1	2
2		ann	MEX	MEX	2	2	4	3	5	3	1	6	5	7	3	3	2	3	2	3	2	8	5	1	2
3		fru	GUY	GUY	3	2	3	3	5	3	1	6	5	7	7	2	2	2	3	3	2	8	4	1	3
4		fru	COL	COL	3	1	2	2	7	5	4	6	5	7	7	3	2	1	3	5	2	8	3	1	2
5		chi	COL	Val	3	2	4	1	3	3	2	6	2	7	3	3	2	2	5	5	1	8	3	1	3
10		fru	ECU	ECU	3	2	3	2	7	7	4	6	5	7	7	1	2	1	1	5	2	8	4	1	2
13		ann	COL	Bva	2	2	4	3	7	3	1	6	5	7	3	3	2	1	3	3	2	9	3	1	1
14		fru	COL	Bva	3	2	2	1	7	7	4	6	5	7	7	3	2	1	3	7	2	8	4	1	2
16		fru	COL	Bva	3	2	4	2	7	3	4	6	2	7	7	3	2	2	2	3	2	8	2	1	2
18	y	ann	COL	Bva	3	2	4	2	3	3	1	6	5	7	3	5	2	4	5	7	2	7	3	1	3
22	y	ann	COL	Cho	3	2	2	1	3	3	1	2	2	7	5	3	2	1	3	5	2	8	3	1	3
24		chi	COL	Ant	3	1	4	2	5	5	2	6	5	5	5	3	1	1	2	7	1	2	3	1	2
26		bac	COL	Bva	3	2	2	1	3	5	2	2	2	7	3	1	2	1	2	5	2	8	5	1	3
32		fru	COL	Ant	3	2	4	2	7	3	4	6	5	7	7	1	2	1	1	3	2	7	4	1	2
39		chi	BOL	BOL	3	2	3	1	5	3	2	6	5	7	3	2	2	3	4	7	1	8	4	1	1
41		ann	BRA	BRA	3	2	4	2	5	3	1	6	5	7	5	3	2	3	2	3	2	10	3	1	3
42		ann	GTM	GTM	3	2	3	3	7	3	1	6	5	7	7	1	2	1	2	3	2	9	4	1	2
43		chi	CUB	CUB	3	6	4	3	5	3	1	6	5	7	7	2	2	3	3	3	1	8	5	1	2
52	y	fru	ECU	ECU	3	2	2	2	7	3	4	6	5	7	7	1	2	1	2	5	2	8	4	1	1
58		fru	PER	PER	3	2	3	2	7	3	4	6	5	7	7	1	2	1	1	5	2	7	4	1	1
59		fru	BRA	BRA	3	2	4	3	7	3	4	6	5	7	7	1	2	1	1	5	2	8	4	1	2
63		fru	CRI	CRI	3	2	2	2	7	5	4	6	5	7	7	1	2	1	1	5	2	7	3	1	3
66		ann	CRI	CRI	3	2	3	3	5	5	1	6	5	7	3	3	2	1	3	3	2	8	3	1	3
67		fru	CRI	CRI	3	2	2	2	7	5	4	6	5	7	7	2	2	2	3	3	2	8	4	1	2
69		fru	CUB	CUB	3	2	2	3	7	3	4	6	5	7	7	3	2	2	3	3	2	9	5	1	3
70		fru	ECU	ECU	3	2	3	3	5	3	2	6	5	7	5	4	1	1	1	7	2	9	4	1	2
72		fru	SAL	SAL	3	6	3	2	7	5	8	5	5	7	7	2	2	2	3	3	2	9	5	1	2
73		fru	GTM	GTM	3	2	2	2	7	3	4	6	5	7	7	2	2	2	3	3	2	7	3	1	1
77		fru	BRA	BRA	3	2	2	2	7	3	4	6	5	7	7	2	2	2	3	3	2	7	3	1	1
82	y	ann	COL	COL	3	2	4	1	5	3	1	6	5	7	5	3	2	2	3	3	2	8	3	1	3
83	y	chi	COL	COL	3	3	3	1	7	3	4	6	5	7	7	3	1	1	2	5	1	8	4	1	3
85		chi	CRI	CRI	3	2	2	1	7	3	4	6	5	7	7	2	2	2	3	3	1	7	2	1	3
86	y	ann	COL	COL	3	2	4	2	7	3	1	6	5	7	3	3	2	2	3	3	2	8	5	1	3
91	y	ann	COL	Val	3	2	4	3	7	5	1	6	5	7	3	3	2	1	3	3	2	8	5	1	3
95	y	ann	COL	Cma	3	2	4	2	7	3	1	6	5	7	3	3	2	2	3	3	2	8	5	1	3

Continuación Anexo 5

Tarro	Especie	Pais	Dpto	lantula		Planta				Flor					Fruto								
				hipoc	hojaco	hojamadura		habito		corola		antera	estigma	pedunculo		base		unión			maduro	inmaduro	seed	cantidad
				color	color	color	forma	crecimi	pubesce	color	mancha	color	exersion	posición	Forma	cuello	ápice	pedunculo	epidermis	cáliz	color	color	color	categoria
126	y	fru	COL	Val	3	2	2	2	7	5	4	6	5	7	7	3	1	1	1	7	2	8	4	1	2
126		fru	COL	Val	3	2	4	2	7	5	4	6	5	7	7	3	1	1	1	7	2	8	4	1	2
132	y	ann	COL	Val	2	2	4	2	5	3	2	6	5	7	3	5	2	3	5	5	2	8	4	1	3
139	y	ann	COL	Val	3	2	4	1	3	3	1	6	5	7	3	3	2	1	2	3	2	8	5	1	3
140	ay	ann	COL	Val	3	2	3	1	7	5	4	6	5	7	7	3	1	1	3	7	2	8	4	1	2
147	y	fru	CRI	CRI	3	6	3	2	5	7	8	5	5	7	7	3	2	2	3	3	2	9	5	1	1
150	y	ann	COL	Nño	2	2	4	1	3	5	1	6	5	7	3	3	2	2	3	3	2	9	5	1	3
161	ay	ann	CRI	CRI	3	2	2	1	7	3	4	6	5	7	5	3	2	1	2	5	2	8	4	1	2
161	by	ann	CRI	CRI	3	2	2	2	7	5	4	6	5	7	5	3	2	1	2	5	2	8	4	1	2
161	y	ann	CRI	CRI	3	2	2	1	7	7	4	6	5	7	7	3	2	1	2	7	2	9	4	1	2
184	y	ann	USA	USA	2	2	4	2	3	3	1	6	5	7	3	3	2	1	2	3	2	9	5	1	1
184		ann	USA	USA	2	2	4	2	3	3	1	6	5	7	3	3	2	1	2	3	2	9	5	1	3
202	y	ann	CRI	CRI	3	1	4	3	5	3	2	6	5	7	5	1	2	1	1	3	2	8	5	1	1
207		fru	CRI	CRI	3	2	3	2	5	3	1	6	5	7	7	2	2	2	3	3	2	8	5	1	3
219	y	ann	ECU	ECU	3	2	2	1	7	5	4	6	5	7	7	2	2	2	3	3	2	7	4	1	2
230	y	fru	COL	Val	3	2	3	3	7	3	4	6	5	7	7	1	2	1	1	3	2	7	4	1	2
232	cy	ann	COL	Cho	3	2	3	2	5	5	1	6	5	7	3	3	1	1	3	7	2	8	4	1	3
233		fru	COL	Val	3	2	4	3	5	5	4	6	5	7	7	1	2	1	1	3	2	7	2	1	2
240		ann	COL	Ant	3	2	2	2	7	5	2	6	5	7	7	3	1	1	2	5	2	8	4	1	3
244	y	ann	COL	Val	3	2	3	2	3	3	2	2	2	7	7	2	2	3	2	7	2	8	4	1	3
261		ann	USA	USA	3	2	4	3	7	3	1	6	5	7	3	3	2	2	2	3	2	9	5	1	2
266	by	fru	COL	Csa	3	2	3	1	7	5	4	6	5	7	7	1	2	1	2	5	2	7	4	1	1
266	y	fru	COL	Csa	3	2	3	1	7	5	4	6	5	7	7	1	2	1	2	5	2	7	4	1	2
279		ann	COL	Ant	3	2	3	2	7	5	4	6	5	7	7	1	2	1	2	5	2	8	4	1	3
283	a	fru	COL	Nño	3	2	3	3	7	3	4	6	5	7	7	1	2	1	2	5	2	8	4	1	2
283		fru	COL	Nño	3	2	2	2	7	3	4	6	5	7	7	1	2	1	2	5	2	8	4	1	2
293	by	fru	COL	Val	3	2	2	2	7	7	4	6	5	7	7	3	1	1	2	7	2	8	4	1	3
300	ay	fru	COL	Gvr	3	2	2	1	7	3	4	6	5	7	7	1	2	1	2	5	2	8	4	1	1
301		fru	COL	Gvr	3	2	3	2	7	5	2	6	5	7	7	1	1	1	2	5	2	8	4	1	2
313		ann	COL	Ant	3	2	2	1	7	5	4	6	5	5	7	1	2	1	1	5	2	8	3	1	3
315		fru	COL	COL	3	2	3	3	7	5	4	6	5	7	7	1	2	1	1	3	2	7	4	1	2
316		fru	COL	COL	3	2	3	3	7	3	4	6	5	7	7	1	2	1	1	5	2	6	4	1	2
317		fru	COL	COL	3	2	4	2	7	3	4	6	5	7	7	3	2	1	2	5	2	7	2	1	1
330	by	fru	COL	Ant	3	2	3	1	7	5	4	6	5	7	7	1	2	1	1	3	2	7	4	1	2
332	ay	fru	COL	Ant	3	2	2	1	7	5	4	6	5	7	7	1	1	1	1	7	2	8	4	1	2
333		fru	COL	Ant	3	2	2	1	7	3	2	6	5	7	7	2	2	2	3	3	2	8	4	1	2
336	cy	ann	COL	Csa	3	2	3	1	7	5	4	6	5	7	7	2	2	2	3	3	2	8	4	1	3
336	by	ann	COL	Csa	3	2	3	1	7	5	4	6	5	7	7	2	2	2	3	3	2	8	4	1	3
336	ay	ann	COL	Csa	3	2	4	2	7	5	4	6	5	7	7	1	2	2	1	3	2	8	4	1	1
336	y	ann	COL	Csa	3	1	2	1	7	3	4	6	5	7	7	2	2	1	3	5	2	8	4	1	2

Continuación Anexo 5

Tarro		Especie	Pais	Dpto	antula		Planta				Flor					Fruto									
					hipoc	hojaco	hojamadura		habito		corola		antera	estigma	pedunculo		base		unión			maduro	inmaduro	seed	cantidad
					color	color	color	forma	crecimi	pubesce	color	mancha	color	exersion	posición	Forma	cuello	ápice	pedunculo	epidermis	cáliz	color	color	color	categoria
337	y	fru	COL	Ssu	3	2	2	3	7	3	2	6	5	7	7	1	2	1	1	5	2	7	4	1	3
351		fru	COL	Bva	3	2	2	1	5	5	4	6	5	7	7	1	2	2	2	5	2	7	2	1	2
357		fru	COL	Ant	3	2	4	2	7	7	4	6	5	7	7	3	2	1	2	5	2	8	4	1	2
360		chi	COL	Vpe	3	2	4	1	7	7	2	6	5	7	7	3	1	1	3	7	1	8	3	1	3
364		ann	COL	Vpe	3	2	3	1	5	3	4	6	5	7	5	4	2	3	3	7	2	8	4	1	2
436		fru	COL	Caq	3	2	2	1	7	5	4	6	5	7	7	1	2	1	3	7	2	8	4	1	1
497		chi	COL	Caq	3	2	3	2	5	3	2	6	5	7	3	2	2	3	4	7	1	8	4	1	3
598		chi	COL	Pty	3	2	3	2	7	5	2	6	5	7	7	3	2	1	3	5	1	8	4	1	2
615		fru	COL	Pty	3	2	2	2	5	5	4	6	5	7	7	1	2	1	1	3	2	8	4	1	1
620		ann	COL	Pty	3	1	2	3	5	3	2	6	5	7	7	3	2	1	3	7	2	8	4	1	3
631		chi	COL	Gui	3	2	3	1	5	3	2	6	5	7	3	2	2	3	4	7	1	8	2	1	2
655		chi	COL	Pty	1	1	3	1	5	3	4	6	5	5	5	4	2	1	3	7	1	8	4	1	2
707		ann	BOL	BOL	3	2	4	2	5	3	1	6	5	7	3	3	2	1	5	5	2	8	3	1	3
904		fru	COL	COL	3	2	3	3	7	3	4	6	5	7	7	1	1	1	1	7	2	8	4	1	2
957		fru	COL	Val	3	2	2	1	7	5	4	6	5	7	7	1	2	1	1	3	2	7	4	1	2
958		ann	COL	Val	3	2	2	2	7	3	1	6	5	3	3	1	2	1	2	5	2	8	4	1	3
959		chi	COL	Val	3	2	3	2	5	5	2	6	5	3	3	2	2	1	4	5	1	8	4	1	2
961		pub	COL	Nño	1	1	4	1	5	5	8	5	5	7	7	2	2	2	3	3	2	4	2	3	1
968		ann	COL	Nño	3	2	2	1	3	3	1	2	5	7	5	1	2	1	1	5	2	7	4	1	2
970		ann	COL	Val	3	2	3	2	7	5	4	6	5	7	7	2	2	2	2	3	2	6	3	1	2
971		ann	COL	Val	3	2	4	2	7	5	4	6	5	7	7	2	2	2	2	3	2	8	3	1	1
973		ann	COL	Val	3	2	2	3	7	3	4	6	5	7	7	2	2	2	2	3	2	6	3	1	2
974		ann	COL	Val	3	1	4	1	7	5	4	6	5	7	7	2	2	2	2	3	2	6	3	1	2
975		fru	COL	Val	3	2	4	2	7	5	4	6	5	7	7	1	2	1	2	3	2	8	4	1	2
977		fru	COL	Val	3	2	4	2	7	5	4	6	5	7	7	1	2	1	2	3	2	6	2	1	2
980		fru	COL	Val	3	2	4	1	7	7	8	5	5	7	7	1	2	2	2	3	2	6	5	1	1
981		fru	COL	Val	3	2	2	3	7	5	4	6	5	7	7	1	2	2	1	3	2	8	2	1	1
987		ann	COL	Val	3	2	4	1	5	5	2	6	5	7	7	2	2	2	2	3	2	6	5	1	1
988		ann	COL	Val	3	2	4	1	7	5	2	6	5	7	7	2	2	2	2	3	2	6	5	1	1
989		ann	COL	Val	3	2	2	1	7	3	4	6	5	7	7	2	2	2	3	3	2	8	3	1	2
991		fru	COL	Val	3	3	3	1	7	3	4	6	5	7	7	1	2	1	1	3	2	7	4	1	1
993		ann	COL	Val	1	2	3	3	5	3	1	6	5	7	7	2	2	2	2	3	2	6	3	1	1
994		ann	COL	Val	3	2	2	1	5	7	2	6	5	7	7	2	2	2	2	3	2	6	5	1	1
997		fru	COL	Val	3	2	2	2	7	5	4	6	5	7	7	1	2	1	1	3	2	7	4	1	2
999		ann	COL	Val	3	2	4	3	5	3	1	6	5	7	7	2	2	2	2	3	2	6	5	1	1
2mc		chi	COL	Cdb	3	2	3	2	7	5	4	6	5	5	7	3	1	1	2	5	1	8	4	1	3
3mc		chi	COL	Cdb	3	1	3	1	7	7	4	6	5	7	7	3	1	1	2	5	1	8	4	1	3
4mc		chi	COL	Cdb	3	1	2	1	7	5	4	6	5	7	5	3	1	1	2	5	1	8	4	1	3
6mc		chi	COL	Cdb	3	2	2	1	7	5	4	6	5	5	7	3	1	1	2	5	1	8	4	1	3
7mc		chi	COL	Cdb	3	2	3	1	7	5	4	6	5	5	7	3	1	1	2	5	1	8	4	1	3

Continuación Anexo 5

Tarro	Especie	Pais	Dpto	antula		Planta				Flor					Fruto									
				hipoc	hojaco	hojamadura		habito		corola		antera	estigma	pedunculo	base		unión			maduro	inmaduro	seed	cantidad
				color	color	color	forma	crecimi	pubesce	color	mancha	color	exersion	posición	Forma	cuello	ápice	pedunculo	epidermis	cáliz	color	color	color	categoria
9mc	chi	COL	Cdb	3	1	3	1	7	7	4	6	5	5	7	3	1	1	2	5	1	8	4	1	3
10mc	chi	COL	Cdb	3	2	3	1	7	5	2	6	5	5	7	3	1	1	2	5	1	8	4	1	3
11mc	chi	COL	Cdb	3	2	3	1	7	7	4	6	5	5	7	3	1	1	2	5	1	8	4	1	3
14mc	chi	COL	Cdb	3	2	3	1	7	7	2	6	5	5	7	3	1	1	2	5	1	8	4	1	3
15mc	chi	COL	Cdb	3	2	3	1	7	7	4	6	5	5	7	3	1	1	2	5	1	8	4	1	3
17mc	chi	COL	Cdb	3	2	3	1	7	7	4	6	5	5	7	3	1	1	2	5	1	8	4	1	3
18mc	ann	COL	Cdb	2	2	4	3	7	3	1	6	5	7	5	5	2	3	5	7	2	9	4	1	2
19mc	chi	COL	Cdb	3	1	3	2	7	5	2	6	5	5	7	3	1	1	2	5	1	8	4	1	3
20mc	chi	COL	Cdb	3	1	3	1	7	7	2	6	5	5	7	3	1	1	2	5	1	8	4	1	3
692	fru	COL	COL	3	2	3	2	7	3	4	6	5	7	7	3	2	1	3	7	2	8	3	1	2
serrano	ann	COL	Val	3	3	4	2	3	3	1	6	5	7	3	5	2	4	5	7	2	8	3	1	2
1002	chi	COL	Val	3	1	4	1	7	3	4	6	5	7	7	2	2	1	3	3	1	8	3	1	2
Tarro*	numeración asignada por el banco de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira																							

Anexo 6 Características cuantitativas de 128 introducciones de *Capsicum* del Banco de germoplasma de la universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

Tarro*	Especie	Pais	Dpto	plantula		planta				flor					Fruto									
				hoja cotiledonal		hoja madura		rto	altura	flor/axil	petalos	antera	corola	dias	dias	locus	pedunculo	espesor	long	ancho	peso	número	capsaicina
				anc mm	largo cm	anc cm	largo cm	g	cm	#	#	long	long	#	#	#	cm	mm	cm	cm	g	#	mg/g
1y	ann	COL	COL	6	17	7	12	189,4	40	2	5	3	6	89	94	3	3,402	1,26	0,993	0,77	6,8	32,21	0
1	ann	COL	COL	6	16	3	10	63,94	30	2	6	4	14	56	60	3	3,448	3,805	9,431	2,782	2,02	33,38	0,238
2	ann	MEX	MEX	10	25	2	14	152,5	60	1	5	5	9	94	102	2	2,747	0,81	4,919	1,914	5,1	29,94	0,45
3	fru	GUY	GUY	9	25	4	7	240	47	1	5	5	7	92	98	2	3,233	0,54	2,248	0,672	8,26	29	0,101
4	fru	COL	COL	6	16	5	13	96,22	50	2	5	4	6	94	102	2	3,275	1,26	1,858	1,301	1,08	87,95	1,121
5	chi	COL	Val	7	18	5	14	125,3	70	2	5	5	11	56	60	2	2,37	1,525	6,286	2,509	17,74	7,18	0,005
10	fru	ECU	ECU	6	12	9	14	91,32	50	1	6	5	9	94	104	2	3,691	1,645	2,674	0,797	2,38	36,6	0,454
13	ann	COL	Bva	5	24	5	5	190	18	1	6	4	6	94	101	1	3,039	0,573	0,835	0,46	10	19	3E-04
14	fru	COL	Bva	7	18	8	15	111	65	2	5	5	10	94	101	3	2,969	1,43	3,794	1,001	2,75	43,91	0
16	fru	COL	Bva	8	21	6	7	33,65	26	1	6	5	11	89	96	2	3,235	1,531	8,76	1,523	0,78	44,04	3,264
18y	ann	COL	Bva	10	20	5	8	403,3	80	1	5	4	5	108	117	2	2,801	1	3	1,5	78,95	7	0
22y	ann	COL	Cho	9	20	6	9	191,8	24	1	6	5	11	100	109	1	2,061	0,488	0,613	0,431	8,81	23,04	0,015
24	chi	COL	Ant	9	27	5	17	89,42	90	2	5	4	9	92	99	2	3,451	1,1	4,475	1,722	2,69	42,02	0,174
26	bac	COL	Bva	9	25	6	14	123	60	1	6	5	12	89	92	3	3,15	0,69	13,22	1,967	6,23	20,44	4E-04
32	fru	COL	Ant	7	16	8	12	53,5	29	2	6	4	8	108	114	1	2,771	0,84	2,829	0,79	0,87	61	0,059
39	chi	BOL	BOL	8	16	6	13	95,6	56	2	5	4	8	92	97	2	1,709	1,32	4,091	2,016	1,9	62	0
41	ann	BRA	BRA	7	20	4	15	121	60	2	5	5	9	92	97	2	3,085	0,585	4,075	0,732	3,25	37	0,091
42	ann	GTM	GTM	9	31	3	14	193	55	2	5	4	8	89	92	2	2,354	1,26	3,7	1,847	5,5	35	0,231
43	chi	CUB	CUB	9	26	2	8	93,5	39	1	5	4	10	67	74	2	3,101	4,135	5,565	2,898	1,84	57	0,006
52y	fru	ECU	ECU	9	25	4	10	46,38	56	1	6	4	10	56	60	2	3,368	3,55	7,112	2,713	1,44	33,15	1,631
58	fru	PER	PER	6	17	6	15	31,5	25	2	5	4	10	100	109	2	3,322	1,035	3,192	0,763	0,61	51	0,013
59	fru	BRA	BRA	8	24	4	13	71,2	57	2	5	5	8	94	102	2	3,217	1,67	1,757	1,491	0,98	76	0,191
63	fru	CRI	CRI	5	17	6	19	86,22	35	2	5	5	11	100	109	2	2,368	1,748	5,052	2,079	1,23	91,96	2,213
66	ann	CRI	CRI	8	21	4	9	180	50	2	5	3	6	89	96	2	2,679	1,13	1,061	0,755	8,54	27,35	0,133
67	fru	CRI	CRI	10	20	7	13	76,05	50	2	5	5	10	84	89	2	3,087	0,705	3,421	0,946	1,52	105,6	0,539
69	fru	CUB	CUB	5	17	5	9	159,1	100	2	5	4	9	89	94	2	3,065	0,955	4,082	1,625	3,99	39,73	0,283
70	fru	ECU	ECU	7	25	4	16	114,3	59	2	6	4	10	84	89	3	2,998	1,78	4,011	1,233	2,69	47	0,117
72	fru	SAL	SAL	7	22	3	10	113,7	50	2	5	5	7	98	101	3	3,029	1,7	1,692	1,673	1,28	103,4	0,177
73	fru	GTM	GTM	9	20	7	8	62,26	55	1	5	4	7	70	77	2	3,172	0,825	3,164	1,276	1,71	45,33	0,67
77	fru	BRA	BRA	9	22	5	11	82,69	17	2	5	4	7	89	96	4	2,713	1,615	5,835	1,448	1,01	98,65	0,99
82y	ann	COL	COL	10	37	5	16	180,9	83	2	5	4	10	89	94	2	2,504	1,85	5,541	2,518	19,09	9,7	0,007
83y	chi	COL	COL	8	23	11	10	158	17	2	5	3	8	98	106	3	2,769	1,638	6,173	2,765	5,9	27	0
85	chi	CRI	CRI	9	25	7	12	109,5	60	2	5	5	9	92	97	2	2,411	1,675	4,144	1,76	1,97	62	0,055
86y	ann	COL	COL	9	30	5	17	176,8	70	2	6	5	13	92	97	2	3,006	1,21	5,972	2,143	18,03	10,03	0,011
91y	ann	COL	Val	7	23	5	14	257,1	70	2	5	5	10	84	89	2	3,213	1,71	5,995	2,534	10,36	22,85	0,349
95y	ann	COL	Cma	9	33	4	13	287	55	2	5	5	10	92	97	2	3,94	1,75	5,399	2,785	21,59	14,22	0,26

Continuación Anexo 6

Tarro*	Especie	Pais	Dpto	plantula		planta				flor					Fruto								
				hoja cotiledonal		hoja madura		rto	altura	flor/axila	petalos	antera	corola	dias	dias	locus	pedunculo	espesor	long	ancho	peso	número	capsaicina
				anc mm	largo cm	anc cm	largo cm	g	cm	#	#	long	long	#	#	#	cm	mm	cm	cm	g	#	mg/g
126y	fru	COL	Val	5	13	7	10	78,28	55	2	6	5	9	92	97	2	1,731	1,35	4,047	1,055	2,59	32,55	5,41
126	ann	COL	Val	8	21	8	13	94,74	63	1	5	4	8	84	89	3	3,497	1,22	2,689	0,896	2,13	43,8	1,178
132y	ann	COL	Val	10	25	5,5	14	281,6	100	1	5	5	10	94	109	2	3,5	1,2	4,5	1,3	50,47	9	0,016
139y	ann	COL	Val	4	20	6	13	311,6	67	2	5	5	10	84	89	2	2,044	2,135	6,192	2,241	26,61	12,7	0,005
140ay	ann	COL	Val	7	17	9	8	79,35	12	1	6	4	7	94	102	3	3,848	1,123	2,133	1,677	2,07	40,73	0,183
147y	fru	CRI	CRI	9	20	4	8	79,55	45	1	5	5	12	56	60	2	2,615	3,545	7,259	2,423	1,21	65,96	0,747
150y	ann	COL	Nño	7	18	5	15	171,1	64	2	5	5	10	89	94	3	2,596	1,86	5,469	2,364	14,46	12,07	0,618
161ay	ann	CRI	CRI	7	16	7	13	67,03	71	1	6	5	10	89	96	2	3,219	1,081	4,044	1,594	3,74	20,1	0,284
161by	ann	CRI	CRI	7	18	7	15	86,2	30	1	5	4	10	94	103	2	2,29	1,115	3,84	1,425	2,33	37	1,069
161y	ann	CRI	CRI	7	22	7	17	90,5	69	1	5	4	10	84	89	2	3,5	1,75	5,211	1,086	3,08	32	0,142
184y	ann	USA	USA	10	33	6	14	279,3	66	2	6	4	11	89	96	2	3,398	2,05	5,723	2,582	24,22	11,93	0,705
184	ann	USA	USA	10	27	5	19	258,1	27	1	7	5	14	94	102	3	2,441	5,263	11,68	5,004	25,27	10,68	0,71
202y	ann	CRI	CRI	7	32	3	13	124,5	60	2	5	5	10	98	106	2	3,114	1,023	4,967	1,11	6,11	20,05	1,467
207	fru	CRI	CRI	7	23	4	12	92,6	50	2	5	4	7	89	94	3	3,685	1,275	1,242	1,1	2,11	49	0,518
219y	ann	ECU	ECU	8	16	7	10	33,27	45	1	7	5	10	56	60	3	2,581	1,37	7,407	1,749	0,57	82,75	2,17
230y	fru	COL	Val	8	16	4	10	72,47	46	2	5	5	7	92	98	2	3,895	1,185	2,422	1,085	1,14	71,55	0
232cy	ann	COL	Cho	7	19	9	14	134,2	58	2	5	5	8	92	97	3	3,635	1,775	4,37	1,455	3,89	41	0,012
233	fru	COL	Val	9	18	6	11	71	70	2	5	5	10	56	60	3	2,749	1,56	2,952	2,165	0,99	75,82	1,46
240	chi	COL	Ant	7	16	6	10	170	19	2	5	5	11	96	105	2	2,12	2,792	5,777	3,281	4,87	35,98	0
244y	ann	COL	Val	5	16	3	13	131,4	60	2	6	5	10	89	96	2	3,215	0,91	3,228	1,355	4,33	31,69	0,166
261	ann	USA	USA	12	40	5	14	212,9	66	2	5	5	11	92	97	2	2,42	2,18	5,95	2,787	17,85	12,14	0,176
266by	fru	COL	Csa	8	21	6	8	94,78	50	1	5	5	9	89	94	2	3,012	0,7	4,048	1,084	3,01	36,82	0,983
266y	fru	COL	Csa	8	23	6	13	124,8	67	2	5	4	10	92	97	2	3,204	1,805	4,719	1,597	3,89	37,53	0,376
279	fru	COL	Ant	6	18	9	12	147	100	1	5	4	8	89	94	3	3,19	1,485	3,926	1,715	3,98	37	0,906
283a	ann	COL	Nño	9	25	7	12	90,77	45	2	6	5	14	56	60	2	3,483	3,61	7,591	2,577	2,56	40,61	0,285
283	fru	COL	Nño	8	24	8	7	80,22	60	1	6	5	12	56	60	3	2,579	3,72	7,761	2,99	1,51	53,79	0,783
293by	fru	COL	Val	7	19	7	13	103,6	54	2	5	5	11	84	89	2	3,043	1,04	4,831	1,73	2,75	47,91	0,442
300ay	fru	COL	Gvr	7	20	5	13	107	60	2	5	4	7	92	98	2	3,651	1,595	3,803	1,135	1,53	69,25	1,292
301	fru	COL	Gvr	9	20	8	13	49,89	78	2	5	5	10	67	74	2	2,494	1,17	3,204	1,466	1,7	35,55	1,856
313	ann	COL	Ant	6	14	7	9	124,3	17	2	7	3	9	96	105	3	3,273	2,14	3,994	2,763	5,79	26,89	0
315	fru	COL	COL	5	14	7	5	58,31	20	2	6	4	8	94	102	2	2,569	1,138	2,083	1,248	0,78	81,88	0,187

Continuación Anexo 6

Tarro*	Especie	Pais	Dpto	plantula		planta				flor					Fruto								
				hoja cotiledonal		hoja madura		rto	altura	flor/axila	petalos	antera	corola	dias	dias	locus	pedunculo	espesor	long	ancho	peso	número	capsaicina
				anc mm	largo cm	anc cm	largo cm	g	cm	#	#	long	long	#	#	#	cm	mm	cm	cm	g	#	mg/g
316	fru	COL	COL	7	16	6	10	52,7	16	1	5	4	7	100	108	3	3,38	2,756	2,503	2,334	0,66	82,77	1,582
317	fru	COL	COL	8	24	6	9	50,44	60	2	5	5	10	56	60	3	2,932	1,205	4,976	2,079	0,93	70,81	0
330by	fru	COL	Ant	6	22	8	10	61,37	40	2	5	5	8	56	60	3	3,508	5,785	9,436	2,763	1,62	38,84	0,607
332ay	fru	COL	Ant	7	19	7	11	94,2	55	2	5	4	8	92	97	2	1,477	1,39	5,019	1,742	3,17	39	1,24
333	fru	COL	Ant	9	19	7	16	110	82	1	5	5	8	89	94	3	3,017	1,1	2,512	0,805	3,24	34	0
336cy	ann	COL	Csa	7	22	9	18	126,8	68	2	6	5	9	89	94	3	3,364	1,12	5,492	1,546	4,08	33,97	0,804
336by	ann	COL	Csa	7	22	8	14	138,2	70	1	5	4	8	94	101	2	3,223	0,85	3,772	1,042	3,41	52	0,146
336ay	ann	COL	Csa	7	18	6	7	73,35	60	1	5	4	13	70	77	3	3,185	1,67	9,594	1,324	2,06	49,87	1,011
336y	ann	COL	Csa	7	22	5	10	98,82	50	1	6	5	9	94	104	2	3,384	1,305	4,712	1,578	2,67	38,48	0,296
337y	fru	COL	Ssu	7	13	8	11	149,8	60	2	5	5	7	89	94	2	2,476	0,805	3,426	0,818	3,41	47,26	0,348
351	fru	COL	Bva	7	19	11	7	206,8	47	2	5	3	6	94	101	2	3,258	0,385	1,229	0,494	8,22	28,34	0
357	fru	COL	Ant	9	24	6	11	132,8	50	1	5	5	12	56	60	4	3,038	2,345	10,01	4,787	1,56	97,72	2,616
360	chi	COL	Vpe	7	18	9	16	125,8	57	2	5	5	10	94	102	2	2,327	1,05	4,599	2,076	4,68	31,69	0,372
364	ann	COL	Vpe	7	21	6	11	225,3	67	2	5	5	11	89	94	2	1,372	1,605	5,451	2,393	11,53	20	0,094
436	fru	COL	Caq	7	20	8	20	130	75	2	5	5	10	89	94	2	3,4	1,605	5,674	2,628	4,24	36,22	1,192
497	chi	COL	Caq	8	20	7	5	234	30	1	5	2	5	92	98	2	3,771	0,845	1,008	0,583	8,34	28	0
598	chi	COL	Pty	7	22	7	11	119,8	67	2	5	6	10	94	100	2	3,315	1,285	3,953	1,581	3,84	36,49	0,195
615	fru	COL	Pty	8	19	5	12	34,42	50	1	6	5	8	94	104	2	1,675	1,13	4,079	1,639	0,49	91,46	1,593
620	ann	COL	Pty	7	17	4	11	225,2	25	2	5	4	7	92	99	1	3,423	0,931	1,588	0,429	8,64	28,34	0
631	chi	COL	Gui	6	15	5	6	176	39	1	5	2	5	92	97	2	2,837	0,8	0,909	0,517	9,34	24	0
655	chi	COL	Pty	6	19	6	13	190	63	2	5	4	8	89	94	3	2,338	0,605	3,271	0,777	9,48	20	0
707	ann	BOL	BOL	6	21	7	13	202,3	60	2	6	5	10	84	89	3	3,958	1,655	5,757	2,673	23,3	8,63	0,003
904	fru	COL	COL	7	17	8	11	92,4	57	1	5	4	8	92	97	2	1,657	1,36	4,343	2,095	1,87	61	0,169
957	fru	COL	Val	7	19	5	5	57,94	64	2	5	4	10	56	60	2	2,694	1,37	1,843	1,431	1,03	59,27	2,769
958	ann	COL	Val	10	35	7	12	172,7	60	2	5	5	9	56	60	2	1,613	2,43	5,145	2,234	16,63	12	0,038
959	chi	COL	Val	8	18	6	5	95,6	12	1	6	5	9	70	77	3	3,064	2,265	3,124	2,324	2,53	39	0,824
961	pub	COL	Nño	10	18	4	12	93,5	50	1	6	5	10	108	117	3	1,727	1,4	5,322	1,858	2,5	43	0
968	ann	COL	Nño	10	26	9	13	146	17	2	6	3	9	94	103	3	2,61	2,096	3,731	3,331	5,22	28	0,006
970	ann	COL	Val	4	10	6	10	13,57	56	2	5	4	7	84	89	2	5,567	1,035	1,769	1,203	0,29	53,94	0,604
971	ann	COL	Val	3	10	5	7	23,64	50	1	6	5	12	70	77	2	2,991	0,96	6,733	1,218	0,2	129,3	.
973	ann	COL	Val	8	24	4	10	33,21	45	2	5	3	10	70	77	4	2,823	0,85	4,773	1,67	0,56	85,3	0,752

Continuación Anexo 6

Tarro*	Especie	Pais	Dpto	plantula		planta				flor					Fruto								
				hoja cotiledonal		hoja madura		rto	altura	flor/axila	petalos	antera	corola	dias	dias	locus	pedunculo	espesor	long	ancho	peso	número	capsaicina
				anc mm	largo cm	anc cm	largo cm	g	cm	#	#	long	long	#	#	#	cm	mm	cm	cm	g	#	mg/g
974	ann	COL	Val	7	18	7	12	20,26	26	1	6	4	13	94	104	2	2,256	3,967	7,242	2,208	0,49	51,17	1,169
975	fru	COL	Val	5	14	7	12	50,84	55	1	4	4	9	89	94	2	2,278	0,925	3,376	1,122	0,53	121	2,066
977	fru	COL	Val	9	19	7	9	36,59	26	2	6	4	8	92	97	2	2,491	0,645	3,618	0,978	0,82	45,27	1,456
980	fru	COL	Val	10	21	5	9	28,9	15	1	5	4	10	94	104	2	2,892	1,819	4,09	2,475	0,26	109,7	0,149
981	fru	COL	Val	9	19	3	7	27,65	31	1	6	5	12	100	108	3	2,7	1,377	5,221	1,779	0,69	50,39	0,234
987	ann	COL	Val	10	18	4	16	16,89	58	2	5	5	9	70	77	3	3,585	0,92	4,368	1,508	0,42	55,21	0,292
988	ann	COL	Val	7	14	4	6	7,77	30	1	5	4	10	56	60	2	3,97	1,04	5,589	1,831	0,24	37,31	1,317
989	ann	COL	Val	7	19	5	7	23,14	60	2	6	5	10	70	77	3	3,586	2,53	4,94	2,706	0,55	64,74	0,831
991	fru	COL	Val	8	20	8	10	32,1	50	1	5	5	12	56	60	3	2,273	4,61	11,8	4,919	0,53	60	3,441
993	ann	COL	Val	8	15	4	9	70,2	29	2	5	5	8	100	109	1	3,021	0,871	4,127	0,565	0,9	81	.
994	ann	COL	Val	9	17	4	11	25,71	60	2	5	5	10	89	94	2	3,18	1,975	5,19	2,455	0,18	156,1	0,712
997	fru	COL	Val	10	22	7	12	67,59	66	2	6	5	8	70	77	2	2,336	0,465	4,958	0,794	0,91	85,57	2,19
999	ann	COL	Val	8	16	2	9	19,7	63	1	6	4	10	56	60	3	3,761	2,575	4,805	3,871	0,4	56	0,007
2mc	chi	COL	Cdb	8	18	7	13	186,3	60	2	5	4	7	89	92	2	3,317	0,44	2,616	0,726	7,36	29,98	0
3mc	chi	COL	Cdb	6	13	7	7	138,2	17	1	6	4	8	102	111	2	2,429	0,85	3,925	3,2	6,54	22,28	0
4mc	chi	COL	Cdb	8	20	9	16	194,7	55	1	6	5	10	89	94	4	3,165	1,955	14	1,922	6,71	30,68	0,005
6mc	chi	COL	Cdb	8	17	7	11	161,9	20	3	5	4	10	100	107	2	2,377	7,592	3,288	2,563	6,49	30,78	0
7mc	chi	COL	Cdb	6	17	8	8	159,9	50	1	5	4	8	94	101	2	4,814	0,72	3,235	0,81	6,13	29,89	0
9mc	chi	COL	Cdb	5	15	8	7	210,8	65	1	5	2	5	100	106	2	2,74	0,61	0,853	0,587	8,47	28,03	0
10mc	chi	COL	Cdb	7	19	10	10	139,4	40	1	5	5	8	92	98	2	3,258	0,52	2,681	0,711	5,6	27,31	0
11mc	chi	COL	Cdb	7	24	9	13	168,6	48	1	5	4	9	67	74	1	3,058	0,8	2,48	0,788	7,66	25,86	0,044
14mc	chi	COL	Cdb	5	15	8	11	164,2	50	3	5	4	5	100	109	2	3,432	0,735	1,013	0,825	7,36	24,64	0,004
15mc	chi	COL	Cdb	8	20	8	9	188,4	45	2	5	3	6	89	94	2	3,135	1,78	6,25	2,494	5,63	34,5	0,002
17mc	chi	COL	Cdb	7	17	8	10	157,4	37	2	5	5	7	108	115	4	3,071	0,775	1,047	0,833	7,01	27,03	0
18mc	ann	COL	Cdb	11	22	9	16	439,2	78	2	5	5	10	89	94	2	2,849	1,94	6,448	2,35	48,8	9	0
19mc	chi	COL	Cdb	6	17	7	13	157,4	39	1	6	5	13	56	60	3	3,24	2,55	7,787	4,046	6,09	30,31	0
20mc	chi	COL	Cdb	6	17	9	9	159,7	53	2	5	4	5	108	115	2	4,481	0,915	0,955	0,747	7,15	26,01	0
692	fru	COL	COL	4	15	8	11	68	59	1	6	5	12	56	60	3	3,314	5,245	10,29	2,573	2	34	0
serrano	ann	COL	Val	7	22	6	11	5E+05	57	1	6	6	17	56	60	3	4,001	5,111	11,01	7,211	70,22	7.001	0
1002	chi	COL	Val	7	19	3	12	30	64	1	5	4	9	56	60	3	3,408	1,4	7,278	2,47	1,5	60	.

Tarro* numeración asignada por el banco de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

Anexo 7 Promedio y varianzas de peso de fruto, rendimiento y cantidad de frutos por planta para 100 introducciones de *Capsicum*

Tarro	fruto	Varianza	rendimiento	Varianza	Cantidad	Varianza	capsaicina
	promedio				frutos		
1y	6,8	0,21	189,44	4000,89	32,21	140,43	0
1	2,02	0,42	63,94	1392,62	33,38	223,64	0,2384
2	5,1	0,05	152,53	1713,73	29,94	14,32	0,4496
4	1,08	0,01	96,22	1901,63	87,95	1884,1	1,1217
5	17,74	2,27	125,28	179,4	7,18	2,077	0,0059
10	2,38	0,33	91,32	2632,02	36,6	195,76	0,4542
14	2,75	0,29	111,01	3707,01	43,91	359,56	0
16	0,78	0,06	33,65	159,22	44,04	57,36	1,3225
18y	78,95	8,33	403,3	14467,71	5,33	1,29	0
22y	8,81	0,22	191,78	438,43	23,04	7,34	0,0147
24	2,69	0,67	89,42	1852,49	42,02	953,519	0
26	6,23	1,05	122,98	2253,2	20,44	30,11	0,0004
52y	1,44	0,064	46,38	14,67	33,15	24,87	.
63	1,23	0,03	86,22	848,96	91,96	909,98	2,9752
66	8,54	6,89	179,96	6617,06	27,35	274,88	0,1338
67	1,52	0,3	76,05	44,85	105,56	2218,98	0,5395
69	3,99	0,56	159,11	1597,98	39,73	46,89	0,2829
72	1,28	0,15	113,65	347,83	103,39	860,34	0,177
73	1,71	0,57	62,26	275,87	45,33	425,93	0,8807
77	1,01	0,03	82,69	197,37	98,65	287,67	0,9899
82y	19,09	2,67	180,88	2701,12	9,7	8,38	0,0072
85	1,97	0,06	109,51	1523,11	62	386,86	0,0547
86y	18,03	0,36	176,79	1075,58	10,03	2,32	0,011
91y	10,76	3,33	257,14	21371,45	22,85	155,94	0,3082
95y	21,59	0,83	286,97	5424,28	14,22	12,12	0,2628
126y	2,47	1,52	78,28	3443,87	32,55	133,09	5,4109
126	2,13	0,0004	94,74	1409,36	43,8	254,79	1,1783
132y	50,47	44,99	281,6	17299,36	5,53	1,73	0,016
139y	26,61	8,61	311,59	3091,7	12,7	2,73	0,0045
140ay	2,07	0,20	79,35	1721,21	40,73	366,58	0,1825
147y	1,21	0,03	79,55	1564,04	65,96	1176,82	1,493
150y	14,46	1,24	171,1	424,29	12,07	3,12	0,6185
161ay	3,74	0,05	67,03	198,45	20,1	32,34	0,2848
161by	2,33	0,27	56,19	328,5	25,95	45,61	1,0686
161y	3,08	1,58	49,5	269,69	19,3	49,22	0,1416
184y	24,22	0,28	279,3	12819,74	11,93	16,1	0,3572
184	25,27	12,16	258,14	6426,13	10,68	9,31	.
202y	6,11	0,167	124,45	1838,08	20,05	39,42	1,4674
219y	0,57	0,03	33,27	189,51	82,75	3909,6	2,1703
230y	1,14	0,02	72,47	246,94	71,55	351,1	0
233	0,99	0,02	71,003	78,28	75,82	167,18	1,4697
240	4,87	0,34	169,96	14010,87	35,98	397,44	0
244y	4,33	0,12	131,39	265,34	31,69	4,33	.
261	17,85	0,95	212,9	367,47	12,14	2,96	0,1764
266by	3,01	1,56	94,78	8396,43	36,82	988,1	1,8988
266y	3,89	1,84	124,75	1630,83	37,53	347,96	0,3759
279	3,98	1,04	176,64	3148,03	55,63	873,91	0,9058
283a	2,56	0,08	90,77	302,62	40,61	35,59	0,3934

283	1,51	0,16	80,22	2115,42	53,79	575,65	0,7828
293by	2,75	0,2	103,61	4521,63	47,91	978,97	0,4418
300ay	1,53	0,09	106,97	4334,34	69,25	2412,9	1,2921
301	1,7	0,23	49,89	324,84	35,55	104,97	1,8558
313	4,82	0,08	124,29	1922,42	26,83	85,16	0
315	0,78	0,01	58,31	1080,8	81,88	2868,32	0,1865
316	0,66	0,09	52,7	2248,12	82,77	1588,9	1,5821
317	0,93	0,17	50,44	88,58	70,81	1710,16	0
330by	1,62	0,18	61,37	118,04	38,84	17,3	1,2832
333	3,24	0,1	16,2	2,17	5,2	0,39	0
336ay	2,06	0,25	73,35	184,98	49,87	314,48	1,0113
336by	3,41	0,12	138,22	2510,96	72,93	1113,81	0,1461
336cy	4,08	0,62	126,75	2552,72	33,97	133,08	0,8042
336y	2,67	0,09	98,82	6986,2	38,48	930,54	0,2966
337y	3,41	0,27	149,78	1989,44	47,26	105,99	0,3483
351	7,45	0,75	206,81	2620,73	28,34	24,34	0,0014
357	1,56	0,014	132,83	526,1	97,72	299,02	3,6449
360	4,68	0,85	125,77	1187,98	31,69	32,71	1,372
436	4,24	0,69	129,97	3661,78	36,22	127,61	1,1923
598	3,84	4,39	119,78	3123,22	36,49	80,93	0,2562
615	0,49	0,005	34,42	63,87	91,46	123,84	1,5933
620	8,64	4,97	225,2	7962,92	28,34	55,96	0
707	23,3	51,77	202,3	9584,5	8,63	8,97	0,0033
957	1,03	0,01	57,94	163,45	59,27	45,58	2,7694
958	16,63	28,13	172,7	2765,99	44,24	1551,59	.
968	5,22	1,11	42,76	28,82	8,72	4,56	0,0056
970	0,29	0,08	13,57	22	53,94	670,79	0,8018
971	0,2	0,01	23,64	213,4	129,3	5323,57	.
973	0,53	0,08	33,21	411,77	85,3	2782,73	1,5807
974	0,49	0,06	20,26	99,55	51,17	247,27	1,4063
975	0,53	0,09	50,82	184,39	121,01	598,2	2,0663
977	0,82	0,07	36,59	0,93	45,27	32,75	.
980	0,26	0,01	28,9	432,71	109,71	5563,07	0,1487
981	0,69	0,01	27,65	70,25	50,39	290,79	0,234
987	0,42	0,04	16,89	30,81	55,21	886,58	0,5781
988	0,24	0,09	7,77	2,67	37,31	158,91	1,3171
989	0,51	0,01	23,14	163,11	64,74	1235,63	1,1074
994	0,18	0,03	25,71	4,97	156,13	3225,44	.
997	0,91	0,01	67,59	1323,44	85,57	899,38	3,0488
10mc	5,6	0,53	139,43	3116,4	27,31	159,76	0
11mc	7,66	1,16	168,64	5793,13	25,86	215,23	0,044
14mc	7,36	1,71	164,23	1094,23	24,64	20,06	0,0036
15mc	5,63	0,17	188,38	11300,82	34,5	361,63	0,0017
17mc	7,01	0,06	173,87	2011,56	27,03	41,5	0
19mc	6,09	0,43	157,42	8726,32	30,31	482,13	0
20mc	7,15	0,02	159,74	4769,61	26,01	64,68	0
2mc	7,36	0,29	186,31	2061,01	29,98	151,44	0
3mc	6,54	1,67	138,17	4568,53	22,28	112,68	0
4mc	6,71	1,92	194,73	2113,98	30,68	40,55	0,0051
6mc	6,49	0,82	161,94	1440,17	30,78	2,34	0
7mc	6,13	0,62	159,9	1018,13	29,89	7,5	0
9mc	8,47	6,48	210,77	5813,37	28,03	66,49	0