

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRONOMOS



CARACTERIZACION DE ACCESIONES DE MELON (*Cucumis melo* L.) CON ENFASIS EN LA EVALUACION DE SU RESISTENCIA A *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, AGENTE CAUSAL DE LA FUSARIOSIS VASCULAR.

TESIS DOCTORAL

0198
DAVID CRUZ CHOQUE
Ingeniero Agrónomo M.Sc.


MADRID 1996

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRONOMOS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA VEGETAL

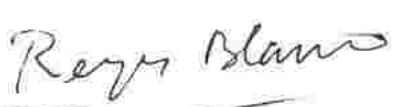
CARACTERIZACION DE ACCESIONES DE MELON (*Cucumis melo* L.) CON ENFASIS EN LA EVALUACION DE SU RESISTENCIA A *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, AGENTE CAUSAL DE LA FUSARIOSIS VASCULAR.



DOCTORANDO:
DAVID CRUZ CHOQUE
Ingeniero Agrónomo M.Sc.



DIRECTOR:
RAFAEL PONZ ASCASO
Dr. INGENIERO AGRONOMO
SUBDIRECTOR GENERAL
COORDINACION Y PROGRAMAS
I.N.I.A.- M.A.P.A.



DIRECTORA:
REYES BLANCO PRIETO
Dra. EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
BECARIA, SERVICIO DE
CONSERVACION GENETICA
C.R.F.- I.N.I.A.- M.A.P.A.

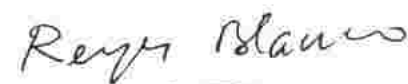
D. Rafael Ponz Ascaso, Subdirector General de Coordinación y Programas del Instituto Nacional de Investigaciones y Tecnología Agraria Alimentaria y Dña. Reyes Blanco Prieto, Becaria del Centro de Recursos Fitogenéticos, I.N.I.A.

CERTIFICAN

Que la Tesis Doctoral "CARACTERIZACION DE ACCESIONES DE MELON (*Cucumis melo* L.) CON ENFASIS EN LA EVALUACION DE SU RESISTENCIA A *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, AGENTE CAUSAL DE LA FUSARIOSIS VASCULAR", presentada por el Ingeniero Agrónomo M.Sc. David Cruz Choque, ha sido realizada bajo su dirección en el Centro de Recursos Fitogenéticos de Alcalá de Henares y en el Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero del M.A.P.A., Madrid; y para que así conste, emiten el presente certificado en Madrid a 1 de diciembre de 1996.



RAFAEL PONZ ASCASO



REYES BLANCO PRIETO

El tribunal nombrado por el Mgfc. y Exmo. Sr. Rector de la
Universidad Politécnica de Madrid, el día 31 de -----
Enero de 199 7.

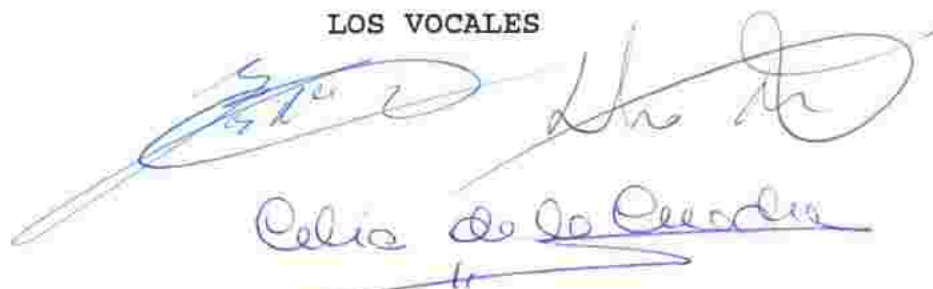
Presidente D. César Gómez Campo
Vocal D. Fernando Nuez Viñals
Vocal D. Celia de La Cuadra González
Vocal D. José María Álvarez Álvarez
Secretario D. José María Durán Altisent

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día ---
18 de Febrero de 199 7 en Madrid.
Certificación -----.

EL PRESIDENTE



LOS VOCALES



Celia de la Cuadra

EL SECRETARIO



A mi esposa Lourdes y a mis
hijos: Carlos Alberto, Claudia
Lourdes y Gabriela Jazmin.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar en este apartado, mi agradecimiento más sincero a todas las personas que de una u otra manera hicieron posible la realización de este trabajo de tesis.

Por ello, quiero agradecer al Doctor Rafael Ponz Ascaso y a la Doctora Reyes Blanco Prieto por su dirección, constante estímulo y apoyo durante la realización de la presente Tesis.

Agradezco también al Doctor Javier Tello Marquina por su inestimable colaboración y estímulo sin la cual no podría haber llevado a cabo adelante este trabajo.

Al Profesor Dr. Jesús Ortiz Marcide por su apoyo y eficaces consejos.

Al Profesor Dr. César Gómez Campo por su acogida y la ayuda prestada.

A la dirección del Departamento de Biotecnología, E.T.S.I.A. de la U.P.V. (Banco de Germoplasma) por haberme facilitado las semillas de las accesiones de melón y muy especialmente dentro de esta institución a María J. Díez y Pascual Fernández de Córdoba por el apoyo prestado al inicio de este trabajo.

A la dirección del I.N.S.P.V. por haberme facilitado las instalaciones necesarias para poder finalizar este trabajo.

Al coordinador del área de Agricultura Sostenible del I.N.I.A. por haberme facilitado las instalaciones del invernadero en la finca "La Canaleja".

A todos mis amigos del Centro de Recursos Fitogenéticos del I.N.I.A. (Celia, Federico, Charo, Paco, Agustín, José Luis, Isaura, Magdalena, Lucía, Rafael, Daniel, Angelina, Almudena, Dionisio, Vicente, Jesús, Alfonso, Pilar Parrilla, Marta, Alberto, Carlos, Pilar García, María, Blanca y Eusebio) por la ayuda que me han prestado en todo momento.

A todos mis amigos del Departamento de Biología Vegetal de la E.T.S.I.A. (U.P.M.) y muy especialmente a Santiago, Fernando, José Luis, Itziar, Silvana, Lola, Esperanza, Gladys y Almudena, por el apoyo prestado.

A todos mis amigos del laboratorio de Sanidad del I.N.S.P.V. (Carmen, Gonzalo, Francisco, Miguel, Rosa, Pilar, Javier y Manuel) por su paciencia y apoyo prestado.

Y por último, agradecer a la Agencia Española de Cooperación Internacional, Programa de "Becas Mutis", por la concesión de una Beca doctoral, permitiéndome realizar este trabajo.

INDICE

	Página
RESUMEN	
ABSTRACT	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE TABLAS	
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Clasificación taxonómica.....	4
1.2. Origen, dispersión e historia.....	4
1.3. Botánica, biología floral y polinización...	7
1.4. Usos e importancia económica.....	11
1.5. Recursos genéticos del melón.....	19
1.6. Estudios genéticos del melón.....	26
1.6.1 Caracteres cualitativos.....	26
1.6.2. Caracteres cuantitativos.....	27
CAPITULO II. OBJETIVOS.....	30
CAPITULO III. CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA.....	32
3.1. Introducción.....	33
3.2. Material y métodos.....	37
3.2.1. Material de estudio.....	37
3.2.2. Localización del campo experimental..	37
3.2.3. Relación de actividades agrícolas....	40
3.2.4. Parcela experimental y diseño estadístico.....	43
3.2.5. Parámetros estudiados.....	45
3.2.6. Análisis estadístico de los resultados	55
3.2.6.1 Análisis multivariante.....	55
3.2.6.2 Análisis univariante.....	58

3.3. Resultados.....	60
3.3.1. Variación para caracteres cualitativos	60
3.3.2. Variación para caracteres cuantitativos	71
3.3.2.1. Análisis multivariante.....	71
3.3.2.2. Análisis univariante.....	79
3.4. Discusión.....	87
3.4.1. Variación para caracteres cualitativos	87
3.4.2. Variación para caracteres cuantitativos	91
3.4.2.1. Análisis multivariante	91
3.4.2.2. Análisis univariante	94
 CAPITULO IV. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FUSARIOSIS VASCULAR DE MELÓN.....	 98
4.1. Introduccion.....	99
4.1.1. El agente patógeno.....	100
4.1.2. Razas fisiológicas.....	102
4.1.3. Importancia y distribución del patógeno.....	103
4.1.4. Síntomas.....	104
4.1.5. Condiciones ambientales para el desarrollo de la micosis.....	108
4.1.6. Métodos de control de la enfermedad..	109
4.1.7. Resistencia varietal a la Fusariosis vascular.....	110
4.1.8. Métodos de inoculación artificial....	118
4.1.9. Revisión de la metodología empleada para la evaluación de la resistencia a <i>Fom</i>	121
4.2. Material y métodos.....	123
4.2.1. Material criptogámico.....	123
4.2.2. Material vegetal.....	123
4.2.3. Sustrato y condiciones de cultivo....	124
4.2.4. Métodos de inoculación artificial....	126

4.2.4.1	Método de riego al sustrato con fuente de inóculo.....	128
4.2.4.2	Método de inmersión de la raíz	128
4.2.5.	Metodología de evaluación de la resistencia/susceptibilidad.....	129
4.2.6.	Comprobación de la instalación de <i>Fom</i> en el sistema vascular de las plantas de melón.....	131
4.2.7.	Diseño experimental.....	132
4.2.8.	Inventario fúngico de las semillas de melón.....	133
4.3.	Resultados.....	135
4.3.1.	Síntomas.....	135
4.3.2.	Accesiones portadoras de genes de resistencia.....	143
4.3.3.	Clases de resistencia (horizontal)...	149
4.3.4.	Inventario fúngico de las semillas de melón.....	156
4.4.	Discusión.....	159
4.4.1.	Síntomas.....	159
4.4.2.	Accesiones portadoras de genes de resistencia.....	167
4.4.3.	Clases de resistencia (horizontal)...	170
4.4.4.	Inventario fúngico de las semillas de melón.....	173
CAPITULO V.	DISCUSIÓN GENERAL.....	175
CAPITULO VI.	CONCLUSIONES.....	184
6.1.	Caracterización morfométrica.....	185
6.2.	Evaluación de la resistencia a la Fusariosis vascular.....	186
6.4.	Otras conclusiones al margen.....	188
CAPITULO VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	189
CAPITULO VIII.	ANEJOS.....	201

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
No. 1.	Centros primarios de diversificación de los géneros <i>Cucumis</i> y <i>Citrullus</i>	6
No. 2.	Centros secundarios de diversificación para las especies más importantes de las Cucurbitáceas...	6
No. 3.	Cortes transversales del tallo y de la raíz del melón.....	8
No. 4.	Esquema de una parcela elemental (Plot), utilizada durante la caracterización morfométrica de las accesiones de melón.....	44
No. 5.	Distribución de las 30 accesiones (OTUs) sobre la parcela experimental.....	45
No. 6.	Parcela experimental de caracterización morfométrica, mostrando las plantas de melón en estado de desarrollo vegetativo.....	46
No. 7.	Fotografía de frutos mostrando parte de la diversidad genética del material vegetal caracterizado.....	46
No. 8.	Dendrograma para los caracteres cualitativos de melón, usando el método UPGMA (Coeficiente de correlación cofenética $r = 0.83$).....	62
No. 9.	Fotografías de frutos maduros de melón (externo e interno), las más frecuentes dentro de las accesiones caracterizadas.....	65
No. 10.	Variabilidad de frutos, observada dentro la accesión BG 4130.....	69
No. 11.	Proyección de las OTUs en el espacio definido por las tres primeras componentes principales, según dos perspectivas: A y B.....	72
No. 12.	Representación de las OTUs en el plano definido por las componentes principales 1-2 (ejes $x = 1$ e $y = 2$) y 1-3 (ejes $x = 1$ e $y = 3$).....	73
No. 13.	Representación de los caracteres cuantitativos en el espacio definido por las componentes principales 1-2 (ejes $x = 1$ e $y = 2$) y 1-3 (ejes $x = 1$ e $y = 3$), Técnica "R".....	76

No. 14.1	Cámara climatizada, de evaluación de la resistencia a <i>Fom</i>	127
No. 14.2	Invernadero, de evaluación de la resistencia a <i>Fom</i>	127
No. 15.	Disposición de las semillas (inventario fúngico)	127
No. 16.	Ejemplo de uno de los reaislamientos del patógeno sobre PDA.....	127
No. 17.	Sintomatología de la enfermedad, inducida por las 4 razas fisiológicas del patógeno: <i>Fom</i> 0 (A), <i>Fom</i> 1 (B), <i>Fom</i> 2 (C), y <i>Fom</i> 1-2.....	136
No. 18.	Evolución de los síntomas (%), en accesiones que mostraron los primeros síntomas de la enfermedad cuando fueron inoculadas con los 4 patotipos de <i>Fom</i> por el método de riego al sustrato y posteriormente mantenidas en invernadero.....	161
No. 19.	Evolución de la mortalidad de plantas (%), en accesiones que mostraron las primeras plantas muertas, cuando fueron inoculadas con los 4 patotipos de <i>Fom</i> por el método de riego al sustrato y posteriormente mantenidas en invernadero...	161
No. 20.	Evolución de los síntomas (%), en accesiones que mostraron los primeros síntomas de la enfermedad, cuando fueron inoculadas con los 4 patotipos de <i>Fom</i> por el método de riego al sustrato y posteriormente mantenidas en cámara climatizada.....	162
No. 21.	Evolución de la mortalidad de plantas (%), en accesiones que mostraron las primeras plantas muertas, cuando fueron inoculadas con los 4 patotipos de <i>Fom</i> por el método de riego al sustrato y posteriormente mantenidas en cámara climatizada.....	162
No. 22.	Evolución de los síntomas (%), en accesiones que mostraron los primeros síntomas de la enfermedad, cuando fueron inoculadas con los 4 patotipos de <i>Fom</i> por el método de inmersión de las raíces y posteriormente mantenidas en cámara climatizada.	163
No. 23.	Evolución de la mortalidad de plantas (%), en accesiones que mostraron las primeras plantas muertas, cuando fueron inoculadas con los 4 patotipos de <i>Fom</i> por el método de inmersión de las raíces y posteriormente mantenidas en cámara climatizada.....	163
No. 24.	Crecimientos diametrales (cm) de las 4 razas fisiológicas de <i>Fom</i> sobre PDA, a la temperatura ambiente del laboratorio (20 - 25 °C).....	164

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
No. 1.	Composición nutritiva de diferentes variedades de melón, por 100 gramos de parte comestible.... 13
No. 2.	Evolución de la superficie, producción y rendimiento a nivel mundial..... 14
No. 3.	Area cultivada y producción del cultivo de melón en España..... 15
No. 4.	Area cultivada y producción del cultivo de melón por provincias en 1995..... 15
No. 5.	Serie histórica de la superficie y producción por tipos de melón cultivados en España..... 17
No. 6.	Características comerciales del melón según mercados de destino..... 18
No. 7.	Listado de las accesiones de melón utilizados en la caracterización morfométrica y pruebas de resistencia a <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>melonis</i> 39
No. 8.	Caracteres cualitativos externos del melón, utilizando la moda como medida de tendencia central..... 63
No. 9.1	Porcentaje de variabilidad de los caracteres cuantitativos, recogida por las diez primeras componentes principales (Eigen valores)..... 74
No. 9.2	Coeficientes de correlación entre los caracteres cuantitativos observados y componentes principales (Eigen vectores)..... 75
No. 9.3	Valores medios de los descriptores de tipo cuantitativo, obtenido de la caracterización morfométrica..... 77
No. 10.	Relaciones entre los componentes de varianza: cuadrados medios para poblaciones de plantas dentro de las accesiones (VARIACION DENTRO) y entre las accesiones (VARIACION ENTRE)..... 79
No. 11.	Matriz de correlación entre caracteres cuantitativos de accesiones de melón..... 84

No. 12.	Nomenclaturas actuales y antiguas de las razas fisiológicas de <i>F. oxysporum f. sp. melonis</i> en función de los genes de resistencia.....	102
No. 13.	Relación hospedante - parásito correspondiente al esquema "gen a gen" dentro los casos de la Fusariosis vascular del melón.....	113
No. 14.	Tipos de resistencia genética de las plantas a las enfermedades.....	114
No. 15.	Características genéticas de las resistencias introducidas en el melón.....	117
No. 16.	Relación de escalas utilizadas para evaluar los grados de resistencia o susceptibilidad de las accesiones al <i>Fom</i>	122
No. 17.	Porcentaje de plantas muertas y/o enfermas a los 10, 20, 25 y 30 días de la inoculación por el método de riego al sustrato con la fuente de inóculo; observaciones realizadas en la cámara de cultivo climatizada del I.N.S.P.V. en dos períodos (6 accesiones en la primera y 13 accesiones en la segunda).....	140
No. 18.	Porcentaje de plantas muertas y/o enfermas después de la inoculación por el método: Riego al sustrato con la fuente de inóculo; realizado en invernadero (Finca "La Canaleja", INIA).....	142
No. 19.	Accesiones seleccionadas preliminarmente como portadoras de genes de resistencia empleando el método de inoculación por riego al sustrato con cada una de las razas fisiológicas de <i>Fom</i>	144
No. 20.	Porcentaje de plantas muertas y/o con síntomas visibles de la enfermedad, a los 10, 20, 25 y 30 días después de la inoculación por el método de inmersión de las raíces; realizado en la cámara de cultivo climatizada del I.N.S.P.V.....	145
No. 21.	Resultados de los reaislamientos de <i>Fom</i> sobre PDA, provenientes de plantas de melón a los 30 días de su inoculación por el método de inmersión de las raíces en la fuente de inóculo (muestras analizadas: rodajas de tallos).....	147
No. 22.	Accesiones seleccionadas como portadoras de genes de resistencia utilizando el método de inoculación por inmersión de las raíces en el inóculo, previa comparación de sus resultados con los respectivos reaislamientos del patógeno.....	148
No. 23.	Análisis de varianza del nivel de resistencia de las accesiones utilizando el método de riego al sustrato con la fuente de inóculo para cada una de las razas fisiológicas del patógeno.	150

No. 24.	Comportamiento de las 4 razas fisiológicas del patógeno (expresando sus resultados de acuerdo al nivel de resistencia presentado por las accesiones) y su respectivo Análisis de Varianza....	150
No. 25.	Agrupación de accesiones según su nivel resistencia al patotipo <i>Fom 0</i> , a los 30 días después de la inoculación, utilizando la prueba de comparación múltiple de Duncan.....	152
No. 26.	Agrupación de accesiones según su nivel resistencia al patotipo <i>Fom 1</i> , a los 30 días después de la inoculación, utilizando la prueba de comparación múltiple de Duncan.....	153
No. 27.	Agrupación de accesiones según su nivel resistencia al patotipo <i>Fom 2</i> , a los 30 días después de la inoculación, utilizando la prueba de comparación múltiple de Duncan.....	154
No. 28.	Agrupación de accesiones según su nivel resistencia al patotipo <i>Fom 1-2</i> , a los 30 días después de la inoculación, utilizando la prueba de comparación múltiple de Duncan.....	155
No. 29.	Relación de hongos aislados sobre PDA a partir de semillas de melón; resultados expresados en porcentaje de semillas contaminadas con el hongo sobre el total de semillas analizadas (100 sem./accesión).....	157
No. 30.	Relación de especies de <i>Fusarium</i> aislados a partir de semillas de melón, sobre un medio selectivo para los mismos (Komada); resultados expresados en porcentaje de semillas contaminadas sobre el total analizado (100 semillas/accesión).	158

INDICE DE ANEJOS

Tabla	Página
No. 1.	Características químicas del suelo donde fue establecido la parcela experimental, para la caracterización morfométrica (Análisis efectuado en el I.N.I.A., 1996)..... 203
No. 2.	Codificación y expresión numérica de los caracteres cualitativos, presentados en la Tabla No. 8; utilizados durante la caracterización morfométrica de las accesiones de melón..... 204
No. 2.1	Descripción del código de la tabla de colores R.H.S. Colour Chart..... 205
No. 3.	Abreviaturas de los descriptores cuantitativos, utilizados durante la caracterización morfométrica de accesiones de melón..... 206
No. 4.	Datos climatológicos del invernadero de experiencias, finca "La Canaleja" - I.N.I.A. desde la inoculación artificial con <i>Fom</i> hasta las lectura de últimos resultados (45 días)..... 207
No. 5.	Variedades de melón, resistentes a diferentes razas fisiológicas de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i> (FUENTE: Blancard et al., 1991)..... 209
Figura	Página
No. 1.	Variación mensual de la temperatura máxima, mínima y media, registrada el año en que se llevo a cabo la caracterización morfométrica (1995) y su comparación con la media de 13 años (1957 a 1970)..... 212
No. 2.	Variación mensual de la precipitación pluvial, registrada el año en que se llevo a cabo la caracterización morfométrica (1995) y su comparación con la media de 13 años (1957 a 1970).... 212
Otros	Página
1.	Preparación del medio de cultivo: Agar de patata glucosado (PDA)..... 213
2.	Preparación del medio de cultivo específico para <i>Fusarium</i> (Komada, 1975)..... 213

RESUMEN

En Península Ibérica como segundo centro de diversidad del melón (*Cucumis melo* L.) existe una gran cantidad de germoplasma "autóctono"; para poder utilizar estos recursos fitogenéticos con máxima eficacia, es necesario identificar sus características y potencialidades; en este sentido en la presente Tesis se ha caracterizado y evaluado parte de la colección española de dicha especie, como fase previa para el desarrollo de un programa de mejora, que implica el conocimiento del material vegetal para las características directas o indirectamente relacionadas con los objetivos de la mejora.

Inicialmente se han caracterizado morfométricamente 30 accesiones, en función de 18 caracteres cualitativos y 20 cuantitativos, tomando como base los descriptores elaborados por el IPGRI. El cultivo se efectuó en el C.R.F. de Alcalá de Henares, al aire libre y bajo riego. Los resultados establecen una amplia variabilidad genética para la mayoría de los caracteres estudiados y en el caso de los caracteres cuantitativos la variabilidad de las poblaciones de plantas es mucho mayor entre accesiones que dentro de las accesiones. Algunos pares de este tipo de caracteres mostraron correlaciones altas entre sí. Con referencia a los caracteres cualitativos, la técnica de análisis multivariante de componentes principales ha permitido formular una agrupación de las accesiones afines. Por otro lado, cuatro de ellas han presentado comparativamente los mejores caracteres comercialmente interesantes para el mercado español y dos accesiones para el mercado de exportación.

Durante la segunda parte de la tesis, se evaluaron las mismas accesiones para su resistencia a los patotipos 0, 1, 2 y 1-2 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* causantes de la Fusariosis vascular del melón. Preliminarmente todas las accesiones fueron evaluadas mediante el método de riego al sustrato donde crecen las plantas con una solución de inóculo (1×10^4 propágulos/ml), en el estado fenológico de la primera hoja verdadera bien formada y mantenidas sobre vermiculita en una cámara climatizada y en invernadero no climatizado. Para confirmar los resultados de este primer método, las accesiones seleccionadas fueron nuevamente inoculadas mediante un segundo método (inmersión de las raíces durante 1 hora en una solución de inóculo) en el estado fenológico de los dos cotiledones completamente extendidos (10 días) y luego mantenidas en cámara climatizada; a los 30 días se evaluaron los resultados y se efectuaron los reaislamientos del patógeno en PDA de las plantas sobrevivientes. Adicionalmente se realizó un inventario fúngico de las semillas de melón.

Se ha seleccionado un 26% de accesiones como portadoras de genes de resistencia a uno o más patotipos de *Fom*, aplicando el criterio de una respuesta del hospedante de todo o nada; la mayoría de estas accesiones (75%) han mostrado resistencia al patotipo *Fom* 0 y en menor proporción a *Fom* 2 y *Fom* 1. De los resultados de la clasificación secuencial obtenida mediante el empleo de un método de inoculación menos enérgico, se ha encontrado para los cuatro patotipos de *Fom*, toda la gradación de la resistencia al patógeno, que puso de manifiesto la existencia de genes de tolerancia. El patotipo *Fom* 1-2 ha mostrado poseer mayor agresividad que los demás patotipos de *Fom*; este patotipo ha inducido síntomas tanto de amarilleos (yellow) como de marchitamientos (wilt). La sintomatología inducida por los demás patotipos ha sido casi semejante a la descrita por otros investigadores. Entre las variantes se encuentran las estrías necróticas del tallo, la no existencia de una relación clara entre la severidad de los síntomas externos de la enfermedad y los síntomas vasculares del tallo. A través del inventario fúngico de las semillas de melón, no se ha detectado la presencia del patógeno *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*.

ABSTRACT

In the Iberian Peninsula, as secondary centre of diversity for melon (*Cucumis melo* L.) there is a great quantity of germplasm; for an efficient use of these genetic resources is necessary to know their characteristics and potentialities. In the present work a part of spanish melon collection has been characterized and evaluated. That is a previous stage for developing a breeding program and imply a knowlege of the plant material.

Thirty accessions were morphometricly characterized by 18 qualitative and 20 quantitative agronomic characters (IPGRI descriptors were used). The experimental field was established at C.R.F. (Alcalá de Henares), in the open air and under irrigation. Results showed a large genetic variability for mostly of the studied characters. In the case of quantitative characters interpopulation variability was greater than intrapopulation one. High correlations between some of these characters were calculated. The accessions were grouped according to their qualitative similarities by means of multivariate comparison of principal components. In the other hand, 4 accessions presented the best commercial characters for spanish market and 2 for exportation.

In the second part of this work, the same accessions have been tested for resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (*Fom*) causal agent of Fusarium wilt in melon races 0, 1, 2 and 1,2 trough two inoculation methods. In the first method, all genotypes were inoculated with each race fungus suspension of about 1×10^4 propagules/ml. The inoculum was poured on the sterilized vermiculite substrate at first true leaf stage. Plant pots were then placed in a green house and growth chamber. Accessions with less of 25% dead or diseased plants were selected to inoculated by a second method. In this second method seedlings grown for 10 days in sterile vermiculite were removed and their roots dipped into the same inoculum suspension for 1 hour. Then the seedlings were transferred to vermiculite substrate and placed in a growth chamber. Final assessments of symptom severity were made after 30 days of inoculation. In addition, reisolutions of the pathogen were attempted by culturing disc of stem taken from survival plants. A fungi inventory on seed melon was carried out.

Twenty six percentaje of accessions were selected as having resistance genes to one or more races. Most of these accessions (75%) showed resistance to *Fom* 0 and in lower proportion to *Fom* 1 and 2. By using the less heavy inoculation methods all of ranges for resistance to the pathogen were found revealing tolerance genes. The race *Fom* 1,2 appeared to be most aggressive; it induced yellow and wilt symptoms on plants. The presented symptomatologie was near similar as described by others researchers. The necrotic streaks of the steam and the not enough clear relationship between vascular and external symptoms in surviving plants were some of differences. Through fungi inventory on melon seeds the presence of *Fom* was not detected.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

De las Cucurbitáceas, el melón (*Cucumis melo* L.) ha tenido un lugar siempre destacado entre las plantas hortícolas producidas en España y en el mundo, por sus frutos, que son consumidos principalmente en fresco; en efecto en los últimos años las superficies medias dedicadas al cultivo se han mantenido próximas a las 50.000 ha, aunque en las últimas campañas esta ha descendido; esto coloca al melón entre las principales hortalizas españolas, en cuanto a superficie ocupada se refiere.

De cara a la exportación los melones españoles encuentran muy buena salida en los mercados comunitarios y especialmente en el Británico, Holanda, Alemania y Francia. El conjunto de exportaciones del año 1993 fue de 204,1 millones de kilos, generando ingresos por valor de 16.830 millones de pesetas (Rev. Hortofruticultura, 1995).

Dentro de la especie *Cucumis melo* L. existen diferentes subespecies y numerosos cultivares, difíciles de agrupar puesto que se hibridan frecuentemente y sus nombres varían según el país o región (León, 1987). Debido a que España es un centro secundario de diversidad genética de esta especie, los recursos fitogenéticos son relativamente grandes.

Las variedades españolas van quedándose retrasadas frente a la oferta de otros países más agresivos, comercialmente hablando, tanto por sus precios y regularidad del mercado, como por ofrecer continuamente nuevas variedades e híbridos cada vez más ajustados al mercado, sin olvidar su resistencia genética a las principales enfermedades fúngicas y víricas.

La Fusariosis vascular del melón es una de las principales enfermedades que afectan a los cultivares de melón y es causante de importantes daños económicos en España (González-Torres et al., 1988), Francia (Blancard et al., 1991) y a nivel mundial (Louvét, 1986 y Sherf & MacNab, 1986).

Para poder utilizar los recursos fitogenéticos con máxima eficacia, es necesario identificar sus características o potencialidades como primer paso para un programa de mejora genética; Esquinas-Alcázar (1981) considera que cuanto más completa sea la caracterización y evaluación de una población vegetal, será de más utilidad para el fitomejorador, esta puede abarcar desde características morfológicas, bioquímicas, fisiológicas, resistencia a enfermedades y plagas, etc.

Actualmente en España, se vienen realizando trabajos de caracterización y evaluación varietal del germoplasma de melón como fase previa para el desarrollo de un programa de mejora, que implica el conocimiento del material vegetal para las características directa o indirectamente relacionadas con los objetivos de mejora. Entre los principales centros se encuentran la E.T.S.I.A. de la Universidad Politécnica de Valencia; Estación Experimental "La Mayora" de Málaga y en el C.R.F. - I.N.I.A. de Alcalá de Henares. Por otro lado el Servicio de Investigación Agraria de la D.G.A. (Zaragoza), viene evaluando una serie de genotipos autóctonos de melón para resistencia a diversas razas fisiológicas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*.

La Fusariosis vascular, causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, es una de las principales enfermedades que afectan a los cultivos de melón en España; la determinación de variedades que presenten resistencia a esta enfermedad es decir que presenten genes de resistencia es la etapa inicial para emprender un programa de mejora genética de la especie (Zink y Gubler, 1986; Risser y Pitrat, 1987; Zink y Gubler, 1987a; Zink y Gubler, 1987b; Thomas y More, 1990; y Pitrat et al., 1996).

Desde hace varios años, la resistencia varietal se viene empleando como uno de los principales métodos de control de la enfermedad; según Blancard et al. (1991), Messiaen et al. (1995) y Pitrat et al. (1996) entre otros, actualmente es la solución más eficaz frente a las otras formas de control (desinfección del suelo, rotación de cultivos, injertos y demás métodos culturales).

1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El melón pertenece a la familia Cucurbitaceae dentro de la cual están comprendidas 118 géneros y aproximadamente 825 especies (Lira, 1995), muchas de estas especies son de gran importancia económica como la sandía (*Citrullus lanatus* Thunb. Mansf.), el pepino (*Cucumis sativus* L.), el calabacín (*Cucurbita pepo* L.), las calabazas (*Cucurbita* spp.), todas las cuales incluyendo el melón están distribuidas en todo el mundo. La clasificación taxonómica del melón es la siguiente:

Clase : Dicotyledonae
Subclase: Metaclamídea
Orden : Cucurbitales
Familia : Cucurbitaceae
Tribu : Cucumerinae
Género : *Cucumis*
Especie : *Cucumis melo* L.

La especie *Cucumis melo* L. es comunmente conocida con el nombre de melón y en el lenguaje Anglosajon como "melon" (Munger y Robinson, 1991) y no como "muskmelon" empleado por algunos investigadores. Dentro de esta especie existen diferentes subespecies y numerosos cultivares, difíciles de agrupar puesto que se hibridan frecuentemente (León, 1987). La clasificación varietal más aceptada es la formulada por Naudin (1859; Cit. Whitaker y Davis, 1962), que establece 10 variedades botánicas; este número posteriormente fue reducido a 7 por Whitaker y Davis (1962).

1.2. ORIGEN, DISPERSION E HISTORIA

Existen dos diferentes criterios en cuanto a los probables centros de origen del melón, el primero lo sitúa en Africa inter tropical y el segundo al oeste del continente asiático. Según Esquinas-Alcázar y Gulick (1983) la primera hipótesis es la más probable, puesto que todas las especies silvestres de melón con

$n = 12$ como número básico cromosómico son africanas, mientras que todas las formas cultivadas son diploides y tienen el número cromosómico $2n = 24$. En el segundo probable centro de origen (India, Afganistán, Turquía e Irán), las formas salvajes parecen ser formas asilvestradas derivadas, por escape, de cultivares locales (Whitaker y Davis, 1962).

El primer centro de máxima diversidad genética para la especie *Cucumis melo* L. está situado en el centro y sudeste de Asia, principalmente en Turquía, Siria, Irán, Afganistán, Norte y Centro de India, Turkmenistán, Tadjikistan y Uzbekistan; el segundo centro de diversidad en China, Korea y la Península Ibérica (Figuras No. 1 y No. 2).

Parece ser que los egipcios ya conocían este cultivo unos veinticuatro siglos antes de Cristo, aunque no se ha podido establecer la existencia de plantas silvestres en esta región (Zapata et al., 1989). Probablemente el cultivo de melón fue introducido en Europa bajo el imperio Romano; desapareciendo como cultivo durante la primera fase de la edad media con excepción de España, siendo reintroducido por los árabes (Maroto, 1989; Zapata et al., 1989). De Italia fue introducido a Francia durante el siglo XV, con ocasión de las guerras de Italia; en Francia durante el siglo XVI se cultivaban melones azucarados en la región de Narbona extendiéndose posteriormente a la región norte; es importante destacar la introducción y cultivo del melón tipo "Cantalupo" en este país en el siglo XVII, proveniente posiblemente de Armenia, donde era conocido como melón Canta Lupi.

Durante el siglo XVII se desarrollan las principales formas carnosas que actualmente se conocen y la especie se extiende por todo el mundo; fue llevado a América en uno de los viajes de Cristóbal Colón (Maroto, 1989).

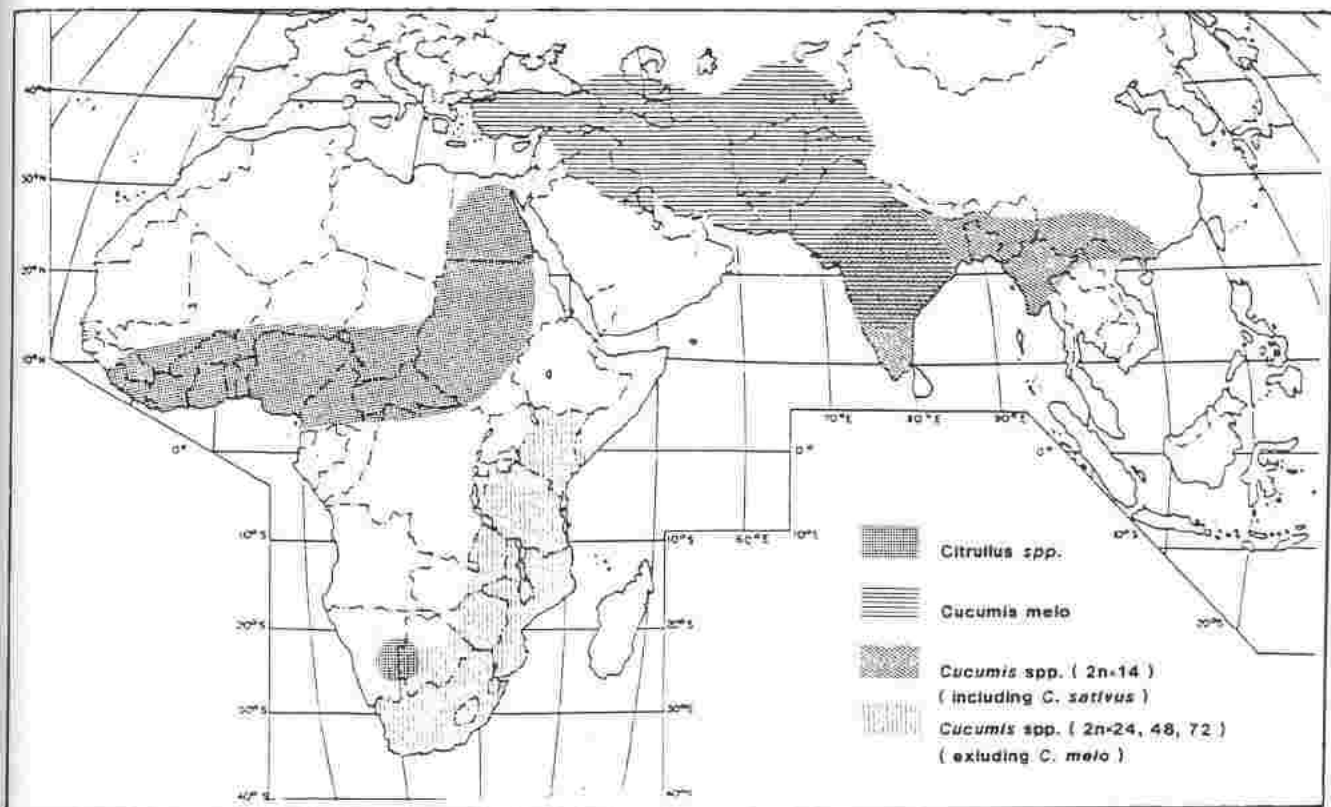


FIGURA No. 1. Centros primarios de diversificación de los géneros *Cucumis* y *Citrullus* (Esquinas-Alcazar y Gulick, 1983).

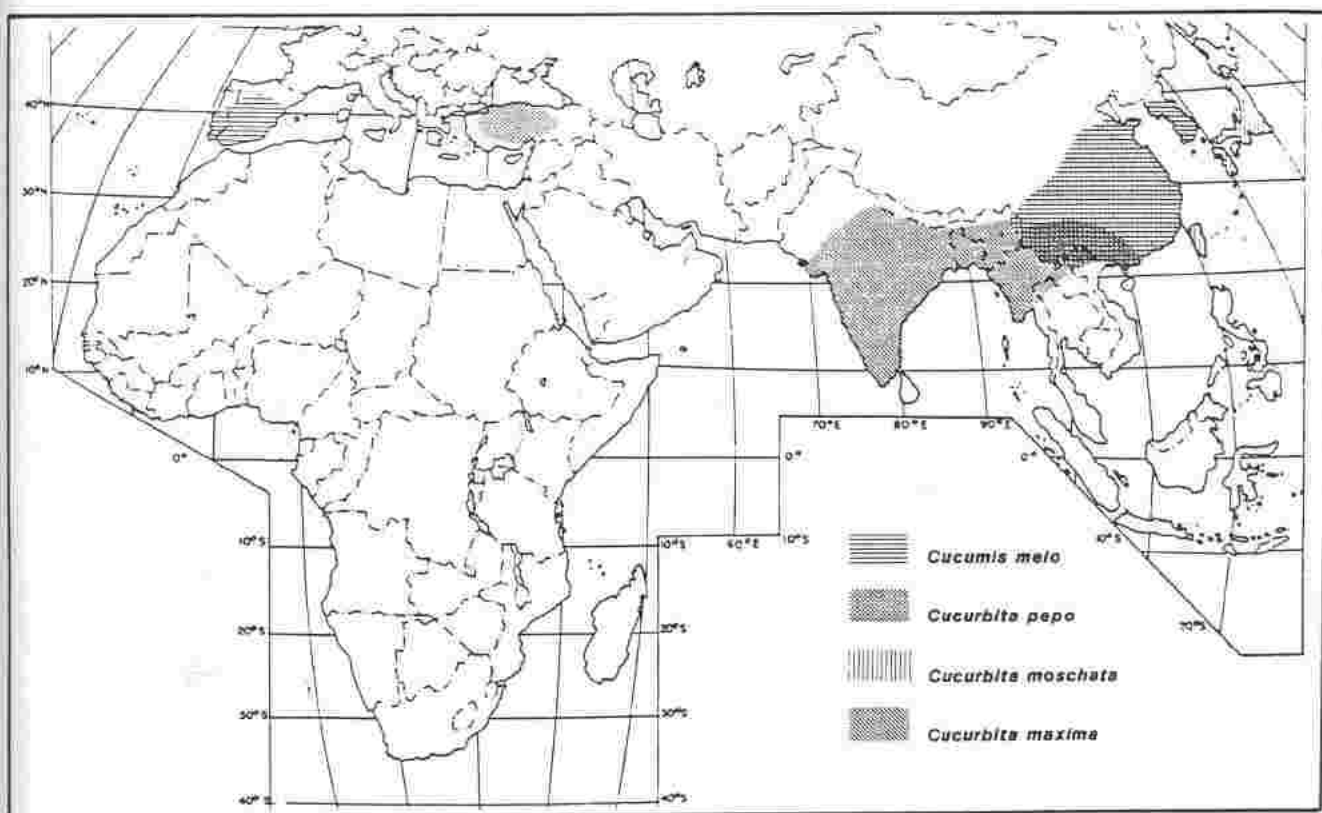


FIGURA No. 2. Centros secundarios de diversificación para las especies más importantes de las Cucurbitáceas (Esquinas-Alcazar y Gulick, 1983).

A principios de la década de los cincuenta, el melón era un cultivo de lujo en gran parte de Europa, excepción hecha para España, con una superficie muy reducida y una comercialización muy localizada. A mediados de los cincuenta y principios de los sesenta, el cultivo experimenta un lento aunque continuo incremento que lo hace cada día más popular y conocido de un amplio grupo de consumidores (Zapata et al., 1989). En este mismo período el área cultivada en España también experimenta un incremento de aproximadamente 30.000 ha hasta situarse entorno a las 60.000 ha durante los últimos años, aunque en las últimas cuatro campañas esta superficie ha descendido.

1.3. BOTÁNICA, BIOLOGÍA FLORAL Y POLINIZACIÓN

Las Cucurbitáceas en general se distinguen, entre otras características, por su hábito rastrero o trepador, la presencia de zarcillos, flores unisexuales, con unos cuantos casos de bisexualidad, y por presentar una gran diversidad estructural en el androceo y el ovario infero en las flores femeninas del cual se pueden desarrollar las más diversas e interesantes formas de frutos (Lira, 1995).

Las plantas de melón son herbáceas, anuales, rastreras o trepadoras; tienen un sistema radicular muy abundante y ramificado, de crecimiento rápido, encontrándose la mayoría de ellas entre los primeros 30 - 40 cm del suelo; algunas raíces pueden alcanzar una profundidad de 1.20 m (Maroto, 1989). En general las plantas tiene un sistema radicular poco potente y anatómicamente es interesante resaltar que las células del endoderma diferencian tardíamente los recubrimientos suberificados en sus paredes (El Mahjoub, 1985), (Figura No. 3).

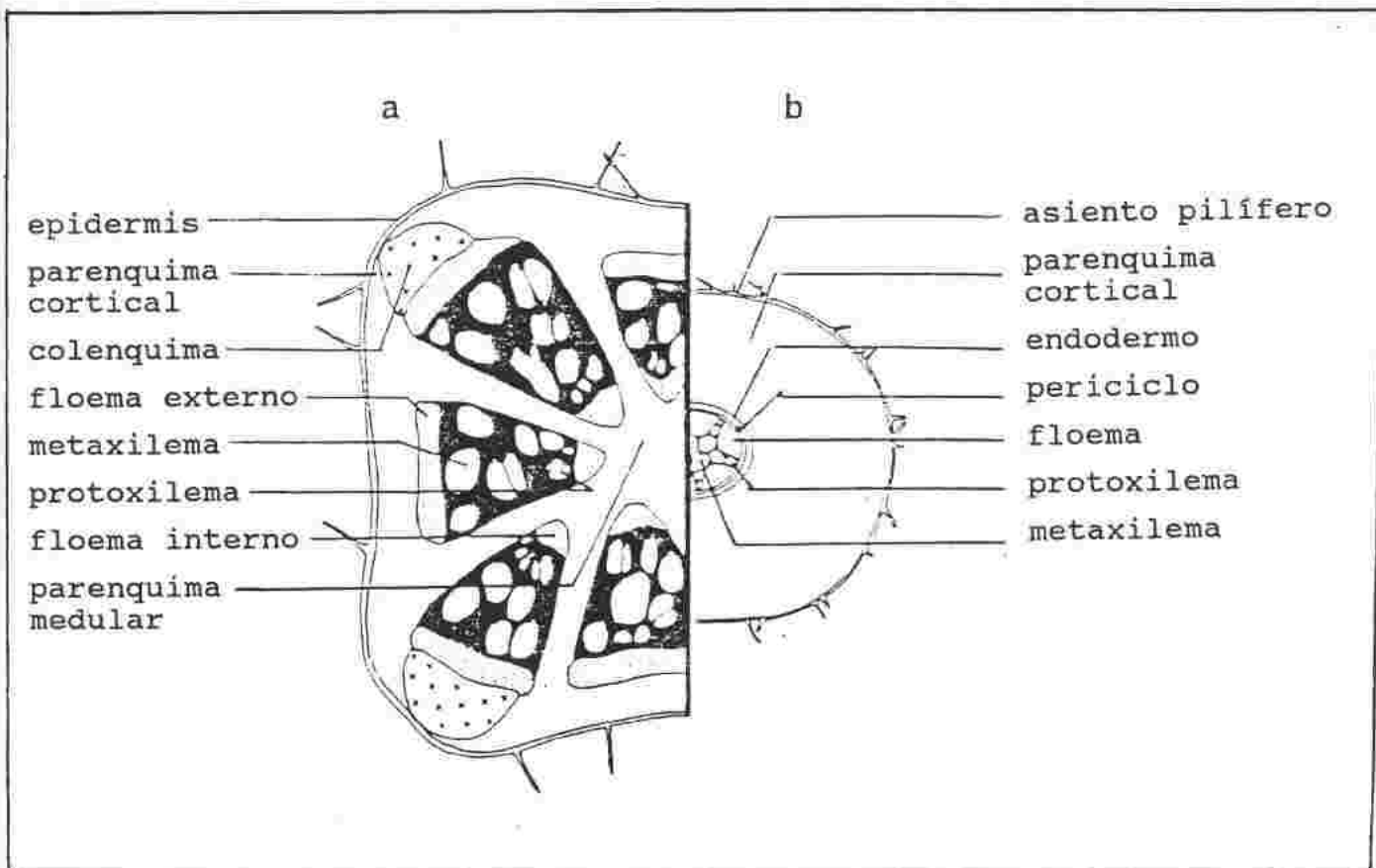


FIGURA No. 3. Cortes transversales del tallo (a) y de la raíz (b) del melón (El Mahjoub, 1985).

Sus tallos son herbáceos, hispídos, asurcados, de hasta 1.5 m (Sánchez-Monje, 1991), recubiertos de formaciones pilosas y suelen ser rastreros o trepadores, este último debido a la presencia de zarcillos; internamente el tallo es acanalado y está provisto de un colénquima subepidérmico (Figura No. 3). Los haces cribo - vasculares son de tamaño desigual y poseen un líber interno; asimismo, los vasos leñosos del metaxilema son de gran diámetro (El Mahjoub, 1985).

Las hojas son alternas, simples, recubiertas de pelos, y con bordes, desde ligeramente dentados hasta fuertemente dentados. El tamaño y forma del limbo se presenta también variable: desde 4-16 x 4-20 cm y forma circular, oval, reniforme, y pentagonales o lobuladas, el lobulado puede ser débil, medio y fuerte; el número de lóbulos varía de 3-7 (Sánchez-Monje, 1991). Los pecioloos son hispido pilosos de 2.5-11 cm.

La morfología floral del melón ha sido relativamente poco estudiada (Abadía et al., 1984c); por su sexo pueden ser flores masculinas, femeninas y hermafroditas; de acuerdo con la presencia o ausencia de estas flores, las plantas de melón pueden ser monoicas, andromonoicas y ginomonoicas; pero la mayor parte de las variedades cultivadas, tal el caso del tipo "Charentais", son andromonoicas, presentando flores masculinas y hermafroditas sobre la misma planta (Blancard et al., 1991; Esquinas-Alcázar y Gulick, 1983; Frankel y Galun, 1977). Las plantas de melón no presentan problemas de capacidad de producir semilla después de la autopolinización o de la polinización cruzada dentro la especie; son plantas autocompatibles (Esquinas-Alcázar y Gulick, 1983; Frankel y Galun, 1977).

Las flores masculinas aparecen antes que las femeninas y/o hermafroditas sobre los entrenudos más bajos, formando grupos o fascículos axilares de hasta 8 flores; éstas presentan pedicelos de 0.3-2.5 cm, con pedúnculos de 0.5-2 cm, cáliz con el tubo de 3-6 mm y los 5 lóbulos lanceolados a filiformes y de 1-6 mm, pétalos 5-22 x 2-14 mm unidos en su tercio inferior (Sánchez-Monje, 1991); tanto las flores masculinas como las hermafroditas llevan tres estambres. Las flores femeninas generalmente solitarias y axilares se presentan en las ramificaciones de la segunda o tercera generación; sus pedicelos varían de 0.2-5 cm, cáliz con tubo de 2.5-5 mm y 5 lóbulos ovado-lanceolados de 1.6 mm, con pétalos de 4-20 x 2-12 mm; en estas flores los pétalos y sépalos se encuentran por encima del ovario, que a su vez presenta 3-5 placentas plurióvuladas y los estigmas bilobulados.

Normalmente las plantas producen un número mayor de flores masculinas que de femeninas o hermafroditas y la proporción varía de acuerdo con las condiciones climáticas (temperatura y luz) y el estado hormonal de la planta; las temperaturas altas, los días largos y las giberelinas tienen un efecto masculinizante en la expresión del sexo, mientras que las temperaturas bajas, los días cortos y las auxinas son feminizantes (Maroto, 1989; Frankel y Galun, 1977). Entre otros productos químicos feminizantes pueden citarse: etefón AIB (ácido indol-butírico), Daminocida y Ethrel (ácido 2-cloroetilfosfónico).

Sobre el mismo aspecto, Blancard *et al.* (1991) y Risser *et al.* (1979), señalan que las aplicaciones con giberelinas (ácido giberélico) y nitrato de plata hacen aparecer flores masculinas, al contrario la aplicación de ethrel suprime la floración masculina, lo cual ayuda en la mejora genética, puesto que ahorra el trabajo de realizar la castración manual para la obtención de híbridos del melón.

Las pulverizaciones con urea, a la dosis de 1.5% sobre plantas con 2 a 6 hojas verdaderas, así como la fertilización química con dosis altas de nitrógeno, incrementan la proporción de flores hermafroditas sobre las masculinas (Folquer, 1974; Cit. Maroto, 1989); aplicaciones con aminoetoxi-vinil-glicina también aumentan la cantidad de flores hermafroditas (Loy *et al.*, 1979).

Según Besnier (1989), el melón puede ser agrupado dentro las especies "alautógamas" donde las flores son polinizadas y fecundadas indistintamente por el polen de la misma flor, de la misma planta o de otras plantas y ello de forma habitual para el conjunto de la especie; dentro las especies alautógamas es clasificada como "preferentemente alógama" donde la fecundación cruzada suele ser como mínimo del 75%. La polinización cruzada natural o espontánea en el melón, puede variar de 0 hasta el 100% (Frankel y Galun, 1977); el que se produzca uno u otro tipo de polinización depende del genotipo, de la actividad de los agentes vectores, factores ambientales, densidad de siembra, etc.

La polinización es principalmente entomófila, donde los agentes polinizadores habituales son las abejas y abejorros (F.A.O., 1978). Después de la polinización, la fecundación se produce pasado las 24 horas, periodo de tiempo que necesita el tubo polínico para llegar al ovario (Zapata et al., 1989). Una vez fecundado éste, se engruesa y forma el fruto que recibe el nombre botánico de pepónide; el fruto alcanza su madurez en condiciones favorables a los 45 días.

El fruto es carnoso, constituido por mesocarpo, endocarpo y tejido placentario, recubiertos por una corteza o epicarpo, soldado al mesocarpo; en un principio es pubescente y lampiño en la madurez (Sánchez-Monje, 1991). El fruto es muy polimorfo y su color y tamaño son variables, dependiendo principalmente de la variedad; pueden tener la forma: globular, aplanada, oval, elíptica, alargada, forma de pera y forma de bellota; su color predominante puede ser verde, blanco, amarillo, crema, naranja, etc; externamente presenta diferencias en cuanto al reticulado, escriturado y rugosidad de la piel; en algunas variedades la superficie puede ser acostillada. La coloración de la pulpa también es variable: blanca, amarilla, crema, asalmonada, etc.

Las semillas ocupan la cavidad central del fruto, y pueden ser elípticas, aplastadas y apuntadas de 5-8 x 2.5-4 x 1-1.5 mm (Sánchez-Monje, 1991). Su coloración es blanca o amarilla y el número de semillas por fruto varía entre 200 a 600 semillas; un gramo puede contener entre 22 y 50 semillas (Maroto, 1989).

1.4. USOS E IMPORTANCIA ECONÓMICA

De las Cucurbitáceas, el melón es una de las especies más cultivadas en España y en el mundo, principalmente por sus frutos que son consumidos principalmente en fresco y en menor cantidad se emplean para la elaboración de dulces, congelados, conservas y encurtidos. Según los últimos datos disponibles por el M.A.P.A. (Estadísticas de noviembre, 1995) el 96% del melón producido en España se consume en fruto fresco y 4% en otras formas.

En fresco es consumido cuando los frutos alcanzan su madurez, pero también puede ser consumido en otros estados de desarrollo del fruto, por ejemplo en el Norte de Africa es consumido inmaduro y crudo, en ensalada se confunde con el pepino (Blancard *et al.*, 1991), en el Extremo Oriente, el fruto es recogido muy joven y preparado en vinagre como los pepinillos; también puede ser recogido inmaduro y cocinado en sopas o gratinados. En determinados países asiáticos se consumen sus semillas y de ellas puede extraerse un aceite apto para el consumo humano (Maroto, 1989).

Pocos grupos vegetales como las Cucurbitáceas pueden considerarse tan importantes desde el punto de vista nutricional, cultural y en algunos casos económico; varias especies cultivadas y numerosas especies silvestres pertenecientes a géneros de algunas de las subfamilias y tribus de las Cucurbitáceas han representado parte fundamental de la dieta y otros aspectos de la vida humana en todo el mundo (Lira, 1995). La pulpa de los frutos de melón, contiene vitaminas y minerales en su composición nutritiva, especialmente vitamina A, 42 U.I. y vitamina C, 19 - 45 mg (Esquinas-Alcázar y Gulick, 1983); en la Tabla No. 1, se muestra la composición química en sustancias nutritivas de 100 g de pulpa dispuesta para consumo, de diferentes variedades de melón (Watt *et al.*, 1975, Cit. Maroto, 1989).

Este cultivo está ampliamente extendido en los trópicos, subtrópicos del mundo y en determinadas zonas de la región templada que tengan un verano relativamente cálido. Según el anuario estadístico de la F.A.O. (1994), la superficie total mundial dedicada al cultivo durante el año 1994 fue de 803.000 ha con una producción de 13.894.000 toneladas; destaca en primer lugar, el continente asiático, con 448.000 hectáreas, que representa el 56%, seguido de Europa, con 150.000 ha que equivale al 19% (como se puede observar en la Tabla No. 2.). La superficie cultivada en el mundo va en aumento, de una media de 594.000 ha entre 1979 y 1981 hasta situarse entorno a las 800.000 ha en los últimos años.



TABLA No. 1. Composición nutritiva de diferentes variedades de melón, por 100 gramos de parte comestible (Fuente: Watt et al., 1975, Cit. Maroto, 1989).

Composición	Tipo "Casaba"	"Honey Dew"	Otros melones ("Cantalupos", etc.)
Agua	91.5 %	90.6 %	91.2 %
Proteínas	1.2 g	0.8 g	0.7 g
Grasas	-	0.3 g	0.1 g
Hidr. carbono total	6.5 g	7.7 g	7.5 g
Fibra	0.5 g	0.6 g	0.3 g
Cenizas	0.8 g	0.6 g	0.5 g
Calcio	14.0 mg	14.0 mg	14.0 mg
Fósforo	16.0 mg	16.0 mg	16.0 mg
Hierro	0.4 mg	0.4 mg	0.4 mg
Sodio	12.0 mg	12.0 mg	12.0 mg
Potasio	251.0 mg	251.0 mg	251.0 mg
Vitamina A	30.0 UI	40.0 UI	34.0 UI
Tiamina	0.04 mg	0.04 mg	0.04 mg
Riboflavina	0.03 mg	0.03 mg	0.03 mg
Niacina	0.6 mg	0.6 mg	0.6 mg
Vitamina C	13.0 mg	23.0 mg	33.0 mg
Valor energético	27.0 cal.	33.0 cal.	30.0 cal.

Aunque la mayor parte del área cultivada se realiza al aire libre, en el norte de Europa se ha cultivado (como cultivo protegido) en invernaderos, últimamente este sistema de cultivo se ha extendido hasta la zona mediterránea donde ha llegado a ser un importante cultivo de exportación.

En cuanto a países, destaca la República de China, que el año 1994 dedicó 133.000 ha al cultivo de melón, que representa el 17% de la superficie total mundial; el segundo y tercer país con más área cultivada, fueron Turquía e Irán, con 100.000 ha y 86.000 ha respectivamente. En Europa, España destaca con una superficie de 50.000 ha, que representa el 33% del total europeo y el 6% mundial, seguida de Francia e Italia.

TABLA No. 2. Evolución de la superficie, producción y rendimiento a nivel mundial (Fuente: F.A.O., 1994).

PAÍSES	AÑOS 1979 - 1981			AÑO 1992			AÑO 1993			AÑO 1994		
	AREA PROD. RDTO.			AREA PROD. RDTO.			AREA PROD. RDTO.			AREA PROD. RDTO.		
	miles ha	miles t	kg/ha	miles ha	miles t	kg/ha	miles ha	miles t	kg/ha	miles ha	miles t	kg/ha
China	89	1528	17120	131	3274	25089	133	3384	25511	133	3540	26617
España	68	781	11438	56	865	15383	51	853	16887	50	916	18249
Egipto	17	359	21101	21	401	19095	25	492	20082	24	450	18750
Marruecos	14	160	11433	26	313	11997	19	230	12105	20	415	20759
México	25	329	13405	43	496	11578	58	787	13569	50	650	13000
U.S.A.	43	727	16777	44	822	18557	44	865	19749	42	859	20538
Argentina	6	65	11527	6	69	11311	6	70	11382	6	70	11290
Brasil	5	17	3071	10	45	4639	10	45	4592	10	45	4592
Chile	6	117	18000	5	65	14400	3	48	14400	5	77	14400
Paraguay	6	23	3862	4	14	4000	4	14	4000	4	14	4000
Irán	42	475	11182	80	1100	13750	85	1155	13588	86	1185	13779
Irak	19	166	8736	22	230	10455	23	240	10435	21	220	10476
Japón	14	302	21124	18	397	22441	17	369	21353	18	410	22404
Pakistán	14	161	11722	24	306	12844	25	320	13061	25	330	13200
Turquía	75	1567	20783	110	1620	14722	101	1650	16305	100	1700	17000
Francia	15	205	13211	19	299	15436	18	305	16476	18	326	17732
Italia	13	308	23044	20	402	20436	19	416	21556	17	331	19543
Rumania	13	140	10797	47	623	13395	44	601	13545	50	660	13200
Otros												
Asia	322	5006	15522	447	7796	17459	447	8009	17926	448	8304	18548
Europa	123	1597	12948	155	2411	15543	147	2381	16181	150	2240	16253
N+C América	77	1122	14567	108	1544	14269	125	1927	15380	116	1793	15451
Otros	72	923		93	1198		87	1184		89	1557	
TOTALES	594	8648	14554	803	12949	16120	806	13501	16759	803	13894	17307

Respecto a los rendimientos medios en 1994, destaca a nivel de continentes Asia, con un promedio de 18.548 kg/ha, seguido de el continente europeo y Norte y Centro América con 16.253 kg/ha y 15.451 kg/ha respectivamente. A nivel de países los rendimientos vienen condicionados por el sistema de cultivo empleado, siendo mayores cuando se realiza con riego y bajo invernadero. Destacan los rendimientos obtenidos por Dinamarca en 1979-81 con 71.378 kg/ha, y Holanda con 45.860 kg/ha; entre otros países europeos se puede citar a Italia y España, con 19.543 kg/ha y 18.249 kg/ha respectivamente. En el continente asiático se destaca el rendimiento de la República Popular China con 26.617 kg/ha.

TABLA No. 3. Area cultivada y producción del cultivo de melón en España (Fuente: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 1993).

AÑOS	AREA CULTIVADA (ha)	PRODUCCION (t)	RENDIMIENTO PROMEDIO (qm/ha)
1985	63.800	845.700	133
1986	66.900	951.500	142
1987	66.600	908.600	136
1988	73.400	903.100	123
1989	68.000	916.200	135
1990	61.500	947.200	154
1991	60.500	915.500	151
1992	56.200	864.900	154
1993	50.500	852.800	169
1994 *	50.200	916.100	170
1995 **	44.093	816.700	

* Datos estadísticos provisionales (MAPA, 1995).

** Estimación del MAPA al mes de noviembre de 1995.

TABLA No. 4. Area cultivada y producción del cultivo de melón por provincias en 1995 (Fuente: Revista Hortofruticultura, 1996).

PROVINCIAS	AREA CULTIVADA (ha)	PRODUCCION (t)
Cataluña	1.310	21.400
Baleares	1.381	17.800
Madrid	1.500	3.800
Cast. La Mancha	14.165	201.700
C. Valenciana	2.000	28.400
Murcia	5.754	148.500
Extremadura	3.900	35.200
Andalucía	12.900	344.100
Otras regiones	1.183	15.800
Total	44.093	816.700

En los últimos años las superficies medias dedicadas al cultivo en España se han mantenido próximas a las 50.000 ha, aunque en la última campaña esta superficie ha descendido, como se muestra en el siguiente cuadro; de esta manera de las 56.200 ha cubiertas en la campaña de 1992, se fue bajando hasta 50.500 ha en 1993, 50.170 ha en 1994 y 44.093 ha en la campaña de 1995. Durante los últimos tres años la producción total de melón en

España oscila entorno a las 862.000 t, con ligeras variaciones de unos años a otros en función de las condiciones climatológicas y de la superficie dedicada al cultivo. Por otra parte, los rendimientos obtenidos son variables, de acuerdo con el sistema de producción empleado. El año 1994, en secano fue de 5.494 kg/ha; con irrigación y bajo invernadero 30.162 kg/ha y con riego y al aire libre 19.123 kg/ha (M.A.P.A., 1995: Boletín estadístico de noviembre).

Por provincias, destaca la producción de Andalucía, que el año 1995 obtuvo 344.100 t; que representaba el 42% de la producción total española; la segunda y tercera regiones con más producción fueron Castilla La Mancha y Murcia (Tabla No. 4). Respecto al área dedicada al cultivo la primera posición es ocupada por Castilla La Mancha con 14.165 ha, seguida de Andalucía y Murcia.

Como primer país europeo productor y consumidor de melón es razonable pensar en la dominancia actual de los tipos de consumo nacional: "Piel de sapo", "Rochet" y "Tendral", aunque este último en un claro decrecimiento sobre los tipos llamados de exportación "Galia", "Amarillo Canario" y "Charentais". En la Tabla No. 5, se muestra la serie histórica de la distribución tanto de la superficie cultivada como de la producción obtenida, por variedades o clases en España.

TABLA No. 5. Serie histórica de la superficie y producción por tipos de melón cultivados en España (Fuente: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 1993).

AÑOS	DE PIEL LISA		TENDRAL		CANTALUPO		OTROS MELONES	
	AREA	PRODUCCION	AREA	PRODUCCION	AREA	PRODUCCION	AREA	PRODUCCION
	miles ha	miles t	miles ha	miles t	miles ha	miles t	miles ha	miles t
1985	17.6	290.5	14.0	171.3	3.1	47.3	29.1	336.6
1986	18.8	342.5	14.0	180.8	3.2	54.7	30.9	373.4
1987	17.7	313.1	13.2	168.0	3.2	51.0	32.4	376.3
1988	18.6	265.8	12.5	151.7	4.0	61.1	38.3	424.6
1989	16.1	261.1	12.3	162.9	4.7	86.2	34.9	405.9
1990	14.1	252.7	9.7	124.2	5.0	113.3	32.6	457.1
1991	12.9	226.0	9.4	123.1	5.5	113.1	32.7	453.4
1992	11.6	195.1	8.6	110.1	5.4	112.1	30.5	447.6
1993	10.1	180.5	7.1	96.2	4.6	114.8	28.7	461.4
1994 *	10.7	189.7	6.3	89.0	4.8	132.9	23.3	465.6

* Boletín estadístico de Noviembre, 1995 (M.A.P.A.).

Los tipos de consumo nacional basan hoy en día su comercialización de cara al consumo interno; frutos de un relativo alto peso son demandados por este mercado que aprecia tanto este carácter de tamaño como las características organolépticas de sabor y textura; son melones de alto contenido en azúcar y textura crujiente, con una buena capacidad de conservación (Rev. Hortofruticultura, 1992). Frutos de 2.5 kg a 3 kg de peso medio, y algunos con 4 ó 5 kg, si es posible, satisfacen las necesidades del consumidor español (Tabla No. 6).

De cara a la exportación los melones españoles encuentran muy buena salida en los mercados comunitarios de Europa y especialmente en el Británico, que en 1993 absorbió 66,8 millones de kilos, por un valor de 4.725 millones de pesetas, siendo el mejor cliente de España; el mismo año, el conjunto de exportaciones fue de 204,1 millones de kilos, generando ingresos por valor de 16.830 millones de pesetas (Rev. Hortofruticultura, 1995).

TABLA No. 6. Características comerciales del melón según mercados de destino (Fuente: Revista Hortofruticultura, 1992).

CARACTERÍSTICAS	MERCADO NACIONAL	MERCADO EXPORTACIÓN
Tamaño	- De medio a grandes (2 - 3 kg).	- De medio a pequeño, dependiendo del tipo (0.5 - 1 kg).
Forma	- Preferentemente: alargadas, aunque formas redondeadas pueden ser aceptadas.	- Preferentemente redondeadas o semielípticas.
Color externo	- Predominio del color verde más ó menos oscuro, y algunos tipos ligeramente dorados en la madurez.	- Diferentes colores pueden ser aceptados, pudiendo ser interesante el poder distinguir la maduración por este carácter.
Color interno	- Principalmente, blanco o blanco - crema.	- A priori diversos colores podrían ser aceptados.
Textura y sabor	- Claro predominio de carne crujiente; en un menor porcentaje la carne semiblanda. Carne con un alto nivel de azúcar.	- Cualquier textura puede ser aceptada; texturas blanda o semiblanda debe acompañarse de un alto nivel de azúcar.
Rayado de la piel	- Al menos ligeramente rayado.	- Exento o completamente rayado. Un escrutinado medio puede no resultar tan atractivo.

Dentro de los melones de tipo de exportación, el tipo "Amarillo Canario" es el más tradicional en el mercado de exportación, que representó "el sol de España" en Centroeuropa, ofrecía un atractivo aspecto comercial, con un tamaño apropiado para su oferta a un precio relativamente alto por pieza (1 - 1.5 kg), y unas características de conservación y resistencia al transporte que le permitían alcanzar su destino en las mejores condiciones (Rev. Hortofruticultura, 1992). El melón tipo "Charentais" se envía principalmente al mercado Francés, por su producción temprana, además de alcanzar elevadas cotizaciones en estas fechas. El tipo "Galia" pese a su menor capacidad de conservación, ofrece características interesantes, como su tamaño medio de alrededor de 1 kg, forma redondeada y amarilla, con un alto nivel de azúcar, una fácil distinción de su maduración tan sólo por su aspecto externo y una carne que deja de ser crujiente y pasa a ser semiblanda.

Los precios alcanzados por este fruto y percibidos por los agricultores durante los diez últimos años, oscilaron entre 26.15 pts/kg a 47.84 pts/kg, siendo el promedio de 39 pts/kg (MAPA, 1993). Las mejores cotizaciones se consiguen con las

producciones más precoces y más tardías, ya que en ambos casos la oferta es más escasa. De acuerdo con la Revista Hortofruticultura (1995), en el mes de abril aparecen los melones de "Primor" canarios, que aunque son de tamaño pequeño y producidos bajo plástico, tienen buena acogida; ya a finales de mayo y principios de junio llegan las variedades "Cantalupo" y "Charentais", que son de tamaño similar que el anterior, aunque la pulpa resulta más compacta, el color más anaranjado y el aroma más intenso. Hacia mediados de junio hacen su aparición el "melón de verano" o "Reticulado" y los "Piel de sapo" y el "Honey Dew" o "Amarillo liso", estas variedades alargan su presencia en el mercado hasta septiembre; finalmente cierra el calendario el tipo "Tendral" o "Elche", que es el más tardío y el que presenta una corteza gruesa, resistente y profundamente surcada.

1.5. RECURSOS GENÉTICOS DEL MELÓN

Los recursos fitogenéticos son el germoplasma natural de plantas que contienen la materia prima o genes que controlan caracteres de valor actual o potencial y que debidamente combinados mediante técnicas de mejora genética, originan mejores variedades de plantas.

Un adecuado manejo de los recursos fitogenéticos del melón, permiten dar una rápida respuesta a los nuevos problemas que se presentan en el cultivo: mejor calidad, tolerancia o resistencia a nuevas enfermedades, plagas, condiciones ambientales adversas, cambios en los gustos del mercado, etc. (Fernández de Córdoba et al., 1993).

Dentro de la especie *Cucumis melo* L. existen diferentes subespecies y numerosos cultivares; la gran diversidad de tipos de melón que existen a nivel mundial, constituyen una considerable fuente de recursos fitogenéticos. Esquinas-Alcazar y Gulick (1983) indican que los principales centros de conservación de recursos genéticos de melón en el mundo se encuentran en el V.I.R. (Leningrado), con 3776 accesiones;

N.S.S.L. (Colorado, U.S.A.), con 1042; S.R.P.I.S. (Georgia, U.S.A.), con 2099; I.I.H.R. (India), con 430 y el I.V.T. (Wageningen, Holanda), con 325 accesiones.

Actualmente, el Banco de Germoplasma de la Universidad Politécnica de Valencia, es el mayor centro de recursos genéticos de melón en España, es el Banco de colección activa de la especie y cuenta con 984 accesiones, la mayoría recolectadas en España, aunque hay también 152 accesiones procedentes de otras regiones del mundo, pero principalmente de América Latina y de ciertas zonas del Mediterráneo (Iglesias et al., 1994); por otro lado, el segundo mayor centro es el Banco de Germoplasma del C.R.F. - I.N.I.A. que es el Banco base de la especie y cuenta con 739 accesiones (Cuadra y Varela, 1996). Los materiales recolectados reflejan en muchos casos las preferencias de un tipo varietal determinado en un área en particular.

A nivel mundial, los primeros trabajos de clasificación de los melones, fue realizado por el botánico Naudin en 1859 (Cit. Whitaker y Davis, 1962), quien clasificó 10 variedades botánicas a las que posteriormente Smith y Welch (1964) las denominaron "grupos". Las principales características presentadas por estas variedades o grupos de melón son las siguientes:

- Variedad *cantalupensis* Naud., que agrupa variedades comerciales con frutos globosos o deprimidos, con la piel verrugosa, listada o acostillada. A este grupo entre otros pertenecen los cultivares conocidos como melones "Cantalupos", "Charentais", "Doublon", "Vedantris", "Cavaillon", "Ogen", "Top Mark", "Haogen", etc.
- Variedad *reticulatus* Naud., comprende aquellas variedades de frutos de tamaño medio, con la superficie o corteza reticulada o "escrita". A este grupo botánico pertenecen los tipos cultivados en Estados Unidos, conocidos como "Muskmelons"; entre otras variedades pueden citarse: "Villaconejos", "Grande alargado", "Verde reticulado", etc.

- Variedad *inodorus* Naud., conocidos también como "melones de invierno" o "Casaba"; a este grupo pertenecen los cultivares adaptados a climas secos y cálidos, con la piel lisa o estriada, de madurez tardía y con una buena aptitud a la conservación. Entre las variedades más representativas se puede citar: "Honey Dew", "Oliva de invierno", "Melón de invierno de Provenza", "Golden Beauty", "Valenciano amarillo", etc.

- Variedad *saccharinus* Naud., que incluye aquellos cultivares con características intermedias entre las indicadas para las variedades botánicas *reticulatus* e *inodorus*, con frutos de tamaño medio, lisos, reticulados o moteado, de una coloración intensamente verdosa, que posteriormente vira hacia un tono anaranjado, de corteza gruesa, carne delicada y aromática; a este grupo pertenecen los cultivares: "Pinyonet" o "Piel de sapo", "Francesset", "Tendral verde semitemprano", "Amarillo oro temprano", "Amarillo oro tardío", "Tendral negro tardío", "Ananas de América", etc.

- Variedad *Flexuosus* Naud., agrupa cultivares de frutos muy alargados (hasta 1 m), serpentiformes y que suelen consumirse en ensaladas, pueden citarse, por ejemplo los cultivares "Alficós" y "Melón serpiente".

- Variedad *chito* Naud., que incluye cultivares con escaso desarrollo vegetativo, hojas pequeñas, frutos lisos de tamaño similar a una naranja y de sabor ácido; se utilizan para conservas y encurtidos bajo diversas denominaciones, como "Melón naranja", "Melón manzana", "Mango melón", etc.

- Variedad *dudaim* Naud., que agrupa cultivares con tallos poco desarrollados, frutos del tamaño de media naranja, aplastados, con una piel jaspeada de color oscuro, sobre un fondo amarillento. Aunque no son comestibles, poseen un olor muy fragante y son cultivados como plantas ornamentales y olorosas.

- Variedad *conomon* Makino, en la que se incluyen cultivares de frutos pequeños, de piel lisa y sabor a pepino. Generalmente se emplean en encurtidos; son muy apreciados en Japón.
- Variedad *acidulus* Naud., sus características son parecidas a la anterior agrupación.
- Variedad *agrestis* Naud., engloba líneas de plantas con frutos incomedibles, de pequeño tamaño; reciben el nombre genérico de "melones salvajes".

Debido a la existencia de formas intermedias surgidas de la hibridación entre los grupos, y a la existencia de algunos melones cultivados en Asia, que no se encuadran dentro de las 10 variedades botánicas formuladas por Naudin, Whitaker y Davis (1962, Cit. Munger y Robinson, 1991), reducen a 7 los grupos varietales; se fusionan la Variedades *Cantalupensis* Naud. y *Reticulatus* Naud., que toman el nombre del primero, al considerar que *Reticulatus* Naud. sólo difiere del primero en el reticulado de la corteza; de la misma manera, fusionan las variedades *Chito* Naud. con *Dudaim* y *Acidulus* Naud. con *Conomon* Makino, asimismo crean un nuevo grupo al que denominan *Momordica*, en el cual incluyen los melones asiáticos que no encuadraban dentro de los 10 grupos de Naudin. Los siete grupos varietales de melón quedaron establecidos de la siguiente forma: *C. melo agrestis* Naud., *C. melo cantalupensis* Naud., *C. melo inodorus* Naud., *C. melo flexuosus* Naud., *C. melo conomon* Mak., *C. melo chito* Naud. junto a *C. melo dudaim* Naud., y finalmente *C. melo momordica*.

La mayor parte del germoplasma vegetal existente en España, se deriva de las variedades botánicas *reticulatus* Naud., *inodorus* Naud., *saccharinus* Naud., y *cantalupensis* Naud (Gasco, 1978).

Debido a la gran diversidad de tipos de frutos, se han realizado numerosas clasificaciones locales en diferentes zonas del mundo; entre los más prácticos encontramos al propuesto por

Purseglove (1968; Cit. Raymond, 1989), que divide a los cultivares de melón en cuatro tipos: los melones europeos "Cantalupos", con piel gruesa, áspera y con frecuencia estriada; los "Muskmelon" cultivados en U.S.A., con frutos más pequeños que los melones "Cantalupo", con la piel finamente reticulada y con estrías ligeras; los melones "Casaba", de invierno, de frutos grandes, tardíos, de buena capacidad de almacenamiento, su piel es normalmente lisa y algunos cultivares en bandas jaspeadas; y finalmente, los tipos "orientales", con frutos alargados de forma parecida a los pepinos y usados como hortalizas.

Actualmente, existen más de trescientas variedades comerciales de melón inscritas en el Catálogo de variedades comerciales de la Unión Europea (Pardo, 1994); este investigador trató de realizar una primera aproximación de su agrupamiento, en función del color de la carne y la piel del fruto maduro, obteniendo siete tipos:

- Tipo "Español": Se distinguen básicamente por sus frutos resistentes al transporte, de forma elíptica ligeramente ovalada, tamaño grande (1.5 - 3 kg), piel de color verde medio oscuro, carne firme de color blanco con tonalidades crema. Tres son las variedades bandera en torno a la cual se agrupan las restantes: "Piel de sapo", "Rochet" y "Tendral negro".

Últimamente están irrumpiendo en el mercado variedades híbridas que externamente son idénticas a las variedades autóctonas, además de alcanzar una gran productividad, habiéndose iniciado con ellas el cultivo de híbridos de melón en toda la geografía española. Algunas características diferenciales de las variedades híbridas del tipo español son su mayor vigor, número de frutos por planta, mejor precocidad y cierta tolerancia a la fusariosis y oidio; la concentración de azúcares suele ser menor y el sabor más ligero.

- Tipo "Amarillo": Se caracteriza por la piel externa que es de color amarillo, la carne es blanca - crema, con tonalidades rosáceas de semillas grandes y el sabor es el propio del tipo español pero más ligero, en general son precoces pues fructifican relativamente bien con temperaturas "bajas" y la resistencia al transporte es aceptable. Las variedades más representativas son el "Amarillo canario", "Amarillo oro" o "Bola de oro", "Doral F1", "Amarelo", etc.; son cultivados básicamente para exportación.

- Tipo "Galia": De reciente aparición en el mercado, pues las primeras variedades cultivadas en España fueron introducidas a finales de los setenta, de origen hebreo. Se caracterizan por ser el fruto de forma esférica, tamaño mediano (0.7 a 1.3 kg), color de la piel verde claro virando a amarillo en maduración, muy escriturado, carne blanca - verdosa, muy aromática y de consistencia "blanda", fruto bastante homogéneo y resistencia al transporte aceptable. Fructifican mejor que las variedades del tipo español con temperaturas "bajas". Todas las variedades disponibles en el mercado español son híbridas; la diferencia entre ellas es mínima. Entre otras variedades se puede citar: "Galia F1", "Revigal F1", "Arava F1", "Gustal F1", etc.

- Tipo "Cantalupo": Los frutos se caracterizan por ser de forma redondeada, ligeramente achatados, la piel es lisa de color verde claro a grisáceo y dividida por acanaladuras verde oscuro; la carne es "blanda" de color anaranjado y muy aromática en madurez, aunque su consistencia y sabor se apartan del gusto español. El tamaño del fruto es mediano (0.7 a 1.2 kg), fructificando en gran cantidad y son menos sensibles a enfermedades del suelo que las variedades del tipo español.

De todos los tipos de melón, son los que peor soportan la manipulación y transporte, si bien está surgiendo híbridos que llevan incorporados genes de "larga-vida" por lo que es de prever que el cultivo en España aumentará, si bien el mercado potencial es limitado ya que es Francia prácticamente el único consumidor. Externamente la diferencia entre variedades es mínima, las más representativas son: "Cantalupo", "Charentais", "Alpha F1", "Clipper F1", "Delta F1", "Talma F1", "Agora F1", etc.

- Tipo "Supermarket": También conocido como tipo americano o italiano; los frutos son de forma redonda a elíptica, de mayor tamaño que el tipo "Cantalupo" y piel muy escriturada. Al igual que el tipo "Cantalupo" tiene las acanaladuras marcadas y la carne naranja, bastante aromática y de consistencia suave; la resistencia al transporte es buena. A nivel mundial es el tipo más cultivado, siendo Estados Unidos de Norteamérica, Méjico e Italia sus principales productores y consumidores, mientras que en España su cultivo es prácticamente inexistente. Las variedades que esporádicamente han sido cultivadas en España son: el "Supermarket F1", "Magnum 45 F1", "Super sprint F1", "Top score F1", etc.

- Tipo "Honey Dew": Agrupa variedades de piel y carne blanca, incluyendo dentro del tipo variedades tan dispares como el "Blanco de Portugal", de grandes fruto y mala conservación, o el propio "Honey Dew" de frutos pequeños y resistentes al transporte. Por lo general son variedades vigorosas, fruto redondeado ligeramente elíptico, de piel lisa con el acostillado muy poco marcado y alto índice de azúcares, aunque no siempre el sabor se corresponde con tal concentración. Existe un subgrupo de variedades dentro del tipo "Honey Dew" que presentan la carne anaranjada. Se cultiva principalmente en Estados Unidos de Norteamérica y en menor medida en Portugal y Grecia; en España esporádicamente se ha producido para exportación. A este

tipo pertenecen las variedades: "Blanco de Portugal", "Honey Dew", "Dulcinea", "Blanco de Ribatejo", etc.

- Tipo "Ananas": Se trata de variedades vigorosas con el fruto grande (2 a 3 kg), de forma elíptica alargada, piel de color anaranjado con un reticulado fino, la carne es blanca y muy aromática. Es cultivado tan sólo en el Oriente Medio, siendo desconocido su cultivo en España.

1.6. ESTUDIOS GENÉTICOS DEL MELÓN

1.6.1. CARACTERES CUALITATIVOS

El estudio de las características cualitativas del fruto de melón es muy importante en los programas de mejora del cultivo; la importancia de muchos de estos caracteres viene determinado por las preferencias del mercado al cual es destinado el producto (Gómez-Guillamón et al., 1984).

Los principales caracteres son el color de la piel del fruto, manchas de la piel, acostillado, reticulado, escriturado, rugosidad y color de la carne. El carácter color de la piel parece estar regido por un sólo gen (Parthasarathy y Sambandam, 1981) o por muy pocos, más exactamente tres (Granberry, 1975), este mismo investigador señala que el carácter se hereda según una dominancia parcial.

Otros caracteres que parecen presentar una dominancia parcial son las manchas en la piel del fruto (Gómez-Guillamón et al., 1984), el reticulado (Lippert y Hall, 1982), el acostillado (Robinson, 1979; Takada et al., 1975), estos últimos demuestran que el gen ri en homocigosis es el responsable de la superficie acanalada del fruto y es recesivo frente a su alelo Ri, determinante del fruto liso. Por otro lado, Imam et al., (1972), señala que la herencia del color de la carne está regida por un par de genes con dominancia parcial, si bien existen genes modificadores responsables de la intensidad de color.

Otros caracteres de gran interés por su relación con la calidad del fruto, son el tamaño y deformación de la cicatriz pistilar, el agrietado del fruto; la causa exacta de este último carácter es desconocida pero se sostiene la hipótesis de una anomalía fisiológica, donde la nutrición de las plantas, y especialmente el riego juegan un papel muy preponderante, plantas que han sufrido riegos irregulares, "a golpes", con períodos húmedos sucesivos a períodos de sequía, tienen la tendencia a manifestar este síntoma (Blancard *et al.*, 1991); el genotipo de la planta también es importante en la manifestación de este carácter; parece que el agrietado se expresa a través de interacción génica (Gómez-Guillamón *et al.*, 1984).

A los anteriores caracteres se puede adicionar la facilidad de abscisión de los frutos, como indicador del estado de madurez de los mismos, pudiendo permanecer mucho tiempo en la planta sin pudrirse; además este carácter implica la posibilidad de comercializar los frutos sin pedúnculo (Gómez-Guillamón *et al.*, 1984). Estudios genético al respecto demuestran, la dominancia total de fácil abscisión sobre difícil, identificándose los genes Al-1 y Al-2 como responsables de dicha herencia (Takada *et al.*, 1975; Robinson, 1979).

1.6.2. CARACTERES CUANTITATIVOS

Uno de los principales objetivos del mejoramiento de las variedades de melón es obtener un alto rendimiento de frutos; los caracteres que directamente influyen en su expresión son el peso medio del fruto, número de frutos por planta y producción total. La herencia del carácter producción aún no se encuentra bien determinada, Prosvirnin (1978), señala que la aditividad es la responsable de la herencia; por otro lado Gasanov (1975), encuentra un alto grado de heterosis para este carácter en la F₁; al respecto Abadía *et al.* (1984a), indican que la tendencia hacia heterosis para mayor producción podría ser debida a superdominancia asociativa.

El peso del fruto está altamente correlacionado con la longitud y anchura del mismo (Gómez Guillamón et al., 1983), siendo un carácter de notable importancia en relación con la calidad, por las crecientes exigencias de los diversos mercados respecto a las características externas del fruto. Se demuestra que existe una dominancia hacia mayor peso de fruto, con claro predominio de heterosis para el carácter (Kitroongruang et al., 1992; Abadía y Nuez, 1994); estos últimos investigadores manifiestan la influencia de la aditividad y de la dominancia en la estructura de la variación, aunque con una mayor importancia de la componente dominante, lo que sugiere el empleo de métodos de mejora, como los híbridos convencionales, que no sólo aprovechan la variación aditiva sino también la dominante.

A través de la relación anchura/longitud de los frutos puede determinarse la forma del mismo, que es un carácter bastante estable a las influencia del medio ambiente en que se desarrolla la planta (Abadía et al., 1984a), siendo determinado por un tipo de herencia intermedia. De igual manera la longitud del fruto es bastante estable a las influencias del ambiente; siendo determinado cierto grado de heterosis para el carácter en la F1 (Dyutin y Prosvirnin, 1977).

La anchura del fruto depende del espesor de la zona cortical, carne y cavidad central; los tres influyen grandemente en el peso del fruto, pero su mayor importancia está en que determinan el porcentaje de parte aprovechable dentro del fruto, es decir el índice de carne. Lippert y Hall (1982) señalan que en la herencia del porcentaje de carne intervienen genes de efectos aditivos y no aditivos con igual importancia.

Estudios realizados por Abadía et al. (1984a), al comparar los valores de los caracteres del fruto de los hijos con los padres, detectan efectos debidos a la dominancia hacia el parental de mayor valor para los caracteres peso del fruto, anchura del fruto e índice de corteza, donde los híbridos tienden a tener igual o más corteza que su parental con mayor índice de

corteza, mientras que la dominancia actúa en sentido contrario en el caso del índice de la cavidad central, donde los híbridos tienden a tener menor cavidad central que sus padres.

Otro carácter cuantitativo importante es el contenido en sólidos solubles medido a través del índice refractométrico, observándose discrepancias en la determinación de su modo de herencia; Gasanov (1975) observa un alto grado de heterosis en la F₁; mientras que Prosvirnin (1978) demuestra que el carácter es regido por genes de efectos aditivos; posiblemente exista una herencia intermedia para el carácter (Dyutin y Prosvirnin, 1977); esta última hipótesis es confirmada por Abadía y Nuez (1988), quienes demuestran que el modo de herencia es de dominancia parcial no direccional, demostrándose también la influencia de la aditividad y de la dominancia en la variación; también indican que se trata de un carácter bastante estable frente a las influencias ambientales.

CAPITULO II

OBJETIVOS

II. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Como ya fue mencionado anteriormente, uno de los principales puntos de estrangulamiento para el uso intensivo del material genético recolectado y conservado en los bancos de germoplasma se refiere a la poca o ninguna información descriptiva de los mismos. En este sentido dentro del presente trabajo se toma muy en cuenta la caracterización y evaluación de las accesiones.

A partir de la colección de semillas de melón existente en el Banco de germoplasma de la Universidad Politécnica de Valencia, se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

- Caracterización morfométrica de accesiones pertenecientes a la especie *Cucumis melo* L., "autóctonos" de la Península Ibérica.
- Evaluar la resistencia de las accesiones a la enfermedad fungosa vascular del melón *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Syd. et Hans. f. sp. *melonis* Leach et Currence (*Fom*).



CAPITULO III

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA

III. CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA

3.1 INTRODUCCIÓN

A nivel mundial y particularmente en España como segundo centro diversidad de la especie *Cucumis melo* L., existe una grande cantidad de germoplasma, que se encuentra concentrada en determinadas áreas de características ecológicas muy definidas; en cada una de estas áreas se ha producido un grupo de poblaciones "cultivares autóctonos de melón" muy adaptadas a sus condiciones ambientales. Esta diversidad varietal constituye un recurso fitogenético muy importante para la mejora genética de la especie; en el Banco de Germoplasma de la Universidad Politécnica de Valencia actualmente existen 984 accesiones (Iglesias et al., 1994), la mayoría de las cuales (85%) fueron recolectadas en España; de igual manera en el Banco de Germoplasma del Centro de Recursos Fitogenéticos existen 739 accesiones, de las cuales 80% son de procedencia española (Cuadra y Varela, 1996).

Según Esquinas-Alcázar (1981), la salvaguarda y utilización de los recursos fitogenéticos de manera general comprende las siguientes etapas: recolección, conservación, multiplicación, caracterización - evaluación, y documentación e intercambio. Un adecuado manejo de los recursos fitogenéticos permite dar una rápida respuesta a los nuevos problemas que se presentan en las especies cultivadas: mejor calidad, tolerancia o resistencia a nuevas enfermedades, plagas, etc.

Para poder utilizar los recursos fitogenéticos con máxima eficacia, es necesario identificar sus características y potencialidades; en este sentido la evaluación de germoplasma, como fase previa para el desarrollo de un programa de mejora, implica el conocimiento del material vegetal para las características directa o indirectamente relacionadas con los objetivos de la mejora; Esquinas-Alcázar (1981) considera que la caracterización y evaluación de una población vegetal comienza

en el momento de su recolección y cuanto más completo sea, será de más utilidad para el fitomejorador. Esta puede abarcar de uno a varios aspectos posibles: desde características morfológicas, bioquímicas, fisiológicas, reacción a enfermedades y plagas, etc., pudiendo realizarse en varias etapas.

En este contexto, la caracterización y evaluación preliminar es esencial para la utilización del material genético mantenido en los bancos de germoplasma. En España y a nivel mundial la cantidad de información de las accesiones conservadas en los bancos de germoplasma es muy reducida; Lisbôa (1994) estima que de los 2.000.000 de accesiones de diferentes especies mantenidas en bancos de germoplasma a nivel mundial, 65% están sin caracterizar y 95% sin datos de evaluación, lo que repercute en el bajo porcentaje de utilización del germoplasma. Según Giacometti (1988) el porcentaje de utilización no pasa del 4%; al respecto muchos investigadores como Frankel & Soulé (1981), Esquinas-Alcázar (1981), Holden (1984), Williams (1984), e Iglesias et al. (1994) señalan que la simple recolección y conservación del germoplasma vegetal no es suficiente, por lo tanto resulta necesario facilitar su utilización.

La caracterización consiste en el registro de características botánicas las cuales puedan ser fácilmente visualizables y que en cualquier ambiente tengan una heredabilidad relativamente alta (I.B.P.G.R., 1989), para ello es necesario que los caracteres a evaluar tengan las siguientes propiedades (Redines, 1991):

- Que no estén influidos en su expresión por las condiciones ambientales (alta heredabilidad).
- Que sean sencillos y económicos de analizar.
- Que su análisis pueda realizarse en estados tempranos de desarrollo.

- Que los resultados sean reproducibles en cualquier parte del mundo y por cualquier equipo.

En función del tipo de caracteres utilizados para los estudios, existen diferentes métodos de caracterización o identificación varietal, de las cuales la caracterización morfológica continúa siendo una de las más importantes a pesar del notable incremento de los estudios bioquímicos aplicados a la taxonomía, caracterización y filogenia. A través de la caracterización morfológica se determinan parámetros morfológicos bien sea en la planta entera o en los órganos de la misma: hojas, tallos, flores, fruto y semilla (Ortiz et al., 1991).

Se debe tener muy en cuenta que gran parte de los caracteres cuantitativos están fuertemente influenciados por el ambiente donde el cultivo se establezca, principalmente por las condiciones climáticas y edáficas (Redines, 1991); estos inconvenientes obligan a evaluar las variedades en las mismas condiciones de cultivo y es frecuente realizar complejas mediciones durante varios ciclos de cultivo para asegurar la fiabilidad de los resultados; además, algunos de los caracteres sólo se expresan en plantas adultas, circunstancia que en el caso de plantas con un largo período juvenil retrasa decisivamente los estudios. Por otro lado, la reproductibilidad y extrapolación de resultados es difícil de conseguir dada la alta determinación ambiental que actúa sobre estos caracteres.

En un intento por evitar los problemas anteriormente citados surge como alternativa la caracterización por métodos bioquímicos; sin embargo no por ello las técnicas basadas en la morfología han quedado obsoletas ni han sido desechadas (González Andrés, 1995), más bien en la actualidad hay sobradas evidencias de que ambos tipos de estudios son complementarios, y la integración de los resultados obtenidos por ambos medios contribuyen a una aproximación más exacta a la realidad.

A partir del desarrollo de modernas técnicas de taxonomía numérica formuladas por Sneath & Sokal (1973) en la publicación "The principles of numerical taxonomy", la caracterización morfológica comienza a ser mas utilizada. A través de esta técnica se pueden agrupar las Unidades Taxonómicas Operativas (OTUs) en taxones, en base al estado de sus caracteres y empleando métodos numéricos.

Dentro de la especie *Cucumis melo* L. existen diferentes subespecies y numerosos cultivares, difíciles de agrupar puesto que se hibridan frecuentemente y sus nombres varían según el país o región (León, 1987). La proporción de fecundación cruzada depende de la actividad de los insectos, principalmente de las abejas, que son los polinizadores habituales (F.A.O., 1978).

Los primeros intentos de clasificación de los melones en grupos fueron realizados por Naudin en 1859 (Cit. Whitaker y Davis, 1962) como ya se señaló en el apartado recursos genéticos de melón y de donde cabe hacer resaltar que la mayor parte del germoplasma vegetal existente en España, se agrupa dentro las variedades botánicas *reticulatus* Naud., *inodorus* Naud., *saccharinus* Naud., y *cantalupensis* Naud., (Gasco, 1978).

Los primeros trabajos de caracterización de cultivares españoles de melón se iniciaron en 1971 (Esquinas-Alcázar et al., 1978). Hoy en día se están realizando trabajos de tipificación varietal y de conservación de germoplasma del melón en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Valencia, Estación Experimental "La Mayora" de Málaga, Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Murcia y en el Centro de Recursos Fitogenéticos de Alcalá de Henares.

3.2. MATERIAL Y MÉTODOS

3.2.1. MATERIAL DE ESTUDIO

El material vegetal utilizado para los diferentes estudios, estaba constituido por 30 accesiones, las cuales proceden del Banco de Germoplasma de la Universidad Politécnica de Valencia (Departamento de Biotecnología), que es el Banco de colección activa y Centro de Documentación del Género *Cucumis* en España.

En la Tabla No. 7 se presenta el listado de accesiones, que sigue una ordenación ascendente del número de accesión o número identificador dado por el Banco de Germoplasma (BG), se entiende por accesión a cualquier entrada de un Banco de Germoplasma. En la tabla además se indica, el nombre del donante de la muestra (DONANT), en esta columna los tres primeros caracteres corresponden al código del país y los siete restantes al código de la institución; el número identificador dado por la institución donante de la muestra (NUMDON); el nombre local o comercial con el que es conocida la muestra en el lugar de recolección (NOMLOC); el lugar donde fue recolectada la muestra por provincias (PROVINCIAS); todas las accesiones proceden de recolecciones realizadas en España con excepción de la accesión BG-5259 que es de procedencia francesa.

Las accesiones fueron seleccionadas aleatoriamente tomando como única referencia que procedan de lugares con un clima parecido al sitio donde fueron efectuados los diferentes trabajos de campo de la tesis, es decir ambientadas al lugar de estudio.

3.2.2. LOCALIZACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Las parcelas experimentales para la caracterización morfométrica fueron establecidos al aire libre, el año agrícola 1995, en terrenos del Centro de Recursos Fitogenéticos (C.R.F) del Instituto Nacional de Investigaciones y Tecnología Agraria Alimentaria (I.N.I.A.), finca "La Canaleja", de Alcalá de

Henares, que se encuentra ubicado a 36 km de Madrid, al lado de la autovía de Aragón; su localización geográfica es la siguiente:

Latitud: 40° 29' N.

Longitud: 3° 21' O. Greenwich

0° 20' E. meridiano de Madrid

Altitud: 602 m sobre el nivel del mar

Las parcelas experimentales fueron establecidas sobre un terreno llano, de una amplia terraza de origen aluvial, drenaje satisfactorio que se clasifica dentro la orden *Alfisol*, Suborden *Xeralf*, Gran grupo *Haploxeralf*; las principales características químicas de este suelo son presentadas en la Tabla No. 1 de Anejos; se trata de un suelo con una textura franca arenosa, con 4.95% de materia orgánica en los primeros 25 cm de la superficie y un pH de 7.68 (I.N.I.A., 1996).

El clima del lugar es clasificado dentro del tipo climático "Mediterráneo templado" y de acuerdo al régimen de humedad "Mediterráneo seco" (I.N.I.A., 1977); La temperatura media anual de trece años (1957-1970) fue de 13.1 °C, la precipitación anual en el mismo período fue de 469 mm y la evapotranspiración potencial media de acuerdo al método Penman de 877.4 mm.

Los datos de temperatura y precipitación mensual registrados el año en que fue realizada la caracterización morfométrica son presentados en las Figuras No. 1 y No. 2 de anejos, donde son comparados con la media de trece años (1957-1970). En cuanto a la precipitación anual, el año 1995 fue más seco que el promedio de los 13 años, de 469 mm se redujo a 306 mm; en relación a la temperaturas (media, media de las máximas y media de las mínimas), las registradas el año 1995 (15.3 °C, 21.4 °C, 9.21 °C) fueron relativamente superiores que el promedio de los 13 años (13.1 °C, 20°C, 6.3°C). Por otro lado la humedad relativa media en 1995 (67%) fue relativamente superior al promedio de 13 años (60%), y el número medio de horas de sol en 1995 (2357.0 h) fue inferior al promedio de los 13 años (2669.7 h).

TABLA No. 7. Listado de las accesiones de melón utilizados en la caracterización morfométrica y pruebas de resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*.

No.	Nº BG	DONANT	NUMDON	NOMLOC	PROVINCIA DE ORIGEN
1	BG-004071	ESPINIACTT	2-B-1	MELON RAYADO	ALBACETE
2	BG-004072	ESPINIACTT	2-C-1	MELON FRANCES	ALBACETE
3	BG-004081	ESPINIACTT	6-1-4	AMARILLO RAYADO TEMPR.	BADAJOS
4	BG-004092	ESPINIACTT	13-D-3	ESCRITO BLANCO	C. REAL
5	BG-004098	ESPINIACTT	16-A-5	MELON TEMPRANO	CUENCA
6	BG-004120	ESPINIACTT	29-A-3	MELON MOCHUELO	MADRID
7	BG-004121	ESPINIACTT	29-B-3	TENDRAL TARDÍO	MADRID
8	BG-004123	ESPINIACTT	29-C-1	MELON MOCHUELO	MADRID
9	BG-004124	ESPINIACTT	29-D-1	MELON MOCHUELO	MADRID
10	BG-004125	ESPINIACTT	29-D-2	MELON PIÑONET	MADRID
11	BG-004126	ESPINIACTT	29-D-4	MELON VILLA CONEJOS	MADRID
12	BG-004130	ESPINIACTT	37-B-1	MELON VALENCIANO	SALAMANCA
13	BG-004131	ESPINIACTT	37-B-2	MELON CASCARA DE ROBLE	SALAMANCA
14	BG-004133	ESPINIACTT	37-E-4	MELON INVERNIZO	SALAMANCA
15	BG-004134	ESPINIACTT	37-E-6	MELON	SALAMANCA
16	BG-004135	ESPINIACTT	37-E-7	MELON	SALAMANCA
17	BG-004137	ESPINIACTT	39-B-1	MELON DEL PUERTO	SEGOVIA
18	BG-004138	ESPINIACTT	39-C-1	MELON	SEGOVIA
19	BG-004148	ESPINIACTT	44-B-1	MELON COMUN	TERUEL
20	BG-004149	ESPINIACTT	44-B-3		TERUEL
21	BG-005259	ESPDGABGHZ	BGHZ0010	DUBLON	*
22	BG-005267	ESPDGABGHZ	BGHZ0063	PIEL DE SAPO REDONDO	C. REAL
23	BG-005274	ESPDGABGHZ	BGHZ0070	MELONA	BADAJOS
24	BG-005276	ESPDGABGHZ	BGHZ0072	MELON AMARILLO	BADAJOS
25	BG-014892	ESPDGABGHZ	BGHZ0356	VERDE ESPECIAL	MADRID
26	BG-016397	ESPDGABGHZ	BGHZ0617	MELON MEZCLA NORMAL	MADRID
27	BG-016465	ESPINIACTT	12-C-2	TENDRAL BLANCO	CASTELLON
28	BG-016466	ESPINIACTT	12-C-3	MELON FRANCES	CASTELLON
29	BG-016475	ESPINIACTT	27-A-3	PIPA DE TRIGO	LA RIOJA
30	BG-016477	ESPINIACTT	29-C-2	MELON PUCHERO	MADRID

* De procedencia francesa.

En el momento de establecer las parcelas experimentales, el terreno estaba plantado con diferentes especies del género *Populus* (chopos) que tenían menos de un año de haber sido establecidas, es decir, las plantas de melón fueron instaladas a un lado de las plantas de chopo aprovechando el sistema de riego instalado para estas plantas, sin que existiera peligro de competencia por la luz, agua y nutrientes, puesto que las plantas de chopo no estaban desarrolladas como para dar sombra y la distancia de separación con las plantas de melón era de más de un metro (ver Figura No. 6).

Durante el establecimiento de las parcelas experimentales y posteriores labores de cultivo, se cuidó que todas las accesiones recibieran los mismos tratamientos y condiciones de cultivo, de manera que cualquier variación fenotípica fuera debida únicamente a su constitución genética.

3.2.3. RELACIÓN DE ACTIVIDADES AGRÍCOLAS

Con el propósito de determinar las técnicas más apropiadas para la caracterización morfométrica, inicialmente se visitó el principal centro de investigación que vienen trabajando con la especie, E.T.S.I.A. de la Universidad Politécnica de Valencia (Departamento de Biotecnología).

Para el establecimiento y desarrollo de los ensayos se siguieron todas las reglas especificadas en el método científico, realizándose las siguientes actividades:

- **Obtención de plántulas:** Parte de las semillas proporcionadas por la Universidad Politécnica de Valencia fueron puestas a germinar la segunda semana del mes de mayo, en una cámara (húmeda) de germinación (propiedad del C.R.F.), a una temperatura de 25°C, 80% HR, entre papeles de filtro y 12 horas luz.

Cultivo de plántulas en invernadero: Después de 4 - 5 días cada plántula de melón fue repicada a un "Jiffy pot strip", antes de que sus hojas cotiledóneas se extiendan. Los "Jiffys" son macetas fabricadas de cartón prensado (6 x 6 x 6). El sustrato empleado estaba compuesto por una mezcla de turba enriquecida, arena y tierra en la proporción de 1:1:1 en volumen. Las macetas fueron regadas dos veces por semana, siendo esta dosis lo suficiente como para mantener el sustrato dentro de la capacidad de campo.

Las plantas fueron mantenidas en el invernadero hasta el completo desarrollo de su tercera hoja verdadera (15-19 días). En este período de tiempo la mínima temperatura registrada en el interior del mismo fue de 7 °C y la máxima de 35 °C.

Transplante al campo: Un mes antes de transplantar las plantas de melón, el terreno fue preparado adecuadamente mediante la utilización de maquinaria agrícola (tractor equipado con grada, efectuándose dos pases). El transplante de las plantas al terreno de asiento definitivo se efectuó la primera semana del mes de junio.

Abonado de fondo: Con el propósito de mejorar la composición química del suelo, al momento del transplante se realizó un abonado denominado de fondo, compuesto de los siguientes elementos:

95 UF/Ha de N

95 UF/Ha de P₂O₅

95 UF/Ha de K₂O

Aplicando este nivel de fertilización, en cada planta de melón se depositaron 65 g del fertilizante granulado nitrofoska (15-15-15).

- **Riegos:** El sistema de riego que ya estaba instalado en el terreno para proveer de agua a las plantas de chopos, estaba compuesto de emisores interlínea, con un caudal medio de 20 litros/hora, con una separación entre emisores y ramales de 5 m. Se colocaron 3 plantas de melón al lado de cada emisor, separadas entre si a 1 m. El primer riego se efectuó después de terminado el transplante y posteriormente se aplicó un riego cada semana. Durante las semanas más calurosas de verano (parte de julio y agosto), según la humedad del suelo, se aplicaron dos riegos semanales.

- **Otras labores de cultivo:** Complementariamente en las parcelas experimentales se realizaron las siguientes labores de cultivo:

- **Escardas:** Esta labor se realizó de forma manual a intervalos de 2 a 3 semanas, con la finalidad de evitar el desarrollo y competencia de las malas hierbas con el cultivo y también para romper las costras que se pudieran formar en la superficie del suelo después de cada riego; la labor se realizó con sumo cuidado para no dañar las plantas de melón.

Las principales malas hierbas que aparecieron sobre el terreno experimental, fueron las siguientes: *Senecio vulgaris* L., *Anacyclus clavatus* (Desf.) Per, *Chenopodium album* L., *Cichorium intybus* L., *Convolvulus arvensis* L., *Amaranthus blitoides* S. Watson, y *Salsola kali* L.

- **Tratamiento fitosanitario:** Como medida preventiva al ataque de enfermedades fúngicas y plagas, se realizaron tratamientos con alto volumen de una mezcla del fungicida Benlate (50 % Benomilo) 2 g/l y el insecticida fosforado de contacto denominado comercialmente Zolone 0.5 cc/l. Las aplicaciones fueron directas a toda la planta, mediante un pulverizador manual de 20 litros de capacidad. Una vez

alcanzado el completo desarrollo de las plantas, el tratamiento insecticida se realizó a intervalos de 10 a 15 días, debido a la presencia de áfidos que provocaban entre otros daños el enrollamiento de las hojas de melón.

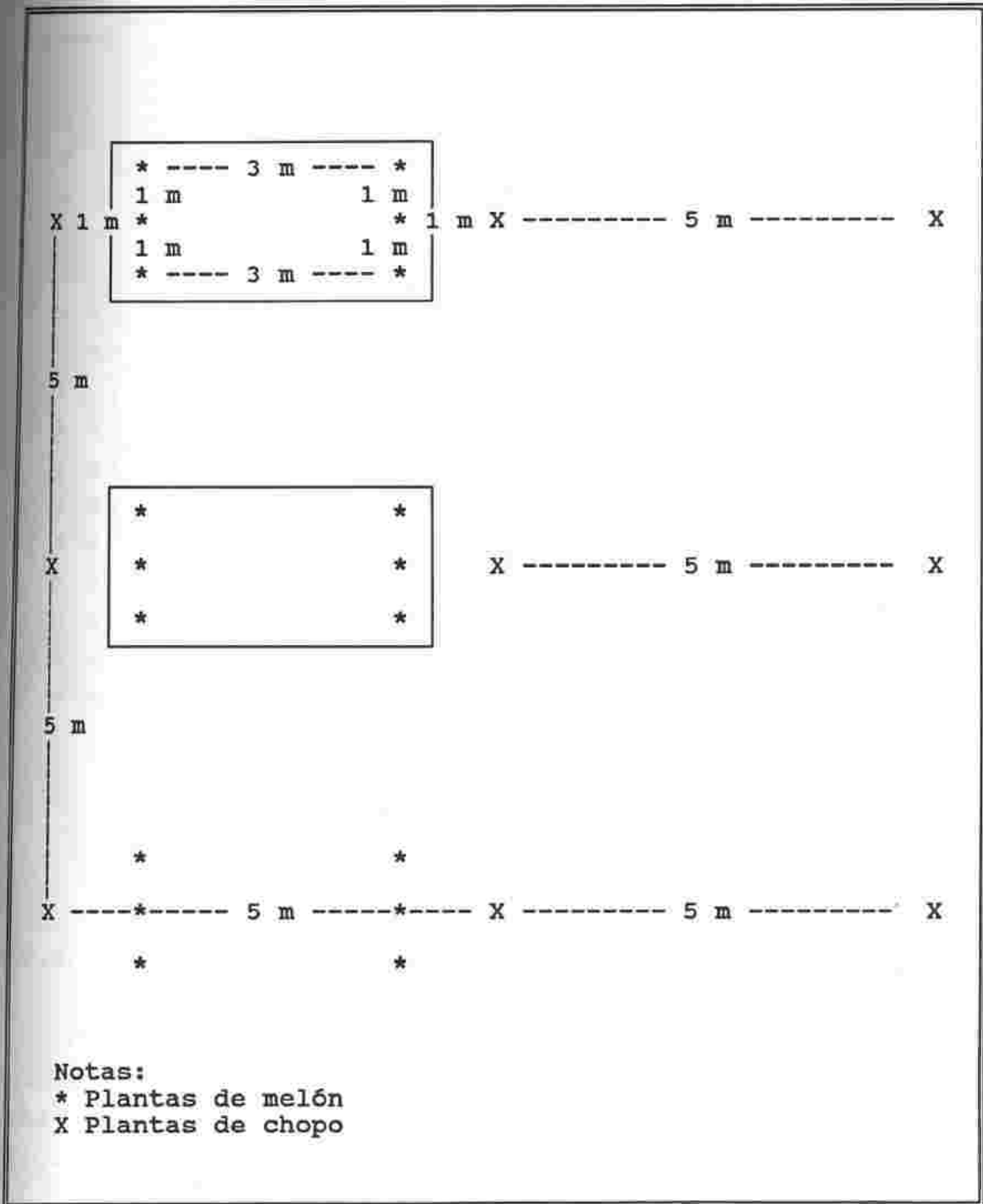
Fertilización foliar: Juntamente con los anteriores productos fitosanitarios se aplicó el fertilizante foliar Bayfolan a razón de 2 cc/litro.

3.2.4. PARCELA EXPERIMENTAL Y DISEÑO ESTADÍSTICO

Para el establecimiento del ensayo se utilizó el diseño estadístico de bloques completamente al azar con tres repeticiones por cada accesión. En la Figura No. 4, se muestra las principales características de una parcela elemental "Plot", que estaba constituida por 6 plantas de melón, distribuidas entre dos líneas; en la siguiente Figura (No. 5), se presenta la distribución de las accesiones en la parcela experimental; una vista general de toda la parcela experimental es mostrada en la Figura No. 6. Las principales características de la parcela experimental, fueron lo siguiente:

Marco de plantación: 3 x 1 m entre líneas y plantas
Número de plantas por parcela: 6 distribuída en 2 filas
Area de cada parcela (plot): 6 m² (3 x 2 m)
Número de bloques (repeticiones): 3
Número de parcelas por repetición: 30 (30 accesiones)
Total parcelas experimentales: 90
Total área experimental: 540 m²

FIGURA No. 4. Esquema de una parcela elemental (plot), utilizada durante la caracterización morfométrica de las accesiones de melón.



Notas:
 * Plantas de melón
 X Plantas de chopo

FIGURA No. 5. Distribución de las 30 accesiones (OTUs) sobre la parcela experimental.

T E R R E N O C O N P A S T O

BLOQUE I	4072		4125		16477		4098		4137	
I	4120		4124		5267		5276		4092	
C I	4135		16465		4071		4121		16475	
A I	14892		4126		5274		4133		4134	
M I	16397		4138		4123		4148		16466	
I I	4149		5259		4131		4130		4081	
N II	16397		4126		4071		5276		4149	
O II	4081		14892		15465		5267		4098	
II	4130		16466		4135		4124		16477	
C II	4131		4148		4134		4120		4125	
A II	5259		4123		4133		16475		4072	
R II	4137		4138		5274		4121		4092	
R III	4148		5274		4133		4092		4125	
E III	5267		4135		4131		4081		4138	
T III	5259		16465		16397		4120		4149	
E III	4130		16477		4072		4124		4123	
R III	14892		4071		4121		16475		16466	
O III	4137		4098		4134		5276		4126	

G A L L I N E R O

3.2.5. PARÁMETROS ESTUDIADOS

Todas las medidas de hojas, tallos, flores, frutos y semillas en las accesiones seleccionadas se realizaron tomando como base los descriptores elaborados por el I.B.P.G.R. (Esquinas-Alcázar y Gulick, 1983) para la especie *Cucumis melo* L.



FIGURA No. 6. Parcela experimental de caracterización morfométrica, mostrando las plantas de melón en estado de desarrollo vegetativo.



FIGURA No. 7. Fotografía de frutos mostrando parte de la diversidad genética del material vegetal caracterizado.

- Descriptores de hojas

El muestreo de este órgano se realizó a los 70 días después del transplante; por cada OTU se recogieron 16 hojas que habían alcanzado su pleno desarrollo en el momento del muestreo:

1. Tamaño de la hoja: fue medido a través de dos variables continuas:

- Longitud del limbo (cm)
- Anchura del limbo (cm)

2. Forma de la hoja

- 1 Oval
- 2 Reniforme
- 3 Circular
- 4 Pentagonal
- 5 Otra forma (especificar)

3. Lobulado de la hoja

- 1 Ausente
- 3 Débil
- 5 Medio
- 7 Fuerte

4. Borde de la hoja

- 1 Liso
- 3 Ligeramente dentado
- 5 Dentado

5. Pilosidad de las hojas

- 1 Ausente (sin pelos)
- 3 Pelos esparcidos

5 Intermedio

7 Densamente piloso

- Descriptores del cotiledón

Las muestras fueron tomadas cortando uno de los cotiledones de las plantas que tenían 3 - 4 hojas verdaderas (16 muestras/OTU). Las mediciones se efectuaron utilizando el programa VIDS III de "Analytical Measuring Systems".

6. Longitud del cotiledón (cm)

7. Anchura del cotiledón (cm)

8. Factor de forma (factor de forma del área máxima según la fórmula: $4 \pi \text{ área/perímetro}^2$).

- Descriptores de tallo

Los caracteres de este órgano fueron tomados en todas las plantas adultas de la parcela experimental.

9. Longitud de los internodos (cm); este carácter fue medido a los 15 días después de la aparición de la primera flor hermafrodita o femenina; de cada planta se midieron los tres primeros internodos, y posteriormente se calculó la media.

10. Zarcillos

1 Ausente

7 Presente

11. Diámetro del tallo (cm); la medida fue tomada con un calibrador a 10 cm sobre la superficie del suelo, al momento de la cosecha.

- Descriptores de flores

De cada planta se controlaron dos flores (uno por cada tipo de flor); las flores pistiladas fueron evaluadas cuando se encontraban en el estado de máxima apertura de la corola.

12. Tipo de sexo

1. Monoica: flores masculinas y femeninas en la misma planta.
2. Ginomonoica: Flores femeninas y hermafroditas en la misma planta.
3. Andromonoica: Flores masculinas y hermafroditas en la misma planta.
4. Hermafrodita: Únicamente flores hermafroditas en la planta.
5. Androicas: Únicamente flores masculinas en la planta.
6. Ginoicas: Únicamente flores femeninas en la planta.
7. Dioicas: flores masculinas y femeninas en diferentes plantas.

13. Pubescencia del ovario

- 1 Ausente
- 3 Corto
- 5 Intermedio
- 7 Largo



14. Color de las flores

- 1 Blanco
- 2 Amarillo
- 3 Naranja
- 4 Verde
- 5 Otros, especificar

15. Número de días a la floración: Número de días desde el trasplante hasta que un mínimo de 50% de las plantas presenten flores pistiladas abiertas.

- Descriptores de fruto

De cada planta de la parcela experimental se controló un fruto; las medidas de coloración tanto de los frutos como de las semillas fueron realizadas basándose en la tabla de colores "R.H.S. Colour Chart", elaborado para evaluar la coloración en las flores por "The Royal Horticultural Society of London" y "Flower Council of Holland" (1966); según esta tabla los colores se clasifican de acuerdo a tres atributos: tono, brillo (valor) y saturación (color).

La medición de los sólidos solubles se efectuó por medio de un refractómetro de mano Shibuya, modelo SH-191, con corrector automático de temperatura y precisión de 0.1%, el carácter se expresó en °Brix.

Caracteres externos del fruto maduro:

16. Forma de la sección longitudinal del fruto.

- 1 Aplanado
- 2 Globular
- 3 Forma de bellota
- 4 Oval
- 5 Elíptico
- 6 Alargado
- 7 Deforme
- 9 Forma de pera

17. Color predominante en la piel del fruto maduro, según la tabla de colores "R.H.S. Colour Chart"; si se encontraba dos colores en el mismo fruto, se eligió la más predominante.

18. Segunda coloración más predominante en la piel del fruto maduro, según la tabla de colores "R.H.S. Colour Chart".

19. Diseño producido por la segunda coloración más predominante en el fruto.

0 No existe coloración secundaria

1 Punteado

2 Rayado

3 Con venación

4 Manchado

5 Punteado y rayado

6 Manchado y punteado

20. Intensidad de reticulado sobre la corteza del fruto.

1 Ausente

3 Débil

5 Medio

7 Fuerte

21. Intensidad de escriturado; se consideró como escriturado a todo tipo de "dibujos" sobre la corteza del fruto.

1 Ausente

3 Débil

5 Medio

7 Fuerte

22. Tipo de escriturado

N Ausente

C Concéntrico

R Radial

A Ambos sentidos

23. Intensidad del acostillado; se consideró como acostillado a las hendiduras o surcos simétricos sobre la superficie del fruto y dispuestos como meridianos.

- 1 Ausente
- 3 Débil
- 5 Medio
- 7 Fuerte

24. Intensidad de la rugosidad sobre la corteza del fruto.

- 1 Ausente
- 3 Débil
- 5 Medio
- 7 Fuerte

25. Tipo de la rugosidad sobre la corteza del fruto.

- N Ausente
- C Concéntrico
- R Radial
- A Ambos sentidos

26. Abscisión peduncular del fruto.

- 1 Fácil
- 2 Difícil

27. Tamaño de la cicatriz pistilar (cm).

28. Intensidad del agrietado; se consideró como agrietado a estallidos concéntricos o radiales en la zona estilar, repartidos en una cara o en el conjunto del fruto

- 1 Ausente
- 3 Débil
- 5 Medio

7 Fuerte

29. Tipo del agrietado

N Ausente

C Concéntrico

R Radial

A Ambos sentidos

Caracteres internos del fruto maduro.

30. Número de lóculos

31. Color de la carne; de acuerdo con la tabla de colores "R.H.S. Colour Chart".

32. Color de la zona cortical; de acuerdo con la tabla de colores "R.H.S. Colour Chart".

33. Cantidad de mucílago

1 Poco

3 Medio

5 Mucho

34. Consistencia del mucílago

1 Consistente

3 Medianamente consistente

5 No consistente

35. Número de frutos cosechados por planta.

36. Peso del fruto, Kg.

37. Longitud del fruto maduro, cm.

38. Anchura del fruto maduro, cm.
39. Relación Anchura/longitud (Forma fruto)
40. Índice de carne del fruto, definido como porcentaje de longitud de carne respecto a la anchura total, en la sección ecuatorial del fruto maduro.
41. Índice de corteza del fruto, definido como porcentaje de espesor de corteza respecto a la anchura total, en la sección ecuatorial del fruto.
42. Sólidos solubles (°Brix), la medida fue tomada utilizando un refractómetro, sobre la cual se depositaron dos o tres gotas del jugo de la carne del fruto.

- Descriptores de semilla

Se utilizaron 20 semillas por cada OTU; las mediciones se efectuaron utilizando el programa VIDS III de "Analytical Measuring Systems".

43. Longitud de la semilla (cm)
44. Anchura de la semilla (cm)
45. Factor de forma (factor de forma del área máxima según la fórmula: $4 \pi \text{ área/perímetro}^2$).
46. Color de la semilla; según la tabla de colores "R.H.S. Colour Chart".
47. Número de semillas por fruto (del mismo fruto del cual se tomaron las medidas externas e internas).
48. Peso de 100 semillas (g)

- Otros caracteres

49. Vigor de la planta; evaluado al momento de la cosecha, tomando en cuenta el desarrollo vegetativo y nivel productivo de la planta.

- 1 Bajo
- 3 Medio
- 5 Alto

3.2.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

3.2.6.1. ANÁLISIS MULTIVARIANTE

Los datos obtenidos de la caracterización morfométrica fueron tratados con las técnicas de la taxonomía numérica. Cada accesión caracterizada corresponde a una unidad taxonómica operativa (OTU: Operational Taxonomic Unit, cit. Sneath & Sokal, 1973), estudiándose 30 OTUs en total.

Los análisis de agrupamiento se realizaron en forma separada tanto para los caracteres cualitativos como para los cuantitativos; el procedimiento seguido al aplicar este análisis ha sido el siguiente:

1. **Obtención de la matriz de datos:** Inicialmente de los valores obtenidos durante las mediciones se estimaron las medias o la moda de acuerdo con el tipo de carácter cuantitativo o cualitativo, posteriormente fue elaborada la matriz básica de datos.

2. **Estandarización de datos:** Los valores de la matriz de datos cuantitativos fueron normalizados restándole la media del respectivo carácter y dividiendo la diferencia entre la desviación típica. A través de este proceso cada carácter pasa a tener la media igual a cero y varianza igual a uno.

3. **Obtención de la matriz de similitud:** A partir de la matriz normalizada o estandarizada se obtuvo la matriz de similitud o el grado de parecido entre OTUs, utilizando el coeficiente de distancia euclídea también conocido como "Taxonomic Distance".

4. **Construcción del Dendrograma:** El análisis por métodos de agrupamiento "Cluster analysis" de estas matrices fue efectuado por el método de U.P.G.M.A. ("Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages", Sneath & Sokal, 1973), mostrándose los resultados mediante un Dendrograma.

5. **Medida de la distorsión:** El grado de distorsión de los valores de la matriz de similitud por la construcción de los dendrogramas, fueron evaluados a través del cálculo del Coeficiente de correlación cofenética (Sokal & Rohlf, 1962). Inicialmente a partir de los valores del dendrograma se obtiene la matriz cofenética, el cual es comparado con la matriz de similitud que dio origen al dendrograma y se calcula el coeficiente de correlación del momento-producto entre ambas matrices; se considera que coeficientes superiores a 0.8 indican una buena representación de la matriz de similitud por el dendrograma y que la técnica de ligamiento promedio es la que origina menor distorsión.

En el caso de los caracteres cualitativos, el análisis de agrupamiento se efectuó utilizando los caracteres con mayor valor discriminante (Abadía et al., 1984b): color de la piel, color de la carne, reticulado, acostillado, rugosidad y manchas de la piel del fruto; complementariamente se incluyeron los caracteres: forma del fruto, escriturado, agrietado de la piel y vigor de la planta. Durante la construcción de la matriz básica de datos, los caracteres de coloración tanto de la piel como de la carne y manchas en la piel, por tratarse de caracteres cualitativos multiestado y sin secuencia lógica (Crisci y López-Armengol, 1983), fueron descompuestos individualmente en caracteres de dos estados (presencia y ausencia), asignándoles valores de 1 a 7.

Para encontrar el patrón de relaciones entre la totalidad de las OTUs se realizó el análisis por métodos de ordenación, también conocido como Análisis de Componentes Principales. Esta técnica reduce sin gran pérdida de información, el número del espacio multidimensional donde cada dimensión representa a un carácter y de esta manera facilita la representación de las OTU y sus relaciones en función de los caracteres empleados (Crisci y López-Armengol, 1983). Este tipo de análisis sólo se efectuó con los caracteres cuantitativos y el procedimiento seguido fue realizado de la siguiente forma:

1. Matriz de datos: Obtenida de la misma manera que para el anterior tipo análisis.

2. Estandarización de datos: Obtenido también de la misma manera que para el anterior tipo de análisis, a partir de la matriz básica de datos se construyó la matriz normalizada.

3. Obtención de la matriz de correlación: La matriz de correlación entre caracteres se obtuvo utilizando el coeficiente de correlación o "Momento Producto de Pearson" (Sneath & Sokal, 1973); en esta tabla se muestra la intensidad de asociación entre todos los caracteres.

4. Aplicación del análisis de componentes principales: A través del cálculo de los Eigen valores (cantidad de variación contenida en cada componente) y los Eigen vectores (contribución de cada carácter a cada componente) y la representación gráfica de las OTUs sobre los ejes determinados por los componentes principales.

Para estos caracteres también fue utilizado la técnica "R" (Crisci y López-Armengol, 1983) con el propósito de establecer cuales de los caracteres forman grupos y por lo tanto están altamente correlacionados y cuáles de los caracteres son relativamente independientes entre sí.

En el caso de los caracteres cualitativos, el estudio por el método de ordenación se realizó para obtener las coordenadas principales. En este análisis no se estandarizaron los datos originales y a continuación fue construída la matriz de similitud utilizando el coeficiente de correlación "Momento Producto Pearson" y posteriormente se obtuvieron las coordenadas principales y Eigen valores", en las cuales fueron proyectadas gráficamente las OTUs.

Los análisis multivariantes efectuados en el presente estudio fueron realizados por ordenador utilizando el paquete estadístico NTSYS-pc, "Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System" (Rohlf, 1990).

3.2.6.2. ANÁLISIS UNIVARIANTE

Se obtuvieron las estadísticas descriptivas de los caracteres cuantitativos para cada una de las 30 accesiones estudiadas, estimándose los siguientes parámetros: medias, desviación estándar, coeficiente de variación, valor mínimo y máximo. Para las variables cualitativas se empleó como medida de tendencia central el valor de más frecuente ocurrencia (moda).

Para determinar si existen o no diferencias genéticas entre plantas bien sea entre o dentro de las accesiones, cada carácter cuantitativo ha sido analizado independientemente, realizándose un ANOVA con un solo criterio de clasificación (Steel & Torrie, 1988).

Los datos tomados no fueron posibles de analizar dentro del diseño bajo el cual fue establecida las parcela experimental (Bloques completamente al azar) debido a que en algunas accesiones no fue posible obtener los datos de todos sus bloques, en consecuencia fueron analizados bajo la ecuación del modelo estadístico completamente aleatorio con número desigual de repeticiones. La ecuación del modelo ajustado a estos datos es la siguiente:

$$Y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} = Observación fenotípica del carácter
- m = Promedio de las medias de las accesiones
- t_i = Efecto de la accesión (tratamiento)
- e_{ij} = Error experimental

En este tipo de modelo las unidades experimentales fueron asignadas al azar a las accesiones, que en el análisis también fueron denominados tratamientos. La hipótesis nula (H_0) supone que las accesiones estudiadas tienen la misma media; la hipótesis alternativa (H_1) rechaza la anterior hipótesis y supone que las medias son diferentes.

El análisis se efectuó utilizando el programa estadístico SAS ("Statistical Analysis System", CARY, North Carolina, 1983); dentro del programa se utilizó la opción PROC GLM; en la instrucción CLASS sólo aparece la variable accesión, debido a que los datos fueron clasificados solo de acuerdo a los valores de cada accesión que es la única variable; en la instrucción MODEL fue colocada la observación fenotípica del carácter que es la variable respuesta analizada y que corresponde a las accesiones.

También fueron estimados las correlaciones estadísticas entre los valores fenotípicos medios de todos los caracteres cuantitativos; para este análisis se utilizó la opción PROC CORR del programa SAS.

3.3 RESULTADOS

3.3.1. VARIACIÓN PARA CARACTERES CUALITATIVOS

En la Tabla No. 8, se presentan los resultados de todos los caracteres cualitativos estudiados para las 30 accesiones o unidades taxonómicas operativas (OTUs), en donde se observa la amplia variabilidad existente para los descriptores analizados (Figura No. 7 y No. 9); de igual manera, en la Tabla No. 2, de Anejos, se presenta la codificación y la expresión numérica de este tipo de caracteres.

Para el análisis de agrupamiento fueron utilizados los caracteres cualitativos con mayor valor discriminante (Abadía et al., 1984b): color de la piel, color de la carne, reticulado, acostillado, rugosidad y manchas de la piel del fruto; complementariamente fueron incluidos los caracteres: forma del fruto, escriturado, agrietado de la piel y vigor de la planta. Los caracteres de coloración tanto de la piel como de la carne, y manchas en la piel fueron descompuestos individualmente en caracteres de dos estados (presencia y ausencia), asignándoles valores entre 1 y 7.

La Figura No. 8, presenta los resultados de este análisis de agrupamiento; el Dendrograma presenta un coeficiente de correlación cofenética: $r = 0.83$, que es relativamente aceptable para la distorsión de los valores de la matriz de similitud. En este dendrograma, se identifican 6 grupos claramente diferenciados por el color de la piel del fruto, a un nivel de disimilitud 10 - 11.

El primer grupo incluye las OTUs de piel verde oscuro amarillento: 4137, 4120, 4098, 4072, 4121, 4071, 5267, 4123 y 4130. A niveles inferiores de disimilitud (8 - 9) el grupo se divide en 2 subgrupos; el primer subgrupo incluye 8 OTUs, las cuales se agrupan de acuerdo a la coloración de la carne y posteriormente por la forma del fruto: carne de coloración salmón