

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Formación de una Población Base de Melón (*Cucumis melo* L.) con  
Características Fisiotécnicas y Producción de Semilla

Por:

**DORIAN DÍAZ LÓPEZ**

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Formación de una Población Base de Melón (*Cucumis melo* L.) con  
Características Fisiotécnicas y Producción de Semilla

Por:

**DORIAN DÍAZ LÓPEZ**

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

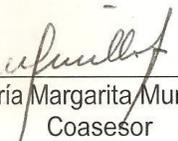
Aprobada



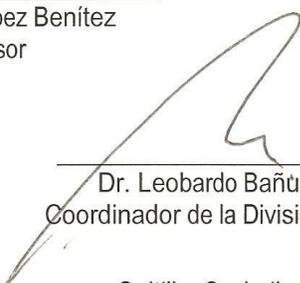
Dr. Fernando Borrego Escalante  
Asesor Principal



Dr. Alfonso López Benítez  
Coasesor



Dra. María Margarita Murillo Soto  
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.  
Junio, 2012



## DEDICATORIAS

**A Dios** por darme la vida, salud, por guiarme por el buen camino, gracias por cuidarme y protegerme, y por las bendiciones que me has dado durante toda mi existencia y por permitirme terminar mi preparación profesional que es lo mas grandioso que me ha pasado en toda mi vida. Por todo esto te doy las **Gracias Dios.**

*A los seres más grandes y Maravillosos  
que Dios me dio mis padres:*

**Sr. Carmen Díaz Jiménez**

**Sra. Eustolia López López**

A ustedes por haberme dado la vida y que desde niño siempre me inculcaron al camino del bien. Que con su apoyo moral e incondicional durante mi formación profesional puedo compartir con ustedes este gran sueño que hoy se ve realizado. Gracias por su cariño, amor y comprensión que desde pequeño me han brindado y sobretodo por confiar en mi. **LOS QUIERO MUCHO.**

*A mi esposa:*

**Glendy Llusmirel Constantino Moreno** por su amor, cariño, comprensión y apoyo incondicional durante todo el tiempo que realice mis estudios. Te quiero mucho por el regalo más valioso y hermoso que pronto me darás, hablo del ser que traes en tu vientre y que esperamos con mucha emoción para darle todo nuestro amor y cariño, que día a día me da más fuerza para seguir preparándome. **Te amo chaparrita.**

*A los mejores hermanos que Dios me dio:*

**Berlamina, Carlos, Neptali, Josefina, Ana Lidia y Carmen** por su cariño, confianza, por el apoyo moral que siempre me han brindado durante el tiempo que realice mis estudios y formación profesional, ***para ustedes con afecto.***

*A mis sobrinos:*

**Gutber Erubey, Doni Yair, Ana Jennifer, Edgar, Citlalli Eustolia, Yuraley de Jesús, Ashley Esmeralda, Jaime Alexander, Julio Cesar, Karla Elizeth, Judit, Arled del Carmen, Iker Rafael, Guadalupe Yamileth y José** que con sus cariño y abrazos me han llenado de amor, alegría y felicidad.

## AGRADECIMIENTOS

A mi “**Alma Terra Mater**” **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme sus puertas y formarme con grandes conocimientos profesionales, por todo el apoyo que me otorgó durante mis estudios y por ayudarme a culminar mi gran sueño mi carrera bajo su nombre.

*Con gran respeto y admiración al:*

Al **Dr. Fernando Borrego Escalante** por darme la oportunidad de formar parte de este importante proyecto de investigación. Gracias por la dedicación y el apoyo brindado durante la planeación, realización y por su disponibilidad para la asesoría del presente trabajo, además de ser un excelente profesor, Dios lo bendiga siempre.

*Mis más sinceros agradecimientos al:*

Al **Dr. Alfonso López Benítez** por el apoyo y tiempo empleado en la revisión de este trabajo de investigación.

A la **Dra. María Margarita Murillo Soto** por la disponibilidad, el apoyo y tiempo empleado en la revisión de este trabajo de investigación.

Al **M.C. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza** por su sincera amistad, por la valiosa colaboración en la toma de datos en este trabajo, por su apoyo en el manejo de los análisis estadísticos y por la ayuda en los trabajos de laboratorio.

Al **Dr. Humberto de León Castillo** por brindarme la oportunidad de realizar el servicio social enseñándome técnicas de mejoramiento genético y

sobre todo por su amistad, consejos y conocimiento que me brindó como alumno.

Al **Dr. Mario Ernesto Vásquez Badillo** por su amistad y grandes conocimientos que me ofreció como alumno.

A mis compañeros y amigos: **José Alfredo Patichtan Moreno, Irving Efrén Trujillo Sánchez, Guillermo Hernández, Pedro Antonio Sánchez Vidal, Juan Gerardo Pariente Contreras** con quienes compartí momentos inolvidables durante mi estancia en la universidad, de verdad gracias a todos ustedes.

A **mis compañeros** de la especialidad de **INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN** generación “CXII” con quienes compartí buenas y malas experiencias, a todos ustedes gracias.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>I.INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
Objetivos.....	4
Hipótesis.....	4
<b>II.REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
Importancia del cultivo de melón .....	5
Importancia económica.....	6
Producción mundial .....	6
Producción nacional .....	7
Origen.....	7
Características de la planta .....	8
Clasificación taxonómica .....	8
Descripción botánica .....	10
Ciclo vegetativo .....	10
Raíz.....	10
Tallos.....	11
Hojas .....	11
Flores .....	11
Fruto .....	12
Semilla.....	12
Composición del fruto.....	13
Variedades .....	14
Requerimientos climáticos.....	14
Temperatura.....	15
Humedad.....	15
Luminosidad.....	15

Exigencias del suelo.....	16
Parámetros de calidad.....	16
Contenido de sólidos solubles totales (Grados brix) .....	16
Enmallado .....	17
Forma de fruto.....	18
Tamaño de fruto .....	18
Color de la cáscara del fruto.....	20
Color de la pulpa .....	20
Variables Fisiotécnicas .....	21
Fotosíntesis .....	21
Transpiración.....	22
Conductancia estomática .....	23
Uso eficiente del agua.....	24
Mejoramiento genético .....	24
Aptitud combinatoria.....	26
Análisis de componentes principales.....	27
Varianza genética.....	28
<b>III.MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
Localización del área de estudio .....	30
Material genético .....	30
Establecimiento y manejo del cultivo .....	31
Siembra .....	31
Riego .....	32
Fertilización .....	32
Deshierbe .....	32
Formación de la población base.....	33
Toma de datos con el fotosintetómetro portátil.....	33
Cosecha y extracción de semilla .....	33
Control de plagas y enfermedades.....	33
Material y equipo utilizado .....	34
Variables evaluadas .....	34
Fisiológicas.....	34
Parámetros de calidad tomadas de cada fruto de melón .....	35

Criterios para seleccionar semillas llenas y vanas .....	37
Diseño experimental .....	38
Análisis multivariado .....	38
Cálculo de los componentes principales .....	38
Regresión múltiple .....	39
Criterio de calificación.....	40
<b>IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>41</b>
Evaluación para las variables de calidad y agronómicas.....	41
Variables fisiológicas .....	45
Componente de la varianza genética .....	47
Análisis de componentes principales.....	48
<b>V.CONCLUSIONES .....</b>	<b>57</b>
<b>VI.RESUMEN .....</b>	<b>58</b>
<b>VII.LITERATURA CITADA .....</b>	<b>60</b>
<b>VIII.APENDICE .....</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 2.1.</b> Principales países productores de melón en el 2010.....	6
<b>Cuadro 2.2.</b> Principales estados productores de melón en el 2010.....	7
<b>Cuadro 2.3.</b> Composición nutritiva del fruto de melón, en base a 100 gramos de pulpa dispuesta para el consumo. ....	13
<b>Cuadro 3.1.</b> Material genético utilizado como progenitores en la formación de la población. ....	31
<b>Cuadro 3.2.</b> Solución nutritiva para 1000 litros de agua. ....	32
<b>Cuadro 3.3.</b> Insecticidas y fungicidas aplicados para el control de plagas y enfermedades, durante el desarrollo fenológico del cultivo. ....	33
<b>Cuadro 4.1.</b> Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza de 12 genotipos de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.), en diferentes variables de calidad y agronómicas, en invernadero, UAAAN, 2011. ....	41
<b>Cuadro 4.2.</b> Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza de 12 genotipos de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.), en diferentes variables de calidad y agronómicas, en invernadero, UAAAN, 2011. ....	43
<b>Cuadro 4.3.</b> Análisis de varianza (cuadrados medios) para las variables fisiológicas de 12 genotipos de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.), en invernadero. UAAAN, 2011. ....	45
<b>Cuadro 4.4.</b> Análisis de la varianza (cuadrados medios) para las variables semillas llenas, semillas vanas y número de semillas de 12 genotipos de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.). UAAAN, 2011.....	47
<b>Cuadro 4.5.</b> Análisis de componentes principales (eigenvalores) entre variables de 12 genotipos de melón para cada componente principal, en invernadero. UAAAN, 2011. ....	48

<b>Cuadro 4.6.</b> Contribución relativa de las variables analizadas en 6 componentes principales en 12 genotipos de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.), en invernadero. UAAAN, 2011. ....	49
<b>Cuadro 4.7.</b> Contribución relativa de cada genotipo de melón a los componentes principales de la variación, en invernadero, UAAAN, 2011.....	51
<b>Cuadro 4.8.</b> Calificaciones ponderadas de 12 genotipos de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.) en base a parámetros fisiotécnicos, fisiológicos y producción de semilla. UAAAN, 2011. ....	56
<b>Cuadro A.1.</b> Comparación de medias utilizando la prueba de Tukey de 12 genotipos de melón para variables de calidad y agronómicas, en invernadero, UAAAN, 2011. ....	66
<b>Cuadro A.2.</b> Comparación de medias utilizando la prueba de Tukey de 12 genotipos de melón para variables de calidad y agronómicas, en invernadero, UAAAN, 2011. ....	67
<b>Cuadro A.3.</b> Comparación de medias utilizando la prueba de Tukey para las variables fisiotécnicas de 12 genotipos de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.), en invernadero. UAAAN, 2011. ....	68
<b>Cuadro A.4.</b> Análisis de la varianza genética para las variables semillas llenas, número de semillas y semillas vanas de 12 genotipos de ( <i>Cucumis melo</i> L.). UAAAN, 2011. ....	69

**ÍNDICE DE FIGURAS**

	Pág.
<b>Figura 4.1.</b> Comportamiento de 12 genotipos de melón en las variables uso eficiente del agua (UEAF), sabor y transpiración (TRANS). UAAAN, 2011..	52
<b>Figura 4.2.</b> Comportamiento de 12 genotipos de melón en las variables uso eficiente del agua (UEAF), transpiración (TRANS) y calidad. UAAAN, 2011.	53
<b>Figura 4.3.</b> Comportamiento de 12 genotipos de melón en las variables uso eficiente del agua (UEAF), calidad y forma del fruto (FRMFRT). UAAAN, 2011.....	54
<b>Figura 4.4.</b> Comportamiento de 12 genotipos de melón en las variables sabor, calidad y forma del fruto (FRMFRT). UAAAN, 2011. ....	55

## I. INTRODUCCIÓN

En México el melón (*Cucumis melo* L.) es una hortaliza de gran importancia debido a su producción anual de 561 mil 678.03 toneladas, con una superficie sembrada de 23 mil 639.42 hectáreas (SIAP, 2010). Ocupando el 10° lugar en importancia mundial y el 2° lugar en el continente americano después de los Estados Unidos (FAOSTAT, 2010). Los estados con mayor producción en toneladas en el año 2010 en nuestro país fueron: Coahuila, Michoacán y Sonora (SIAP, 2010).

El melón es uno de los cultivos vegetales de importancia económica que se cultiva ampliamente en el mundo. Existe gran diversidad genética en las especies cultivadas y silvestres. La palabra *melón* procede del francés, cuyo origen fue del vocablo latino *melopepo*, que significa “fruta con forma de manzana”, refiriéndose a los primeros melones silvestres, que eran muy pequeños y muy parecidos a esta fruta (Martín, 2006).

El cultivo del melón en México es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia económica y social para nuestro país. Dependiendo del precio, el valor de la producción varía desde \$25,000 hasta \$120,000 pesos por hectárea y genera alrededor de 120 jornales por hectárea (INIFAP, 2009).

De todas las variables morfológicas y fisiológicas que intervienen en el mejoramiento, el fitomejorador toma en cuenta principalmente el rendimiento y algunos de sus componentes visuales más importantes y así poder evaluar con mayor rapidez un genotipo. De los factores importantes que afectan la producción del cultivo están las enfermedades. El melón es susceptible de presentar problemas bióticos y no bióticos en cualquier etapa de su desarrollo (Chew y Jiménez, 2002).

Hoy en día a pesar del elevado precio de la semilla híbrida, la tendencia general del mejoramiento genético en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) es la obtención de híbridos de gran vigor, debido a la heterosis que se observa para la mayor parte de los caracteres de interés agronómico (Ditix, 1983).

Por su importancia económica, la mejora genética del cultivo de melón está orientada a aumentar la calidad de los frutos y controlar algunos caracteres reproductivos útiles para la obtención de semilla híbrida. La tolerancia a estrés abiótico y el mejoramiento en la calidad, son objeto del mejoramiento. El mejoramiento a favor de la calidad es difícil, dado que cada mercado tiene sus preferencias. El mejoramiento para la producción se ha concentrado en la precocidad, que permite tener costos más bajos, mejores precios y reducción del período de maduración (Carnide, 2006).

La calidad de las semillas de melón varía con el tamaño del fruto, peso, madurez, etc. En general, es un hecho demostrado que la cantidad y la calidad de la semilla disminuye al mismo tiempo que el tamaño del fruto y del peso. En las cucurbitáceas, los primeros frutos formados serán más grandes de tamaño que un segundo fruto, esto debido a la reducida acumulación de fotosíntesis en las frutas. Esto puede ser la razón del reducido peso seco y calidad de las semillas de frutas de tamaño medio y pequeño, por lo tanto, la selección apropiada de frutas es un factor importante después de la cosecha para obtener semillas de alta calidad. (Roopa, 2006).

La liberación de nuevas variedades es un proceso muy dinámico para las empresas productoras de semillas, ya que cada año generan nuevos híbridos y/o variedades que se evalúan y se seleccionan para cada región. Un aspecto muy importante es el estudio de los factores climáticos, siendo esto fundamental para el desarrollo adecuado del cultivo, para la obtención de buena calidad y alta producción, ya que todos se encuentran estrechamente

relacionados y la actuación sobre uno de estos, incide sobre el resto de los factores climáticos.

La región semiárida del Norte de México que se dedica a la producción de melón, la producción se ve afectada por factores climáticos adversos, como: bajas y altas temperaturas, escasez de agua y baja fertilidad del suelo.

En la Región Lagunera el melón es la hortaliza más importante, se caracteriza por ser la región más productora de melón, ocupando el primer lugar en cuanto a producción a nivel estatal y ocupa el segundo lugar a nivel nacional, para el 2010 obtuvo una superficie sembrada de 8,395.5 hectáreas, produciendo 195,918.76 toneladas (SIAP, 2010).

Por lo anterior, se requiere obtener nuevos materiales genéticos que se adapten para estas regiones, seleccionando los mejores genotipos con altos rendimientos, que estos sean tolerantes a plagas y enfermedades y con buena eficiencia fisiológica.

## **Objetivos**

- a) Formar una población base para seleccionar genotipos con características sobresalientes.
- b) Seleccionar genotipos de melón proveniente de germoplasma seleccionado por su eficiencia fisiotécnica, uso eficiente del agua y alta producción de semilla.
- c) Seleccionar genotipos de melón con características agronómicas y calidad.

## **Hipótesis**

- a) Es posible realizar recombinación para seleccionar genotipos con características sobresalientes.
- b) Existirán diferencias entre genotipos en calidad, características fisiológicas, fenológicas y producción de semilla.
- c) Es posible que al menos un genotipo tenga características agronómicas sobresalientes y de calidad.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Importancia del cultivo de melón

El cultivo de melón (*Cucumis melo* L.), tiene gran demanda en todo el mundo, fundamentalmente en la época calurosa, debido a sus cualidades refrescantes. Dentro de la familia de las cucurbitáceas, ocupa el tercer lugar en importancia por la superficie sembrada.

Es una especie que se cultiva ampliamente en todos los países en las regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo. Los melones de mayor comercialización son los tipos Cantalupo reticulado, Honey dew cultivados e importados por los Estados Unidos y los tipos Galia, Charentais y Piel de sapo producidos y distribuidos principalmente en Europa. De acuerdo con las estadísticas de la FAO el melón es uno de los principales productos de fruta dulce consumida en fresco.

El cultivo de melón en México es de gran importancia por la superficie dedicada a su cultivo y por generar una alta mano de obra en su manejo. Este cultivo desde los años veinte ha sido generador de divisas para México, en los setenta su presencia toma mayor importancia entre los productores, debido a una mayor demanda tanto del mercado nacional como del internacional (Claridades Agropecuarias, 2007).

El principal uso de esta especie consiste en el consumo de sus frutos como fruta fresca, aunque también se emplean para elaborar dulces y cuando el fruto es joven, para preparar encurtidos. De las semillas se extrae un aceite apto para el consumo humano (Maroto, 2002).

## Importancia económica

Dada la existencia de consumidores de altos ingresos en algunos países europeos, se ha buscado diversificar el mercado del melón mexicano, aprovechando la demanda que estos países representan; sin embargo, los altos costos de transporte y lo perecedero de este fruto, constituyen un serio obstáculo para el aprovechamiento de estos mercados (USDA, 2007). En el 2005 México se colocó como el primer país productor y principal exportador de melón a Estados Unidos ya que lo abastece en un 99 % del total de sus importaciones (Espinoza, 2009).

## Producción mundial

**Cuadro 2.1.** Principales países productores de melón en el 2010.

<b>Países</b>	<b>Toneladas</b>
China	11,333,747.00
Turquía	1,611,700.00
Irán (República Islámica)	1,317,600.00
Egipto	1,076,770.00
Estados Unidos de América	999,800.00
España	926,700.00
India	894,000.00
Italia	666,383.00
Marruecos	567,301.00
México	561,681.00

Fuente: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

## Producción nacional

**Cuadro 2.2.** Principales estados productores de melón en el 2010.

Estados	Superficie Sembrada	Superficie Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(T)	(T/ha <sup>-1</sup> )	(\$ T)	(Miles de Pesos)
COAHUILA	5,754.50	4,255.50	126,150.76	29.64	2,893.01	364,954.90
MICHOACAN	3,341.00	3,326.00	117,355.70	35.28	3,040.17	356,781.48
SONORA	2,639.00	2,639.00	82,957.28	31.44	5,252.03	435,694.42
DURANGO	2,641.00	2,611.00	69,768.00	26.72	2,296.54	160,224.70
GUERRERO	3,789.00	3,682.50	63,501.99	17.24	2,323.66	147,557.16
COLIMA	696	576	29,994.00	52.07	4,452.47	133,547.50
OAXACA	1,459.90	1,434.90	19,637.28	13.68	3,316.58	65,128.70

PMR: Precio Promedio Rural.

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Cierre de la producción agrícola por estado.

## Origen

Entre las cuestiones fundamentales con las plantas cultivadas, es su origen geográfico y región de domesticación. El género *Cucumis*, que incluye el pepino y melón, cuenta con numerosas especies silvestres de África. Se supone que el melón se originó en África. El uso de marcadores en secuencias de ADN de los plastidios y nucleótidos de 100 accesiones procedentes de África, Australia y Asia, mostraron que el melón y el pepino son de origen asiático y tienen muchas especies parientes en Australia y en todo el Océano Índico. El progenitor silvestre de *C. melo* se encuentra en la India (Sebastian, 2010).

## Características de la planta

El melón por su origen es de clima cálido y luminoso; suele presentar en condiciones normales de cultivo una vegetación exuberante con tallos poco consistentes y tiernos que adquieren su mayor desarrollo en las estaciones secas y calurosas. Este cultivo está ubicado dentro de las familias de las cucurbitáceas y es una planta herbácea, anual y rastrera. Su raíz principal llega a medir hasta 1 m de profundidad y las raíces secundarias son más largas que la principal, llegando a medir hasta 3.5 m con una ramificación abundante. En las primeras etapas de desarrollo entre 15 y 30 días el sistema radical del melón crece más rápido que el de la sandía y el pepino (Zapata *et al.*, 1989).

## Clasificación taxonómica

El melón (*Cucumis melo* L.) pertenece a la familia *Cucurbitaceae*, de plantas rastreras o trepadoras, con zarcillos caulinares simples o multífidos. Esta familia comprende unas 750 especies, distribuidas en 90 géneros, la mayoría de ellos situadas en regiones cálidas, y más específicamente en regiones tropicales y subtropicales. De esas 750 especies, solo 30 son plantas cultivadas, entre ellas la sandía (género *Citrullus*), el pepino (género *Cucumis*) y la calabaza y la calabacita (género *Cucurbita*) (Nuez *et al.*, 1996).

El género *Cucumis* fue establecido por Linneo en "*Species plantarum*" (1753) y en "*Genera plantarum*" (1754). Desde entonces, ha habido muchos estudios taxonómicos sobre el género, entre los más relevantes, aquellos llevados a cabo por Naudin (1859) y Coignaux (1881). Comprende 32 especies, algunas de ellas cultivables, siendo el melón y pepino los cultivos más relevantes. El resto son especies silvestres africanas.

Jeffrey (1980) y posteriormente Kirkbride (1993), establecieron formalmente dos subgéneros dentro del *Cucumis*: el subgénero *Cucumis* L. que incluye a *C. sativus*, con el número cromosómico básico  $x=7$ , y el subgénero *melo* (Miller), C. Jeffrey, que incluye a *C. melo* y a muchas especies silvestres africanas, con  $x=12$ .

Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), 2008 el melón (*Cucumis melo* L.) taxonómicamente se clasifica de la forma siguiente:

Reino: **Plantae**

División: ***Magnoliophyta***

Clase: ***Magnoliopsida***

Subclase: ***Dilliniideae***

Superorden: ***Violanae***

Orden: ***Violales***

Familia: ***Cucurbitaceae***

Subfamilia: ***Cucurbitoideae***

Tribu: ***Melothrieae***

Subtribu: ***Cucumerinae***

Género: ***Cucumis***

Subgénero: ***Melo***

Sección: ***Melo***

Serie: ***melo***

Especie: ***Cucumis melo* L.**

## **Descripción botánica**

### **Ciclo vegetativo**

El melón es una planta herbácea, anual, rastrera o trepadora si se le facilita un tutorado apropiado mediante zarcillos sencillos de 20-30 cm de longitud que nacen en las axilas de las hojas, junto a los brotes en formación. Gracias al cultivo forzado y a su protección en invernadero se ha ampliado el tiempo de su permanencia en el mercado (Reche, 2009).

Es una planta anual herbácea de porte rastrero o trepador, cuyo ciclo vegetativo se ve afectado principalmente por las temperaturas y por el cultivar que se trate. El ciclo fenológico desde la siembra hasta inicio de cosecha varía de los 90 a 110 días (Tiscornia, 1974).

En el ciclo fenológico del cultivo se necesitan 1178 unidades calor (punto crítico inferior 10 °C y superior de 32 °C) para inicio de cosecha y un total de 1421 unidades calor para terminar el ciclo (Cano y González, 2002).

### **Raíz**

Tiene un sistema radical abundante, muy ramificado y de rápido desarrollo. La raíz adulta de la planta de melón es pivotante, con un sistema radical secundario extenso que puede alcanzar hasta 1.5 m de profundidad, pero superficial en cultivos enarenados donde el agua y fertilizantes están muy próximos, no sobrepasando, los 50 cm de profundidad (SIAP, 2010).

## **Tallos**

Los tallos son sarmentosos, de color verde, flexible y ramificado, de sección pentagonal, cuadrangular o cilíndrica en plantas jóvenes, blandas y recubiertas de débiles formaciones pelosas. Por su crecimiento rastrero se desarrolla a ras del suelo, pero también trepador y con zarcillos caulinares que se aprovecha en algunas variedades para el tutorado. En el tallo principal se insertan las hojas de cuyas axilas brotarán las ramificaciones secundarias, y de estas surgen otras ramificaciones terciarias donde nacerán las flores femeninas, principalmente, portadoras de los frutos. El crecimiento de las plantas, puede alcanzar hasta los 2,5 m (Reche, 2007).

## **Hojas**

Las hojas son pecioladas, con pecíolo largo de 10-15 cm, palminervias, alternas, redondeadas en plantas jóvenes y lobuladas, divididos en 3-5 lóbulos, con los bordes dentados pero no pronunciados, cubiertas de vellosidad y de tacto áspero. Las hojas se desarrollan en cada nudo del tallo junto a los zarcillos, pudiendo variar de color y tamaño dependiendo de la variedad. En las axilas de cada hoja con el tallo principal nacen los brotes de segundo orden (Reche, 2007).

## **Flores**

Las flores son solitarias, de color amarillas y por su sexo, pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas y de acuerdo a su relación, pueden ser monoicas (la planta es portadora de las flores masculinas y femeninas), andromonoicas (la planta es portadora de flores masculinas y flores hermafroditas) y ginomonoicas (la planta posee flores hermafroditas y femeninas), aunque lo normal es que sean monoicas o andromonoicas.

Las flores masculinas suelen aparecer en primer lugar sobre los entrenudos más bajos y las femeninas aparecen más tarde en las ramificaciones de segunda y tercera generación, aunque siempre conjuntamente con otras masculinas. La fecundación es principalmente entomófila (Maroto, 2004).

## **Fruto**

Es un fruto polimórfico, procedente de un ovario ínfero, cuya placenta muy desarrollada llega desde el eje hasta la pared carpelar, en cuyo interior se encuentran las semillas. La planta de melón se caracteriza por producir frutos de forma, tamaño y color de la piel y de la pulpa diversa. El fruto del melón es una baya grande con placenta carnosa y epicarpio quebradizo, con rasgos muy diversos, dependiendo de la variedad cultivada (Ruiz, 2009).

## **Semilla**

Son el resultado de los óvulos fecundados y maduros contenidos en el fruto. La semilla de melón se compone de tegumentos que protegen a la semilla, de las sustancias nutritivas y del embrión. Este último es la parte más importante ya que de él depende la germinación, crecimiento y desarrollo de la nueva planta. Son de tamaño y peso variable. Son generalmente fusiformes, aplastadas, lisas, de 3-6 mm de largas, de color blanco amarillento. Su facultad germinativa dura, aproximadamente, 5-6 años (Reche, 2009).

Las semillas, que ocupan la cavidad central del fruto, insertas sobre el tejido placentario, son fusiformes, aplastadas y de color blanco o amarillo. En un fruto puede haber 200-600 semillas. En un gramo de semilla cuenta con aproximadamente entre 22-50 semillas, según las variedades (Maroto, 2004).

## Composición del fruto

El contenido nutricional del fruto de melón se muestra en el cuadro siguiente:

**Cuadro 2.3.** Composición nutritiva del fruto de melón, en base a 100 gramos de pulpa dispuesta para el consumo (Reche, 2009).

Componentes	% ó g
Agua	92%
Hidratos de Carbono	6,5 g
Grasas	0,1-0,2 g
Proteínas	0,6-0,7 g
Minerales	0,5 g
Sodio	12-15 mg
Potasio	220-230 mg
Calcio	12-20 mg
Magnesio	17-18 mg
Hierro	0,35-0,5 mg
Cobre	0,04-0,05 mg
Fósforo	14-16 mg
Azufre	12 mg
Vitaminas	Vitaminas:
Vitamina A o Retinol	1.200 U.I
Vitamina B1 o Tiamina	0,04-0,05 mg
Vitamina B2 o Riboflavina	0,03-0,04 mg
Vitamina B6 o Piridoxina	0,035-0,036 mg
Vitamina C o Acido ascórbico	30-35 mg
Acido Nicotínico	0,60 mg
Acido Pantoténico	0,26 mg

Por otra parte, 100 gramos de pulpa poseen un bajo poder calorífico: 2-30 calorías.

## **Variedades**

En México se cultivan 13 variedades de melón, entre las que destacan las de tipo Cantalupo (chino, rugoso o reticulado) y Honey dew (melón amarillo o gota de miel) (Claridades Agropecuarias, 2007).

## **Requerimientos climáticos**

El cultivo de melón necesita de un clima cálido para su crecimiento y desarrollo, además de tiempo seco y mucha luz, sobretodo durante la maduración de los frutos. El melón necesita de calor y si las temperaturas no son las idóneas es imprescindible la protección térmica. El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos, incide sobre el resto (Reche, 2007).

Siendo una planta originaria de los climas cálidos, el melón precisa calor así como de una atmósfera que no sea excesivamente húmeda, para que pueda desarrollarse normalmente. Las plantas de melón son fácilmente muertas por las heladas en cualquiera de sus estados de desarrollo. En regiones húmedas y con una insolación poco elevada, los frutos experimentan una mala maduración; sin embargo pueden alcanzar la madurez normal durante los veranos secos y cálidos utilizando abrigos encristalados, o simplemente cultivados al aire libre. Parece ser que la calidad de los frutos resulta ser mejor cuando más elevada sea la temperatura en el momento que se aproxima la madurez (Hecht, 1997; Marr *et al.*, 1998).

## **Temperatura**

El melón es una hortaliza de clima cálido, por lo cual no tolera heladas; para que exista una buena germinación de la semilla, deberán existir temperaturas mayores a los 15 °C; con un rango óptimo de 24 a 30 °C. La temperatura ideal para que exista un buen desarrollo debe oscilar en un rango de 18 a 30 °C, con una máxima de 32 °C y una mínima de 10 °C (Reche, 2009).

El melón es una hortaliza de clima cálido y seco, con temperaturas entre 18 y 30 °C. A mayor temperatura y a menor humedad relativa aumenta la calidad del fruto; el porcentaje de azúcar y el aroma son mayores; además, disminuye el ataque de enfermedades. Para la germinación, la temperatura óptima se encuentra entre 22 y 28 °C, para el desarrollo entre 25 y 30 °C y para la polinización entre 20 y 23 °C (Mozo, 1999).

## **Humedad**

Al inicio del desarrollo de la planta la humedad relativa debe ser del 65-75%, en floración del 60-70% y en fructificación del 55-65%. La planta de melón necesita bastante agua en el período de crecimiento y durante la maduración de los frutos para obtener buenos rendimientos y calidad (Tecno Agro México, 2009).

## **Luminosidad**

La duración de la luminosidad en relación con la temperatura, influye tanto en el crecimiento de la planta como en la inducción floral, fecundación de las flores y ritmo de absorción de elementos nutritivos. El desarrollo de los tejidos del ovario de la flor está estrechamente influenciado por la temperatura y las horas de iluminación, de forma que días largos y temperaturas elevadas

favorecen la formación de flores masculinas, mientras que días cortos y temperaturas bajas inducen el desarrollo de flores con ovarios (Casaca, 2005).

### **Exigencias del suelo**

La planta de melón no es muy exigente en suelo, pero da mejores resultados en suelos ricos en materia orgánica, profundos, mullidos, bien drenados, con buena aireación y pH comprendido entre 6 y 7. Sí es exigente en cuanto a drenaje, ya que los encharcamientos son causantes de asfixia radical y podredumbres en frutos (Casaca, 2005).

El melón es una planta resistente a la sequía, que requiere suelos de textura media, bien drenados, con un nivel medio de nutrimentos y pH desde ligeramente ácido hasta medianamente alcalino (Soto *et al.*, 1995).

### **Parámetros de calidad**

#### **Contenido de sólidos solubles totales (Grados brix)**

El contenido de sólidos solubles es un criterio fundamental y determinante en la calidad de los frutos de melón. Los grados brix se determinan mediante el uso de un refractómetro. Con ello se obtienen el porcentaje de sólidos solubles presentes en la muestra extraída del fruto. (Yamaguchi, 1977; Monforte y Álvarez, 2006).

Las características importantes de calidad para los melones son la dulzura, la firmeza con una pulpa jugosa, el aroma y con un sabor típico del melón en particular. Los melones maduran primero desde el interior y del extremo del ápice. Los melones no tienen reservas de almidón, y el contenido de azúcar no aumenta después de la cosecha.

El contenido de azúcar se estima mediante la medición de sólidos solubles, el contenido de sólidos solubles de la pulpa de melón es aproximadamente el 80% de sólidos solubles totales. Para obtener una calidad excelente de consumo en melones, es fundamental para la cosecha a un nivel suficientemente etapa avanzada, cuando los azúcares ya se han acumulado en la fruta.

Aunque el color externo puede cambiar después de la cosecha, el color de la pulpa cambia muy poco. La mayoría de los azúcares se han acumulado en la fruta una vez que la fruta comienza a madurar. La fruta debe tener un mínimo de sólidos solubles del 8% y tiene mucho mejor calidad de consumo si el contenido de sólidos solubles es de 10-12% (Cantwell, 1996).

### **Enmallado**

La corteza del melón (*Cucumis melo* L. Var. *reticulatus*) las frutas contiene una red de tejido suberizadas, conocida como “red” que se empieza a formar hacia el final de la etapa de expansión de frutas. Por lo general, aparece por primera vez alrededor de la cicatriz flor, cubriendo gradualmente toda la fruta en unos pocos días. Cuando el tejido está completamente maduro la “red” tiene una coloración blanco y seco que se extiende sobre la superficie del fruto (Keren-Keiserman *et al.*, 2004a).

Los estudios histológicos han demostrado que la red se origina a partir de finas grietas que aparecen en la superficie de la fruta. Conforme la fruta crece, las grietas se profundizan y se amplían alterando la cutícula y algunas células de la epidermis e hipodermis. Por debajo de estas grietas, las células comienzan a multiplicarse en la peridermis, produciendo masas de células con paredes suberizadas que se extienden por encima de la superficie de la fruta (Webster y Craig, 1976; Keren-Keiserman *et al.*, 2004a).

### **Forma de fruto**

Existen varios estudios destacados que relacionan la genética del cultivo con este carácter morfológico, varios de estos estudios encontraron una importante correlación entre forma del fruto y su longitud (Périn, 2002; Monforte, 2004).

### **Tamaño de fruto**

Un principal tema en el desarrollo de las plantas superiores es la determinación del tamaño de fruto. La diferencia en el tamaño de fruto podría también ser definida por el número de células cuando cada genotipo es cultivado en diferentes temperaturas. El tamaño de fruto está determinado por la proliferación de células en el estadio temprano del desarrollo del fruto y el factor que regula la cantidad de proliferación está afectado por la temperatura. Aunque ha habido numerosos estudios sobre el efecto de varios factores en el desarrollo del fruto, tales como la regulación hormonal (Takeno *et al.*, 1992), se desconoce aún cómo es que las plantas regulan su tamaño de fruto.

El proceso de desarrollo de frutos ginoicos en plantas superiores puede ser dividido en tres distintas fases (Gillaspy *et al.*, 1993). Las fases más tempranas involucran el desarrollo del ovario, y es el tiempo en el cual está determinado si la fruta es abortada o continúa su desarrollo, generalmente referido como amarre de fruto. En la segunda fase, el crecimiento del fruto es debido principalmente a la división celular, mientras que en la tercera fase el crecimiento ocurre principalmente por expansión celular. El crecimiento del fruto entonces se detiene y la maduración comienza y entonces el tamaño de fruto final no está determinado hasta que finalizan las tres fases de desarrollo.

Es importante señalar el papel de cada fase para clarificar el mecanismo que controla el tamaño final del fruto. Los factores genéticos en el desarrollo del fruto son:

1. El primero determina el número de células en el carpelo.
2. El segundo determina el número de divisiones celulares durante la fase de proliferación celular.
3. El tercero determina la duración y la tasa de alargamiento de células individuales en la fase de alargamiento celular.

Sin embargo, no es conocido qué factor es el más importante en la determinación del tamaño de fruto en las plantas superiores. Los factores ambientales, incluyendo temperatura, luz, agua y nutrientes, pueden modificar la acción de los factores genéticos.

Los cultivares de melón poseen diferentes tamaños de fruto, indicando la contribución de factores genéticos a las diferencias en tamaño de fruto. Sin embargo, el tamaño de fruto de melón también está fuertemente afectado por condiciones ambientales, especialmente condiciones térmicas durante el desarrollo de fruto.

A través de observaciones histológicas se ha demostrado que la diferencia en el número de células que constituyen el pericarpio es la mayor causa de la diferencia en tamaño de fruto entre los genotipos de melón, y que las condiciones térmicas tienen un efecto considerable sobre el número de células. Observaciones indican que el número, y no el tamaño de las células del pericarpio, son esenciales en la determinación final del tamaño de fruto en melón.

El número de células en frutos cultivados en condiciones más cálidas son mayores que el de aquellos cultivados en condiciones más frías. Observaciones

muestran claramente que el número de células en el pericarpio es un factor crítico para la determinación del tamaño final de fruto y que este factor regula la proliferación celular y es modificado por la temperatura.

De estos resultados se concluye que el tamaño de fruto de melón está definido por el número de células en el pericarpio, y la diferencia en el número de células es causada por los diferentes factores genéticos que controlan la proliferación celular.

### **Color de la cáscara del fruto**

Los cambios en el color de la cáscara de las variedades de climaterio se producen durante el desarrollo del fruto, por la degradación de la clorofila, de color verde oscuro a amarillo-naranja (por ejemplo, "Galia" o melones tipos americanos) o de color verde pálido a amarillo cremoso (por ejemplo, tipo "Charentais"), (Burger *et al.*, 2008).

El color de la cáscara durante la maduración del fruto se ve afectado por la síntesis de etileno. Este cambio es el resultado de dos procesos: la degradación de la clorofila y pigmentos (carotenos y otros), la exposición y/o acumulación, con la degradación de la clorofila es un componente de etileno dependientes (Ayub *et al.*, 1996; Flores *et al.*, 2001).

### **Color de la pulpa**

El color de la pulpa del melón varía y puede ser verde, blanco, crema o naranja, con la intensidad de la naranja correlacionado con beta-caroteno (Burger *et al.*, 2006).

## Variables Fisiotécnicas

### Fotosíntesis

Las hojas en el cultivo de melón, es el órgano principal fotosintético de las plantas, son la fuente de la acumulación de carbohidratos en las frutas y suministra carbono para la síntesis de azúcares y el metabolismo de carbohidratos. La fotosíntesis de la hoja es fundamental para el crecimiento y calidad del fruto. El cambio en el contenido de clorofila, las tasas de fotosíntesis y la partición de carbohidratos en las hojas fuente puede alterar las tasas de exportación de fotoasimilados, los cuales están directamente relacionados con la acumulación de carbohidratos en las frutas, (Liu, 2011).

Cuando los estomas se cierran se produce una disminución de la actividad fotosintética, pues se impide el intercambio gaseoso. Sin embargo, no toda disminución de la fotosíntesis, es producida por el estrés hídrico, puede ser explicada por un cierre estomático. Este es sólo en parte el responsable de la misma (Janoudi *et al.*, 1993; Melkonian y Wolfe, 1993, 1995).

Encontraron cambios diurnos en las tasas de fotosíntesis y transpiración entre genotipos de melón, hubo una tendencia a tener tasas más elevadas de transpiración en los genotipos con las más elevadas tasas fotosintéticas. Cuando las plantas de melón fueron estresadas por su exposición a temperaturas de 50 °C por 30 minutos y 48 °C por 60 minutos en dos diferentes fechas, el estrés resultó en una disminución de las tasas fotosintéticas pero no en las tasas de transpiración de las hojas de melón. Esto indica la importancia del mesófilo y no del estoma a la resistencia de la fotosíntesis (Nirarnit *et al.*, 1992).

## Transpiración

La transpiración varía en función a la intensidad luminosa, por que la evaporación de agua enfría la hoja y también en función de la disponibilidad de agua y del CO<sub>2</sub> intercelular del mesófilo foliar (Messinger *et al.*, 2006).

La transpiración es un fenómeno que tiene como base el paso de agua del estado líquido a gaseoso, por lo que se requiere una fuente de energía que es proporcionada por la radiación. Además, es necesario que haya una diferencia de presión de vapor (déficit de presión de vapor, DPV) entre la superficie evaporante y el aire que lo rodea. El viento actúa mezclando las capas con mayor contenido de agua con otras de menor contenido, evitando de esta forma que las capas próximas a la superficie evaporante se saturen, y por tanto se detenga el proceso de la transpiración (Fernández *et al.*, 2001)

Según Ruiz (2000) menciona que la mayor cantidad de agua que pierde la planta se evapora por las superficies foliares, por el proceso de transpiración. La transpiración se ve afectada directamente por la velocidad del viento, ya que las hojas tienen una capa límite de aire en la superficie y si esta capa es perturbada, se incrementa la transpiración.

La transpiración es el determinante principal del balance de energía de la hoja y del estado hídrico de la planta y, junto con el intercambio de CO<sub>2</sub>, determina la eficiencia del uso del agua (Percy *et al.*, 1991).

La transpiración juega un papel importante no solamente en el mantenimiento de la turgencia de los tejidos, sino también en la regulación de la temperatura de la hoja (Hatfield y Burke, 1991). Los cultivares de melón no son igualmente resistentes a la sequía ni reaccionan de la misma manera frente a una situación de déficit hídrico. Las variedades menos sensibles a la falta de

agua reaccionan más rápidamente al estrés reduciendo la transpiración (Hosoki *et al.*, 1987).

El conocimiento sobre la respuesta de los cultivos de invernadero a la humedad y la transpiración, se han obtenido. Sobre una base a corto plazo, la baja humedad ligeramente afecta el crecimiento de las plantas mediante la reducción de la apertura estomática y por lo tanto la tasa de fotosíntesis. En un largo plazo, altos niveles de humedad modifican el desarrollo de las hojas, ya sea aumentando el número de brotes laterales o causando las bajas tasas de transpiración y por lo tanto la deficiencia de calcio, que puede conducir a la reducción de área foliar de hasta un 50% (Jolliet, 1993).

### **Conductancia estomática**

La conductancia estomática, es una medida de la capacidad de difusión de los gases, que está determinada por la apertura del poro y por el número de estomas (Long *et al.* 2004).

La conductancia estomática regula un alto porcentaje de intercambio gaseoso en las hojas de las plantas, donde son involucradas muchas sustancias que controlan la apertura estomática, presentándose variación en ambientes.

El control estomático de la conductancia de la hoja es una de las formas que los vegetales tienen para controlar la pérdida de agua por transpiración. A menudo se utiliza la medida de esta conductancia o su inversa, la resistencia estomática, como un indicador del estrés. Todos los factores climáticos influyen en la transpiración produciendo variaciones en la apertura estomática, pero son especialmente importantes la radiación y la humedad relativa (Kitano *et al.*, 1983; Jolliet, 1993).

## Uso eficiente del agua

Si los niveles de CO<sub>2</sub> atmosférico se elevan, el CO<sub>2</sub> intracelular subirá, los estomas cierran los poros reduciendo su gas y su transpiración, pero a su vez mantendrán niveles similares o incluso mayores de CO<sub>2</sub> intracelular con los que continúan su actividad fotosintética (Schroeder, 2001; Long *et al.*, 2004). Por esta razón el CO<sub>2</sub> elevado mejora el estatus hídrico y la eficiencia en el uso del agua (Wolfe, 1998; Leakey *et al.*, 2006).

Parra *et al.*, (2002) menciona que uno de los procesos fisiológicos más sensibles al déficit de agua es el incremento celular, de manera que la sequía reduce la expansión y área foliar. Cuando el déficit hídrico es severo, se acelera la senescencia de las hojas maduras. Además, la fotosíntesis y la transpiración se abaten debido a la reducción de la turgencia, al cierre estomático y al bloqueo a la difusión de CO<sub>2</sub> hacia el mesófilo.

Una de las exigencias básicas de la producción de melón es la disponibilidad de agua bien distribuida y en cantidades adecuadas a lo largo de su ciclo vegetativo. Se debe evitar el estrés hídrico, puesto que influye en el rajado de los frutos y afectan negativamente al crecimiento foliar reduciendo la cosecha final. El cultivo se desarrolla en el período estival, cuando la demanda evaporación es alta y las precipitaciones son prácticamente inexistentes, por lo que es preciso recurrir al riego para obtener producciones que permitan una adecuada rentabilidad económica (Ribas, 2000).

## Mejoramiento genético

El mejoramiento genético vegetal es la aplicación de técnicas genéticas a la obtención de variedades vegetales que superan en productividad, resistencia, calidad, etc., a las ya existentes.

La mejora genética vegetal es la evolución de las plantas dirigida por el hombre. Se trata básicamente de una elección hecha por éste de las mejores plantas dentro de una población con características variables. La variabilidad, también llamada biodiversidad o agrobiodiversidad, es la materia prima con la que se desarrolla la mejora genética de las plantas (Nuez y Ruiz, 1999a y 1999b; Nuez *et al.*, 2000). Y es en la caracterización de los recursos disponibles donde podemos encontrar la materia prima que estamos necesitando para la mejora de calidad (Pitrat, 2002).

La etapa inicial del mejoramiento genético de una especie es la selección, formación y evaluación de variedades con características deseables y la fase final para la liberación de una variedad nueva, exige realizar la descripción varietal, en donde se permita establecer que la variedad a liberar debe ser distinta, homogénea y estable en relación a las variedades que se encuentran en el mercado de semillas (UPOV, 2001).

El cultivo del melón ha experimentado en los últimos veinte años un desarrollo extraordinario en todo el mundo, pasando a ser de un producto de consumo minoritario a otro de amplia aceptación. Hecho que se fundamenta en un crecimiento continuado de las superficies cultivadas y sobre todo en la mejora general del cultivo y de las variedades cultivadas (Zapata *et al.*, 1989).

Delouche (1985) recomienda que en el programa de mejoramiento genético se incluyan caracteres relacionados con la calidad de la semilla, ya que esto incrementaría la resistencia al deterioro de campo, la longevidad durante su almacenamiento, así como su capacidad de germinación y emergencia en condiciones no favorables.

## **Aptitud combinatoria**

La aptitud combinatoria general (ACG) explica la proporción de la varianza genotípica debida a los efectos aditivos de los genes, mientras que la aptitud combinatoria específica (ACE) se refiere a la varianza genotípica que puede deberse a dominancia o epistasis (Gutiérrez *et al.*, 2002).

Los termino de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) en el cultivo del melón han sido efectuadas por Lippert y Legg (1972), Chadha y Nandpuri (1980) y Kalb y Davis (1984), los cuales coincidieron en que la ACE fue de menor magnitud que la ACG; sin embargo, estos investigadores sólo evaluaron el rendimiento y calidad de fruto sin considerar la calidad de la semilla, la cual es fundamental para tener éxito en el establecimiento del cultivo.

En especies de polinización cruzada, la aptitud combinatoria general (ACG), el efecto es un indicador del valor relativo de la población en términos de frecuencia de los genes favorables y de sus divergencias, en comparación con los otros progenitores en el dialélico. Así, el análisis de los efectos de ACG permite la identificación de los progenitores superiores, para ser utilizados en programas de mejoramiento dentro de la población. La aptitud combinatoria específica (ACE) estima el efecto de dos poblaciones, expresa las diferencias de frecuencias de los genes entre ellos y sus divergencias, en comparación con los progenitores del dialélico. Por lo tanto, los efectos de ACG y ACE deben ser considerados en la selección de las poblaciones para la producción de híbridos y de los programas de selección recurrente recíproca. (Cruz y Vencovsky, 1989; Viana, 2000b).

## **Análisis de componentes principales**

El análisis de componentes principal (ACP) es una técnica estadística de análisis multivariado que permite seleccionar la información contenida de un conjunto de variables de interés en nuevas variables independientes. En la actualidad se han realizado diferentes investigaciones en el melón en base los componentes principales de las variables fisiológicas del cultivo.

Según Kaiser 2011, en el cultivo de melón variedad *reticulatus* existe correlación en las siguientes variables como: el rendimiento/planta, se correlacionó positivamente con el número de ramas laterales por planta, número de hojas verdes por planta, peso de la fruta, frutas/vegetales y el número total de hojas por planta. La lesión de la membrana en las hojas es significativamente y positivamente correlacionada con el número de ramas laterales y número de frutos/planta. El número de hojas verdes/planta se correlaciona positivamente con los sólidos solubles totales (SST) y el rendimiento de la planta y puede ser capaz de ser utilizado como un marcador para la selección morfológica de alto rendimiento y alto en sólido solubles totales. El apareamiento al azar es una técnica útil para incorporar los genes de alta tolerancia al estrés mediante el desarrollo de nueva variabilidad y nuevos genotipos. La variabilidad puede ser evaluada mediante el análisis de componentes principales, análisis de conglomerados, y la correlación.

El análisis de componentes principales presenta múltiples ventajas (Broschat, 1979): es una técnica que reduce la dimensionalidad de un conjunto de datos multivariados, removiendo las interrelaciones existentes entre variables, organiza los datos en forma de vectores ortogonales en donde cada una de las variables dentro del vector se comportan en forma similar con base en sus correlaciones; a cada uno de estos vectores se le llama componente principal. Esta prueba expresa la mayor parte de la varianza de los datos

ortogonales, y es una herramienta útil para simplificar el análisis e interpretación de la gran cantidad de variables considerables en una evaluación exhaustiva.

### **Varianza genética**

La precisión de las estimaciones de las varianzas genéticas se puede determinar mediante el coeficiente de variación genética (CVG), por lo tanto, un valor alto del CVG indica mayor varianza genética (Kenapp *et al.*, 1987, Moreno *et al.*, 2002 y Bello *et al.*, 2007).

Márquez y Sahagún (1994), encontraron que en igualdad de condiciones el “Diseño de Familias de Medios Hermanos Maternos” (DFMHM) puede producir estimaciones más precisas que las producidas por el Diseño I. Algunos de los problemas que acentúan la baja precisión en la estimación de componentes de varianza genética son aquellos inherentes a la calidad de la técnica experimental y al número de repeticiones en la evaluación de las familias generadas (Sahagún, 2000). El nivel de endogamia de los progenitores, en un diseño de apareamiento, no necesariamente afecta de igual manera la precisión de los estimadores de los componentes de varianza aditiva y de dominancia, no tiene el mismo efecto en un diseño de apareamiento que en otro. Sahagún (2000), encontró una relación directa entre el nivel endogámico de las hembras y el número de repeticiones con la precisión con que se estima a los componentes de varianza genética; concluyó que sólo el coeficiente de endogamia del progenitor femenino tiene efecto en la precisión (Meneses *et al.* 2004).

La varianza genética de acuerdo con Falconer (1975) resulta de la suma de las varianzas aditiva y de dominancia. La varianza aditiva se puede estimar a través de familias de medios hermanos, mientras que la dominancia se estima utilizando familias de autohermanos (Márquez 1985, Hallauer y Miranda 1988, Márquez y Sahagún 1994).

Cockerham (1983) formuló un modelo para dividir la varianza genética en sus componentes, con información obtenida de familiares derivados a través de autopolinización. Su método incluía la varianza aditiva, la covarianza entre los efectos aditivos y homocigóticos dominantes (D1), la varianza entre efectos homocigóticos dominantes (D2) y la depresión endogámica (H). Este modelo era más general que otros formulados anteriormente para el estudio de los componentes de la variabilidad genética, puesto que éste no estaba restringido a poblaciones donde la frecuencia de alelos favorables sea igual a 0,5. Además, este modelo era independiente del número de alelos posibles para un locus.

Hallauer y Miranda (1981) señalaron que la estimación de los componentes de varianza genética se basa en el análisis de varianza y las esperanzas de los cuadrados medios propios del modelo de cada diseño, suponiendo que tanto éste como la muestra del genotipo bajo estudio son aleatorios.

El método de análisis de varianza para estimar componentes de varianza genética consiste en igualar los cuadrados medios con sus esperanzas (Searle, 1971). El sistema de ecuaciones lineales obtenido se resuelve para los componentes de varianza como funciones de los cuadrados medios.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Localización del área de estudio

La presente investigación se realizó en el año 2011; se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en el invernadero número 6, localizado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a 25° 21' 19.29" latitud N y 101° 01' 49.07" longitud W, con una altitud de 1777 msnm. La temperatura media anual es de 16.8 °C. Los meses más cálidos son junio, julio y agosto, con temperaturas que alcanzan hasta los 39 °C, mientras que en los meses de Diciembre y Enero, se registran las temperaturas más bajas, de hasta -13 °C, presentándose heladas regulares en el período de noviembre a marzo. La precipitación es de 300 a 450 mm, siendo los meses más lluviosos julio, agosto y septiembre; en la época de invierno, las lluvias que se presentan son escasas. Tipo de clima: BWhw (x') (e): clima muy seco, semicálido con invierno fresco, extremoso. El fotoperíodo medio anual es de 11.99 horas (Mendoza, 1984).

#### Material genético

El material genético utilizado estuvo constituido por un total de 6 genotipos provenientes del programa de mejoramiento de melón, y 6 testigos comerciales híbridos (CRUISER, MISSION, EXPEDITION, IMPAC, DURANGO y HMX 2583), obtenidos del banco de germoplasma del área académica de Fisiotecnia del Departamento de Fitomejoramiento. Los progenitores utilizados aparecen en el cuadro 3.1.

**Cuadro 3.1.** Material genético utilizado como progenitores en la formación de la población.

No.	Genealogía
1	B
2	CRUISER
3	E
4	MISSION
5	K
6	EXPEDITION
7	IMPAC
8	Bx(JxK)
9	DURANGO
10	Ex(JxK)
11	HMX2583
12	ExL

### **Establecimiento y manejo del cultivo**

El sustrato utilizado para el crecimiento y desarrollo de los progenitores estuvo compuesto de suelo esterilizado con bromuro de metilo, posteriormente se mezcló con estiércol de cabra y perlita a una proporción 3:1:1; se procedió a colocar el sustrato en bolsas de polietileno color negro de 10 L.

### **Siembra**

La siembra de los progenitores de melón se realizó el 25 de enero del 2011. Antes de la siembra se procedió a saturar con agua el sustrato de cada bolsa, se colocó una semilla de cada progenitor de manera aleatoria en cada bolsa etiquetada para su identificación.

## Riego

El riego se llevó a cabo con la programación de Timer Hunter SRC cada 2 horas con una duración del período de riego de 7 minutos, con un sistema de riego por goteo por espagueti, esto fue variando de acuerdo a los requerimientos del cultivo y las condiciones climatológicas externas del invernadero.

## Fertilización

La solución nutritiva empleada, con macros y micronutrientes fue proporcionada por el Controlled Environment Agriculture Center, University of Arizona (CEAC), Tucson, Arizona, EE. UU.

**Cuadro 3.2.** Solución nutritiva para 1000 litros de agua.

<b>Macronutrientes</b>	<b>Micronutrientes</b>
Nitrato de calcio: 800 g.	Sulfato ferroso 7.7 g.
Sulfato de magnesio: 340 g.	Sulfato de manganeso: 6.75 g.
Fosfato de amonio: 98 g.	Sulfato de boro: 7.5 g.
Sulfato de potasio: 370 g.	Sulfato de cobre: 13.5 g.
	Sulfato de zinc: 8.18 g.

## Deshierbe

Esta actividad se realizó de manera manual durante todo el ciclo del cultivo. El acomodo de guías fue conducida con hilos de rafia verticalmente para facilitar el manejo.

### Formación de la población base

Se recolectó la misma cantidad de flores de cada progenitor, para extraer el polen y posteriormente realiza la mezcla, con el fin de obtener mayor variabilidad genética, las polinizaciones se realizaron en las mañanas durante dos meses.

### Toma de datos con el fotosintetómetro portátil

La toma de datos con el fotosintetómetro LI-COR 6200 se realizó el 10 de mayo del 2011. Se midió una sola vez a las 12 del día, cuando las plantas se encontraban en la fase de haber completado la formación de fruto, tomándose los datos en una planta con competencia completa, eligiendo las hojas de la parte media, tomándose esto como una repetición y en total se tuvieron tres repeticiones.

### Cosecha y extracción de semilla

La cosecha se efectuó en la etapa de madurez fisiológica; la extracción y conteo de las semillas llenas y vanas se realizó en el laboratorio de Fisiotecnia del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN.

### Control de plagas y enfermedades

**Cuadro 3.3.** Insecticidas y fungicidas aplicados para el control de plagas y enfermedades, se realizó durante todo el desarrollo fenológico del cultivo.

Plagas y enfermedades	Producto	Aplicación	Cantidad	Adherente Pegodel
Trips	Karate	Foliar	1.5 L/ha	30 ml
Mosca blanca	Picador 70 PH (Imidacloprid)	Foliar	0.500 Kg/ha	30 ml
Tizón tardío	Proplant 720	Foliar	1.5 L/ha	30 ml

## Material y equipo utilizado

Li-6200 Portable Photosynthesis System. Este aparato se utilizó para que proporcionara datos con respecto a las variables agroclimáticas y fisiológicas.

Se utilizó un vernier para medir el diámetro polar y ecuatorial de los frutos, longitud ecuatorial y polar de la cavidad de la semilla, así como el espesor de la pulpa.

Grados Brix (Índice refractométrico): Se cuantificaron mediante el uso de un refractómetro portátil (marca ATAGO, modelo 1018) con la finalidad de medir el contenido de sólidos solubles (azúcares) en el fruto (° Brix).

En el caso de las variables que más adelante se mencionan, se utilizó como referencia los descriptores propuestos por el Instituto Internacional de Recursos Genéticos Vegetales (IPGRI, 2003).

## Variables evaluadas

### Fisiológicas

FOTO= FOTOSÍNTESIS ( $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$  atmosférico fijado, por metro cuadrado de hoja por segundo,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

UEA= Uso Eficiente del Agua (relación de Fotosíntesis y Transpiración, y que por las unidades de medición y los moles de las dos funciones fisiológicas, las unidades son g  $\text{CO}_2$  fijados por la fotosíntesis, por 10 L de  $\text{H}_2\text{O}$  transpirada por metro cuadrado de hoja por segundo. (UEA,  $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / 10 \text{ L H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )

CINT=  $\text{CO}_2$  intercelular en  $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

CS= Conductancia Estomatal,  $\text{cm s}^{-1}$

RS= Resistencia Estomatal en  $\text{cm}^{-1}$

TAIR= Temperatura del aire medida en grados Celcius °C

TRANS= Transpiración en mol g C<sub>2</sub>O H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Esto se calculó con la metodología de la regresión múltiple con las siguientes variables:

DFFF= Intensidad luminosa media en moles de fotones incidentes por superficie de hoja por tiempo  $\mu$  mol fot m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>

TLEAF= Temperatura de la hoja media en grados Celcius °C

HR= Humedad relativa media en por ciento (%)

COND= Conductancia estomatal mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>

Las variables fisiológicas se realizaron con el fotosintetómetro portátil LI-6200 (LI-Cor, Inc., 1990 Nebraska, U.S.A.)

### **Parámetros de calidad tomadas de cada fruto de melón**

La longitud polar (LPOLAR) y longitud ecuatorial (LECUTO): Se midió en cm utilizando un vernier.

### **Tamaño de fruto**

PPF= Peso promedio de fruto, g

LPOLAR= Longitud polar, cm

LECUTO= Longitud ecuatorial, cm

LPCAVS= Longitud polar de la semilla, cm

LECAVS= Longitud ecuatorial de la semilla, cm

ESPULP= Espesor de la pulpa

Espesor de la cáscara (ESCASC): Se midió en cm utilizando un vernier.

Espesor de la pulpa (ESPULP): Se midió en cm utilizando un vernier.

**Calidad de fruto****GBRIX= ° Brix.****TPULP= Textura de la pulpa**

1. Lisa firme
2. Granulosa firme
3. Suave-esponjosa
4. Mielosa
5. Fibrosa-gelatinosa
6. Fibrosa-seca

**SABPLP= Sabor principal de la pulpa**

3. Insípido
5. Intermedio
7. Dulce

**Apariencia del fruto****ENMLL= Enmallado**

1. Liso
2. Poca red
3. Red suave
4. Red ligeramente profunda
5. Red profunda

**FRMFRT= Forma de fruto**

1. Redondo
2. Aplanado
3. Oblongo
4. Elíptico

5. Piriforme
6. Ovado

**CLRCSC= Color de la cascara**

1. Blanca
2. Amarilla claro
3. Crema
4. Verde claro
5. Verde
6. Verde oscuro
7. Negro verdoso
8. Naranja
9. Café
10. Gris

**CLPULP= Color de la pulpa**

1. Blanca
2. Amarilla
3. Crema
4. Verde pálido
5. Verde
6. Naranja pálido
7. Naranja
8. Salmón

**Criterios para seleccionar semillas llenas y vanas**

La selección de las semillas llenas se realizó presionando la testa de cada semilla con las yemas de los dedos, para ver si cuenta con el endospermo y embrión formado, y las semillas que se consideraron como vanas solo está formada por la testa.

## Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con 3 repeticiones y 12 tratamientos (genotipos), resultando un total de 36 unidades experimentales, el análisis estadístico se llevó a cabo con el programa estadístico SAS V9.0 utilizando el comando VARCOM.

## Análisis multivariado

### Calculo de los componentes principales

Se considera una serie de variables  $(x_1, x_2, \dots, x_p)$  sobre un grupo de objetos o individuos y se trata de calcular, a partir de ellas, un nuevo conjunto de variables  $y_1, y_2, \dots, y_p$ , no correlacionadas entre sí, cuyas varianzas vayan decreciendo progresivamente.

Cada  $y_j$  (donde  $j=1, \dots, p$ ) es una combinación lineal de las  $x_1, x_2, \dots, x_p$  variables originales, es decir:

$$y_j = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \dots + a_{jp}x_p = a'_j$$

Siendo  $a'_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj})$  un vector de constante, y

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_p \end{bmatrix}$$

Si lo que se quiere es maximizar la varianza, una forma simple podría ser aumentar los coeficientes  $a_{1j}$ . Por ello, para mantener la ortogonalidad de la transformación se impone que el módulo del vector  $a'_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj})$

Sea

$$a'_j a_j = \sum_{k=1}^p a_{kj}^2 = 1$$

El primer componente se calcula eligiendo  $a_1$  de modo que  $y_1$  tenga la mayor varianza posible, sujeta a la restricción de que  $a_1' a_1 = 1$ . El segundo componente principal se calcula obteniendo  $a_2$  de modo que la variable obtenida,  $y_2$  no esté correlacionada con  $y_1$ .

Del mismo modo se eligen  $y_1, y_2, \dots, y_p$ , no correlacionados entre sí, de manera que las variables aleatorias obtenidas vayan teniendo cada vez menor varianza.

<http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/AMult/tema3am.pdf>

### Regresión múltiple

Un uso frecuente de las ecuaciones de regresión múltiple es la localización de las variables predictoras más eficaces, con una orientación más práctica que el análisis teórico. Aun así hay que notar que no siempre se busca seleccionar los mejores predictores, sino examinar un conjunto de variables que tiene sentido que vayan juntas, escogidas con fundamento teórico y que de alguna manera pueden configurar un constructo más genérico relacionado con la variable criterio (Y) en un cierto grado.

Dispone de una ecuación con dos variables independientes adicionales:

$$Y' = a' + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

Se puede ampliar para cualquier número "m" de variables independientes:

$$Y' = a' + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_m x_m$$

Para poder resolver y obtener una ecuación de regresión múltiple el cálculo se presenta muy tediosa porque se tiene que atender 3 ecuaciones que se generan por el método de mínimo cuadrados:

$$\sum y = na + b_1 \sum x_1 + b_2 \sum x_2$$

$$\sum x_1 y = a \sum x_1 + b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1 x_2$$

$$\sum x_2 y = a \sum x_2 + b_1 \sum x_1 x_2 + b_2 \sum x_2^2$$

[https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:FEdrcON\\_vN8J:www.fcq.uach.mx/index.php/documentos/category/50-ioestadistica.html%3Fdownload%3D438%253Aregresion-linealsimple+regresion+lineal+simple+múltiple&hl=es&gl=mx&pid=bl&srcid=ADGEEsGcFqyZJTazRHvnx\\_WWS8JQ9lpITDSP\\_vmTyVmMhoG9nVnYNNi0q0JMdqm5Btlm6fNaTstU6PurvT0mirfai\\_kEwg6etIVg0IHbystKRSGCPDmQ1tuXlckDmHxxLLNQWJxf7mCF&sig=AHIEtbSZno1xNM6nVRpL7fvGbDRQuoOWRw](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:FEdrcON_vN8J:www.fcq.uach.mx/index.php/documentos/category/50-ioestadistica.html%3Fdownload%3D438%253Aregresion-linealsimple+regresion+lineal+simple+múltiple&hl=es&gl=mx&pid=bl&srcid=ADGEEsGcFqyZJTazRHvnx_WWS8JQ9lpITDSP_vmTyVmMhoG9nVnYNNi0q0JMdqm5Btlm6fNaTstU6PurvT0mirfai_kEwg6etIVg0IHbystKRSGCPDmQ1tuXlckDmHxxLLNQWJxf7mCF&sig=AHIEtbSZno1xNM6nVRpL7fvGbDRQuoOWRw)

### **Criterio de calificación**

En la calificación final ponderada se asignó cierto porcentaje a variables seleccionadas, las cuales se ven reflejadas en la obtención de un buen producto, quedando de la siguiente manera.

Peso= 50%

Enmullado= 5%

Color de la cáscara= 5%

Forma del fruto= 5%

Sabor de la pulpa= 5%

° Brix= 5%

UEAF= 10%

Porcentaje de semillas llenas= 10%

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación para las variables de calidad y agronómicas

De acuerdo al análisis de varianza, cuadro 4.1 se demuestra que existe significancia ( $p \leq 0.01$ ) en la fuente de variación genotipo para la variable peso, longitud polar, longitud ecuatorial, enmallado, espesor de la cáscara, espesor de pulpa y color principal de la pulpa, demostrándose también significancia ( $p \leq 0.05$ ) entre repeticiones para espesor de la pulpa y entre genotipos el color de la cáscara y forma de fruto. Los coeficientes de variación oscilan entre 5.02 y 84.20.

**Cuadro 4.1.** Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza de 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.), en diferentes variables de calidad y agronómicas, en invernadero, UAAAN, 2011.

F.V.	G.L.	PESO	LPOLAR	LECUTO	ENMALL	CLRCSC	FRMFRT	ESCASC	ESPULP	CLPULP
Repetición	2.	19,654.08	1.77	0.58	0.33	1.44	2.03	0.01	0.66*	0.36
Genotipo	11	98,536.98**	9.13**	2.90**	1.88**	2.08*	3.06*	0.26**	0.87**	0.82**
Error	22	20,943.90	1.36	0.68	0.48	0.84	1.33	0.10	0.18	0.12
C.V		20.99	9.95	7.86	16.07	28.42	58.49	84.20	14.66	5.02
Máxima		1,108.00	15.50	13.80	7.00	5.00	6.00	2.30	5.00	9.00
Media		689.42	11.71	10.50	4.33	3.22	1.97	0.38	2.93	6.86
Mínima		350.00	8.10	9	2	1	0.10	0.10	2	6

F.V.= fuente de variación, G.L.= grado de libertad, LPOLAR= longitud polar, LECUTO= longitud ecuatorial, ENMALL= enmallado, CLRCSC= color de la cáscara, FRMFRT= forma del fruto, ESCASC= espesor de la cáscara, ESPULP= espesor de la pulpa, CLPULP= color de la pulpa.

\*\* Significancia al 0.01% de probabilidad.

\* Significancia al 0.05% de probabilidad.

En base a los resultados obtenidos en el ANVA, para genotipo encontramos que en casi todas las variables existe diferencias ( $p \leq 0.01$ ), en

todas las variables de calidad de fruto, proporcionando así, un amplio criterio de selección. Siendo estas características muy importantes para el consumidor ya que son las principales que impactan en el mercado. Los genotipos que obtuvieron mayor peso IMPAC (0.985 kg) y Bx(JxK) (0.938 kg), los genotipos que sobresalieron con respecto a la longitud polar IMPAC (14.50 cm) y Bx(JxK) (13.83 cm), para longitud ecuatorial IMPAC (12.80 cm) y Bx(JxK) (11.57 cm), el que obtuvo mejor formación de malla MISSION (5), la mejor coloración de cáscara lo obtuvo el genotipo Ex(JxK) (2), el genotipo con mejor forma de fruto B (1), el que obtuvo mejor espesor de cáscara es el MISSION (0.3 cm), los genotipos con mayor espesor de pulpa IMPAC (4 cm) y E (3.6 cm) y los genotipos que obtuvieron mejor color de pulpa son B (7) y K (7).

Según Montaña y Méndez (2009) desde el punto de vista de postcosecha de los frutos, a mayor espesor de la cáscara, la resistencia de los frutos al transporte y al almacenamiento es mayor. Un buen espesor de cáscara permite ampliar la vida de anaquel del producto debido a que le proporciona firmeza (SIAP, 2010).

Según Périn *et al.*, (2002) y Monforte *et al.*, (2004) la forma del fruto del melón está correlacionada con su longitud, es de herencia cuantitativa y altamente heredable de acuerdo a diferentes estudios con efectos importantes en QTL's.

En base el análisis de varianza, cuadro 4.2 se presentan los cuadrados medios, así como su significancia en las variables de calidad y agronómicas de fruto, donde se puede observar que entre repeticiones en sabor de pulpa, °Brix, semillas vanas y semilla total muestran significancia, en lo que respecta a genotipos encontramos que para longitud polar de la cavidad de semilla, longitud ecuatorial de la cavidad de la semilla, sabor de la pulpa, semillas vanas, semillas llenas y total de semillas muestran significancia ( $p \leq 0.01$ ) y °Brix significancia ( $p \leq 0.05$ ). Los coeficientes de variación oscilan entre 9.73 y 56.96.

**Cuadro 4.2.** Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza de 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.), en diferentes variables de calidad y agronómicas, en invernadero, UAAAN, 2011.

F.V	G.L	LPCAVS	LECAVS	SABPLP	TPULP	° BRIX	SVANAS	SLENAS	TOTALS
Repetición	2	0.07	0.04	6.69**	0.53	10.24**	37,450.19**	1,342.19	31,090.33**
Genotipo	11	1.32**	1.32**	2.69**	0.39	3.42*	35,235.06**	18,209.66**	24,574.76**
Error	22	0.22	0.25	0.69	0.35	1.56	5,217.35	2,698.98	5,077.18
C.V		9.73	11.06	14.78	19.43	12.67	56.96	28.42	23.02
Máxima		7.80	7.40	9.00	5.00	14.00	450.00	410.00	518.00
Media		4.82	4.51	5.64	3.03	9.85	126.81	182.78	309.50
Mínima		3.7	3.4	3	2	6.2	1	54	123

F.V.= fuente de variación, G.L.= grado de libertad, LPCAVS= cavidad polar de la semilla, LECAVS= cavidad ecuatorial de la semilla, SABPLP= sabor de la pulpa, TPULP= textura de la pulpa, BRIX= ° Brix, SVANAS= semillas vanas, SLENAS= semillas llenas, TOTALS= total de semillas.

\*\* Significancia al 0.01% de probabilidad.

\* Significancia al 0.05% de probabilidad.

En los resultados obtenidos en el ANVA, encontramos diferencias ( $p \leq 0.01$ ) para la fuente de variación repetición y genotipos el sabor de pulpa y °Brix, estas diferencias pueden deberse al grado de madurez en que se cosechó cada una de las muestras, ya que no se tubo un estado de madurez estándar, para la cosecha de cada genotipo. Lo cual se ve reflejado en el sabor de pulpa y °Brix. La calidad del fruto está directamente relacionada con factores como la temperatura, manejo del cultivo, donde los componentes sabor de la pulpa, textura de la pulpa, dulzura y °Brix, pueden ser afectados por un mal manejo del cultivo o mal época de siembra. El genotipo que obtuvo menor longitud polar de la cavidad de la semilla Ex(JxK) (4.3 cm), el que obtuvo menor longitud ecuatorial de la cavidad de la semilla MISSION (3.7 cm), el genotipo que presentó mayor sabor de la pulpa IMPAC (7), los de mejor textura de la pulpa es IMPAC (4) y ExL (3.33), el que obtuvo mayor contenido de sólidos solubles (°Brix) IMPAC (11.2°Brix), el genotipo con menos número de semilla vanas Bx(JxK) (8.67), el genotipo que presento más número de semillas llenas

Bx(JxK) (350) y el genotipo que obtuvo mayor número de semillas MISSION (442).

Rondón (2009) menciona que el tamaño de la cavidad afecta la durabilidad del fruto y su capacidad para resistir al transporte. El contenido de sólidos solubles totales es uno de los requisitos que debe cubrir una fruta para ser comercializada. Este contenido no solo refleja el estado de madurez sino el grado de calidad del fruto de melón (Ruiz *et al.*, 2004).

Roopa (2006) menciona que la calidad y el número de semillas por fruto de melón disminuyen al mismo tiempo que el tamaño del fruto y peso. La selección apropiada de frutas es un factor importante después de la cosecha para obtener un alto número semillas y alta calidad.

Yi-Jie Lia, Bao-Zhong Yuana, (2012) realizaron un estudio de la importancia del agua en la producción de melón (*Cucumis melo* L.) en invernadero; menciona que la cantidad de agua que se aplica en el cultivo puede afectar el desarrollo de la planta, la producción, el rendimiento, la calidad de fruto, el tamaño de fruto, el espesor de la pulpa y los sólidos solubles totales, la vitamina C, proteína soluble y aminoácidos. El manejo nutricional adecuado es indispensable en la obtención de calidad y alto rendimiento de fruto y si la cantidad de agua suministrada en el cultivo es el adecuado en el cuajado de fruto. El fruto obtenido será de mejor calidad en contenido de azúcares (°Brix).

## Variables fisiológicas

En el cuadro 4.3 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza, así como su significancia, para las variables fisiológicas. Se encontraron diferencias ( $p \leq 0.01$ ) entre repeticiones para DFFF, FOTO y UEAF, y entre genotipos se observa que existe significancia para HR, COND, CS y TRANS. Mientras que para repeticiones existe significancia ( $p \leq 0.05$ ) en las variables CS y TRANS, y para genotipos las variables FOTO y UEAF.

**Cuadro 4.3.** Análisis de varianza (cuadrados medios) para las variables fisiológicas de 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.), en invernadero. UAAAN, 2011.

F.V	GL	DFFF	THOJA	HR	FOTO	COND	CINT	RS	CS	TRANS	UEAF
Repetición	2	53,496.17**	2.00	64.66	9.59**	0.0056	3,726.63	23.96	0.005*	0.30*	0.41**
Genotipo	11	8,157.47	0.92	60.44**	3.95*	0.0017**	7,963.39	36.55	0.016**	0.32**	0.17*
Error	22	5,416.92	1.08	22.71	1.68	0.00032	6,793.24	27.63	0.003	0.06	0.07
C.V		31.86	3.86	25.20	44.76	33.93	26.11	60.96	33.55	2.08	45.40
Máxima		408.67	29.53	30.26	6.61	0.113	587.23	26.37	0.342	12.65	1.44
Media		231.04	26.93	18.91	2.90	0.053	315.64	8.62	0.160	12.04	0.59
Mínima		50.94	25.41	8.30	0.45	0.013	95.73	2.92	0.039	10.86	0.10

F.V.= fuente de variación, G.L.= grado de libertad, DFFF= densidad de flujo de fotones, THOJA= temperatura de la hoja, HR= humedad relativa, FOTO= fotosíntesis, COND= conductancia estomática, CINT= CO<sub>2</sub> interno, RS= resistencia estomática, CS= conductancia estomática, TRANS= transpiración, UEAF= uso eficiente del agua foliar.

\*\* Significancia al 0.01% de probabilidad.

\* Significancia al 0.05% de probabilidad.

Estos resultados indican que entre los genotipos evaluados encontramos aquellos con variabilidad de interés para el fitomejorador. Estas variables son de suma importancia, con cualquiera de estas que no se lleven a cabo de manera eficiente en la planta afecta a la fotosíntesis. Por lo que estos efectos se reflejarán en el rendimiento y productividad del cultivo.

Los genotipos que presentaron mayor DFFF es MISSION ( $313.34 \mu\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y CRUISER ( $271.41 \mu\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), los que presentaron mayor temperatura de la hoja es E ( $27.74 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y ExL ( $27.74 \text{ }^\circ\text{C}$ ), los porcentajes mas alto de humedad relativa lo presentaron EXPEDITION (27.56%) y K (26.90%), el genotipo que presentó la mayor tasa fotosintética es ExL ( $5.27 \mu \text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), el que presentó mayor conductancia es K ( $0.10 \text{ cm s}^{-1}$ ), el que obtuvo mayor concentración de  $\text{CO}_2$  intracelular es ExL (429.27 ppm), para resistencia estomática es el E ( $14.48 \text{ mol s}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ), para conductancia estomática sobresalieron EXPEDITION ( $0.31 \text{ cm s}^{-1}$ ) y K ( $0.30 \text{ cm s}^{-1}$ ), el genotipo con la tasa más alta de transpiración fue el Ex(JxK) ( $12.34 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), el genotipo que presento mayor uso eficiente del agua es ExL ( $1.13 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / 10 \text{ L H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Es un aspecto muy importante, pues estamos en una región donde el agua es muy escasa y los costos para obtenerla son demasiado altos, encontrar genotipos que tengan un buen uso eficiente del agua es prioritario, ya que esto se reflejará un buen funcionamiento de los procesos fisiológicos de las plantas.

Cha-um y Kirdmanee (2009) mencionan que la falta de agua provoca efectos perjudiciales sobre la vida de las plantas. La reducción en el crecimiento es consecuencia de varias respuestas fisiológicas, el estado del agua, la nutrición, comportamiento de los estomas, la eficiencia fotosintética, la asignación de carbono y la utilización. La tasa de asimilación de  $\text{CO}_2$  fotosintético es generalmente reducida por la escasez de agua. Las plantas que tienen un buen uso eficiente del agua y buena absorción de nutrientes, serán más eficientes los procesos fisiológicos como la fotosíntesis, la respiración y la conductancia estomática, que darán como resultado buena calidad de fruto y un alto rendimiento.

## Componente de la varianza genética

**Cuadro 4.4.** Análisis de varianza (cuadrados medios) para las variables semillas llenas, semillas vanas y número de semillas de 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.). UAAAN, 2011.

Componente de la varianza	Semillas llenas	Semillas vanas	Número de semillas
Var (gen)	5207.9	9110.5	5776.6
Var (Error)	2585.9	7903.4	7244.9

En el cuadro 4.4. Se presenta el análisis de varianza genética de 12 genotipos de melón. De acuerdo a la estimación de la varianza genética en las variables semillas llenas, vanas y número de semillas, la variable que obtuvo la varianza genética más alta es la semillas vanas (9110.5) y la varianza más baja lo obtuvo la variable semillas llenas con (5207.9) y el error más alto lo obtuvo la variable número de semillas, esto debido a que no todos los genotipos aportan el mismo número de semillas llenas y vanas.

Según Moreno *et al.*, 2002 y Bello *et al.*, 2007, la precisión de las estimaciones de las varianzas genéticas se pueden determinar mediante el coeficiente de variación genética (CVG), por lo tanto, un valor alto del CVG indica mayor varianza genética. Tomando en cuenta los valores obtenidos en las variables semillas llenas, vanas y número de semillas, indican que existe alta variabilidad genética entre los progenitores. Con estos valores de la varianza genética de las semillas vanas y llenas, seleccionaríamos únicamente los progenitores con menor número de semillas vanas y progenitores con alto número de semillas llenas, lo cual permite avanzar a la segunda generación de recombinación.

### Análisis de componentes principales

Análisis de componentes principales para 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.). En el Cuadro 4.4 se explica los eigenvalores o valores propios de cada componente principal (CP), y el porcentaje de la varianza total que explica cada uno. Explicando entre los seis componentes el 92.742% de la varianza total.

**Cuadro 4.5.** Análisis de componentes principales (eigenvalores) entre variables de 12 genotipos de melón para cada componente principal, en invernadero. UAAAN, 2011.

CP	Valores Propios	% Varianza Total	Valores Acumulado	% Varianza Acumulado
1	7.148	35.742	7.148	35.742
2	3.621	18.106	10.770	53.848
3	2.685	13.423	13.454	67.271
4	2.209	11.043	15.663	78.314
5	1.717	8.587	17.380	86.901
6	1.168	5.841	18.548	92.742

**Cuadro 4.6.** Contribución relativa de las variables analizadas en 6 componentes principales en 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.), en invernadero. UAAAN, 2011.

VARIABLES	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6
FOTO	0.010	0.099	<b>0.975</b>	-0.013	0.119	0.003
COND	-0.027	<b>0.984</b>	0.070	-0.043	-0.048	0.031
CINT	-0.030	-0.089	0.012	-0.245	0.022	<b>-0.878</b>
RS	-0.072	<b>-0.947</b>	-0.014	0.028	-0.048	-0.056
CS	-0.026	<b>0.984</b>	0.071	-0.043	-0.050	0.032
TRANS	0.173	0.417	0.065	0.668	0.273	0.287
UEAF	-0.005	0.046	<b>0.977</b>	-0.079	0.093	-0.043
LPOLAR	0.546	0.039	-0.261	0.067	0.367	0.587
LECUTO	<b>0.871</b>	0.129	-0.191	0.065	0.110	0.227
ENMALL	0.375	0.085	-0.035	<b>0.777</b>	-0.270	0.386
CLRCSC	-0.116	0.056	-0.089	-0.065	<b>-0.917</b>	0.147
FRMFRT	0.000	0.069	0.318	0.087	<b>0.803</b>	0.455
ESCASC	<b>0.861</b>	-0.102	0.093	0.420	-0.015	0.194
ESPULP	<b>0.830</b>	0.017	-0.331	-0.255	-0.057	0.192
CLPULP	<b>0.752</b>	-0.230	-0.070	0.003	0.544	-0.104
LPCAVS	<b>0.934</b>	0.119	0.030	0.285	-0.036	-0.038
LECAVS	<b>0.922</b>	0.171	0.129	0.242	0.103	-0.097
SABPLP	0.546	-0.130	0.055	<b>0.735</b>	0.297	-0.119
TPULP	<b>0.802</b>	-0.402	0.288	0.146	0.033	0.026
GBRIX	0.062	-0.375	-0.206	<b>0.830</b>	0.100	0.081
EXPL.VAR	5.914	3.487	2.404	2.772	2.222	1.751
PRP.TOTL	0.296	0.174	0.120	0.139	0.111	0.088

Número con negrita, significancia al 0.75%.

En el análisis de componentes principales (CP, Cuadro 4.5), el CP1 tiene una alta contribución de las variables LECUTO, ESCASC, ESPULP, CLPULP, LPCAVS, LECAVS y TPULP, este componente explica un 35.74% de la

variación total (Cuadro 4.5), siendo la variable que más contribuyen LPCAVS 0.934 y LECAVS 0.922 con los valores más altos, y seguidas de LECUTO (0.871), ESCASC (0.861), ESPULP (0.830), TPULP (0.802) y CLPULP (0.752); todas estas variables cuentan con un valor positivo y están relacionadas con la calidad, por lo que este CP1 se llama “características de calidad”.

El CP2 está constituido por las siguientes variables COND (0.984), CS (0.984), y RS (-0.947) con un valor negativo, que esta relacionado con la transpiración, explicando un 18.106% de la variación total y el 53.848% de la variación acumulada (Cuadro 4.5), “TRANS”. Lo cual indica que este factor es de importancia para la buena transpiración de cada genotipo.

El CP3 se debe a las variables UEAF (0.977) y FOTO (0.975) con 13.423% de la variación total y 67.271% de la variación acumulada (Cuadro 4.5), este componente principal se denomina “UEAF”. El uso eficiente del agua es muy importante en las plantas, ya que con esto se obtiene mayor funcionamiento de la fotosíntesis.

El CP4 lo definen las siguientes variables GBRIX (0.830), ENMALL (0.777) y SABPLP (0.735) con 11.043% de la variación total y 78.314% de la variación acumulada (Cuadro 4.5), se le nombra “GBRIX”. Lo cual indica que un fruto con un enmallado bien formado tiene siempre un buen sabor de pulpa y un alto contenido de azúcar. La cantidad de azúcar que contenga cada genotipo se debe a la capacidad de acumulación de los fotoasimilados en los frutos, que esto es una característica de alta importancia.

El CP5 lo constituyen las variables FRMFRT (0.803) y CLRCAS (-0.917) con un valor negativo que se relaciona con la forma del fruto, con 8.587% de la variación total y 86.901% de la variación acumulada (Cuadro 4.5), se le denomina “FORMFT”. El color de la cáscara de cada fruto bien formado indica

mayor preferencia para el consumidor o para selección de características deseadas en un mejoramiento genético.

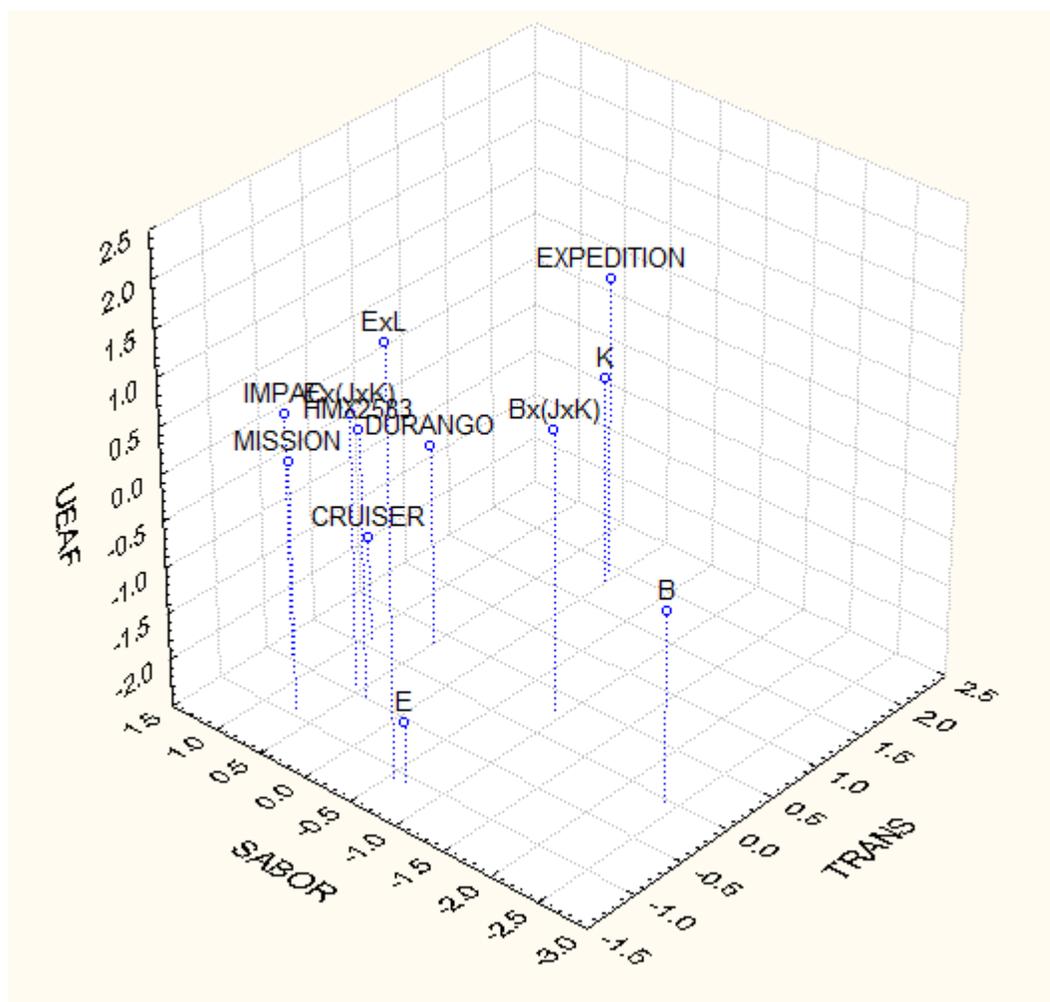
El CP6 se debe a la variable CINT (-0.878) con un valor negativo que aporta 5.841% de la variación total y 92.742% de la variación acumulada (Cuadro 4.5), se le denomina “CINT”. Dando a conocer que la concentración de CO<sub>2</sub> intercelular (CINT) es un importante regulador de la apertura estomática. Que a bajas concentraciones de (CINT) los estomas se abren independientemente de los factores ambientales, excepto en condiciones fuertes de estrés hídrico. Este factor puede alterar el uso eficiente del agua y la fotosíntesis al no estar en un rango adecuado.

**Cuadro 4.7.** Contribución relativa de cada genotipo de melón a los componentes principales de la variación, en invernadero, UAAAN, 2011.

<b>GENOTIPOS</b>	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>	<b>Factor 3</b>	<b>Factor 4</b>	<b>Factor 5</b>	<b>Factor 6</b>
B	0.494	-0.038	-0.468	-2.391	-0.354	-0.058
E	0.067	-1.073	-1.846	-0.661	-0.327	0.097
K	0.080	1.802	-0.258	0.028	0.755	-0.916
ExL	0.048	-1.089	2.047	-0.555	0.194	-1.824
CRUISER	-0.363	0.085	-1.385	0.931	0.202	-1.257
MISSION	-1.000	-0.927	0.165	0.705	-1.456	0.897
EXPEDITION	-0.111	1.935	0.691	0.106	-1.616	0.494
IMPAC	2.807	-0.443	0.114	1.274	-0.145	0.327
DURANGO	-0.623	0.350	-0.345	0.492	0.782	-0.391
HMX2584	-0.829	-0.476	0.360	0.405	-0.788	-0.142
Bx(JxK)	0.208	0.292	0.505	-0.901	0.957	1.575
Ex(JxK)	-0.776	-0.417	0.420	0.566	1.794	1.197

En la Figura 4.1. Se presentan, las variables uso eficiente del agua (UEAF) eje de la Z, sabor eje de la Y y transpiración (TRANS) eje de la X.

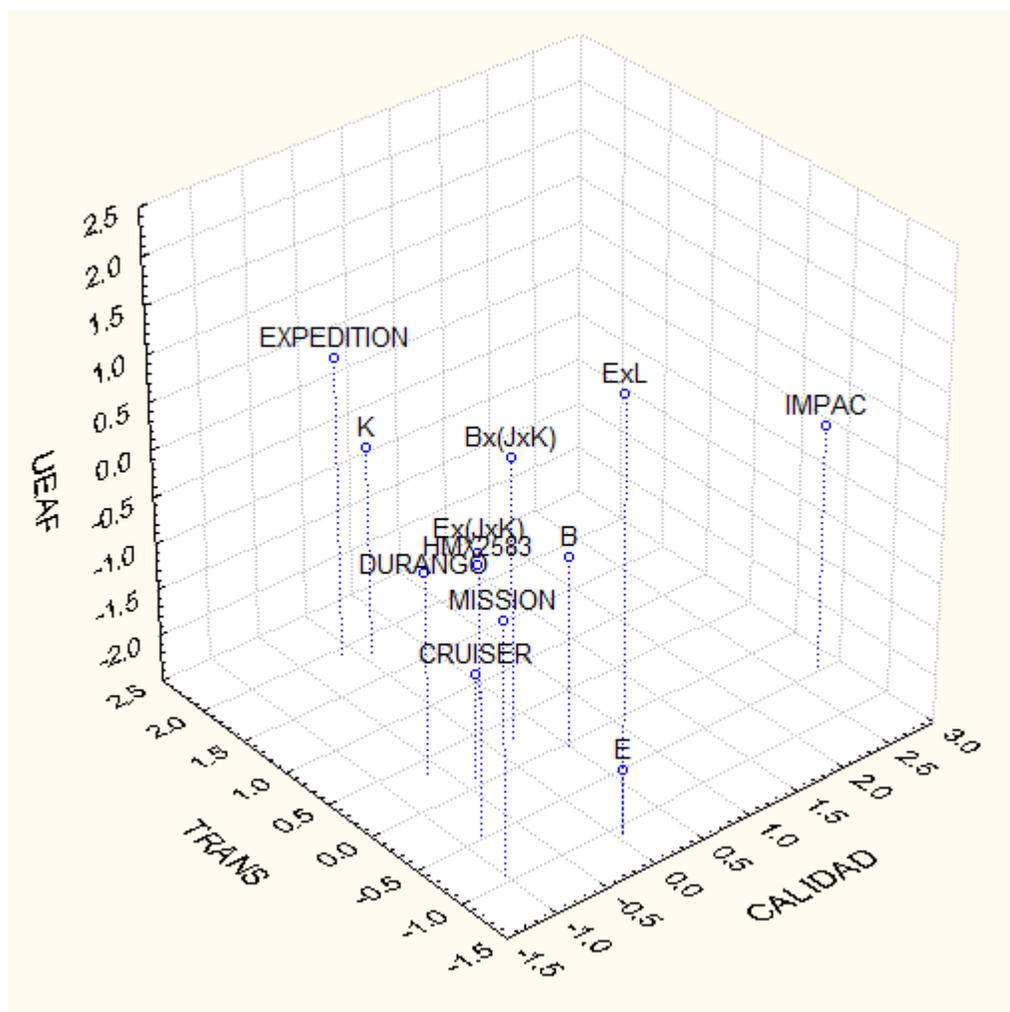
El genotipo ExL, es el que refleja mayor UEAF que los genotipos EXPEDITION y Bx(JxK), los que tienen buen SABOR es el IMPAC, CRUISER y MISSION y los que tienen una buena TRANS son EXPEDITION, K, DURANGO y Bx(JxK).



**Figura 4.1.** Comportamiento de 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.), para el componente 3 (uso eficiente del agua), componente 4 (sabor) y componente 2 (transpiración). UAAAN, 2011.

De acuerdo a la Figura 4.2. Se muestra el comportamiento de los genotipos en las variables uso eficiente del agua (UEAF) eje de la Z, transpiración (TRANS) eje de la Y y CALIDAD eje de la X.

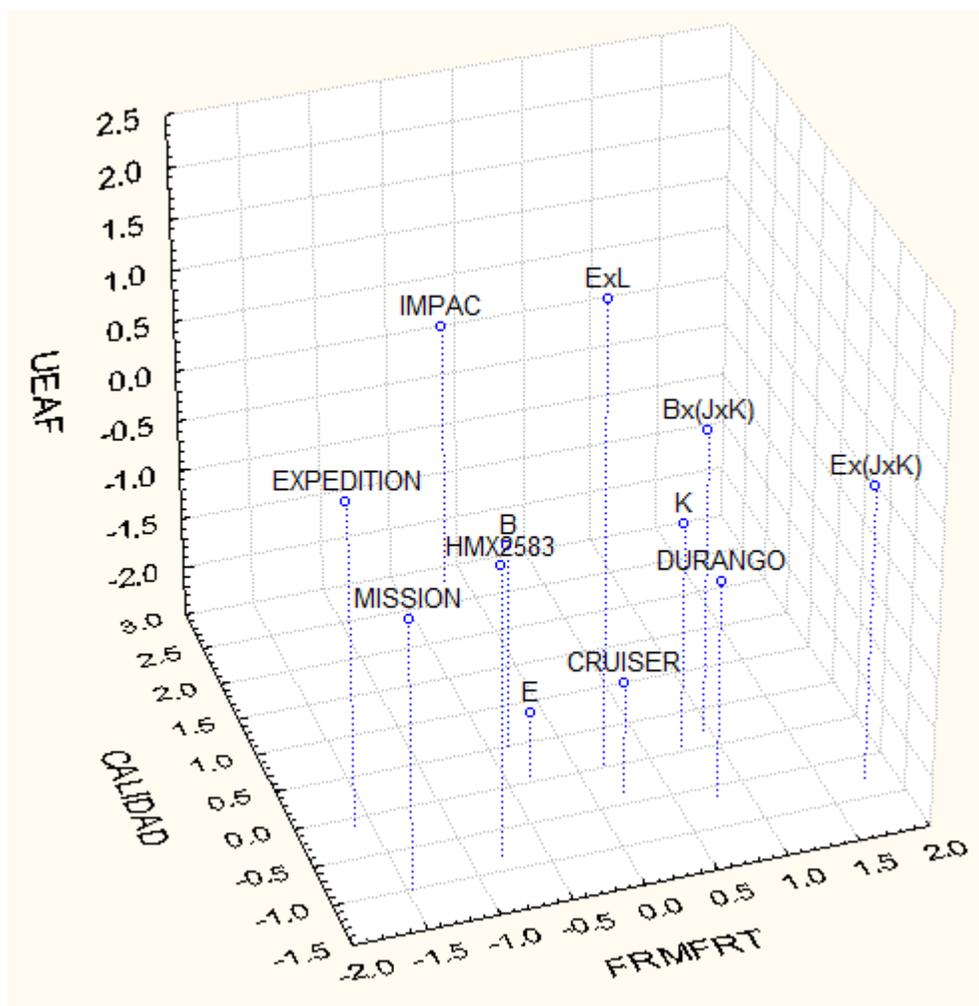
Los genotipos ExL, Bx(JxK) y K se comportaron de manera adecuada para las características UEAF, TRANS y CALIDAD. Cabe de mencionar que EXPEDITION hibrido comercial fue el de mayor TRANS.



**Figura 4.2.** Comportamiento de 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.), para el componente 3 (uso eficiente del agua), componente 2 (transpiración) y componente 1 (calidad). UAAAN, 2011.

En la Figura 4.3. Se observan los resultados obtenidos de los genotipos en las variables uso eficiente del agua (UEAF) eje de la Z, CALIDAD eje de la Y y forma del fruto (FRMFRT) eje de la X.

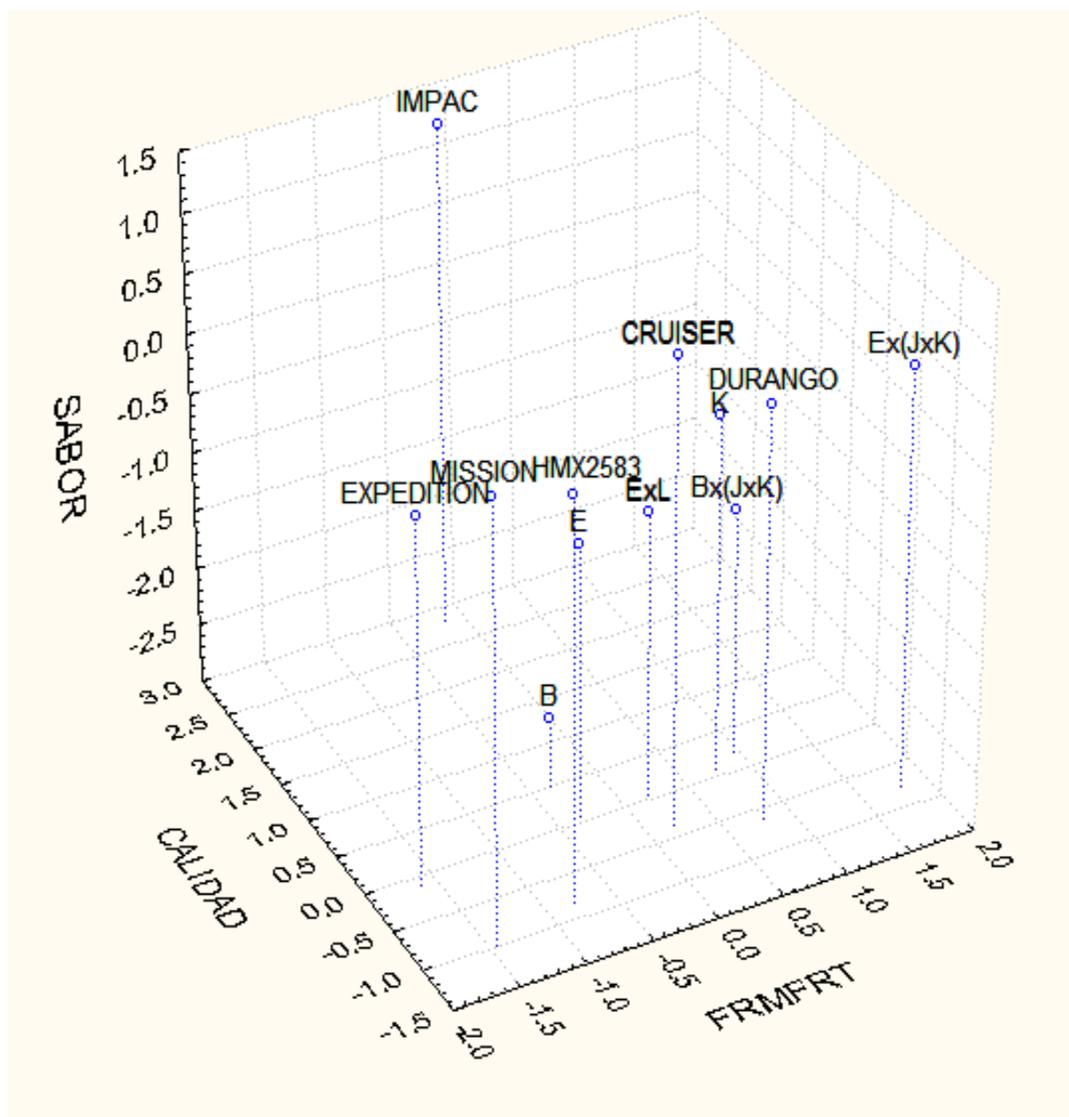
Los genotipos ExL, Bx(JxK) y Ex(JxK) fueron los mejores para las características UEAf, CALIDAD y FRMFRT.



**Figura 4.3.** Comportamiento de 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.), para el componente 3 (uso eficiente del agua), componente 1 (calidad) y componente 5 (forma del fruto). UAAAN, 2011.

De acuerdo a la Figura 4.4. Se muestra el comportamiento de los genotipos el SABOR en el eje de la Z, CALIDAD eje de la Y y forma del fruto (FRMFRT) eje de la X.

Los genotipos Ex(JxK), K fueron los mejores para las características de SABOR, CALIDAD, FRMFRT.



**Figura 4.4.** Comportamiento de 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.), para el componente 4 (sabor), componente 1 (calidad) y componente 5 (forma del fruto). UAAAN, 2011.

**Cuadro 4.8.** Calificaciones ponderadas de 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en base a parámetros fisiotécnicos, fisiológicos y producción de semilla. UAAAN, 2011.

GENOTIPOS	PPF (gr.)	ENMALL	CLRCSC	FRMFRT	SAPLP	BRIX	UEAF	SLENAS	CLFFNL	LUGAR
IMPAC	50	5	3	3	5	4	4	10	84	1
Bx(Jxk)	40	3	4	4	3	2	4	10	70	2
E	40	2	3	2	4	3	6	4	64	3
Ex(JxK)	30	3	3	4	2	3	4	4	53	4
CRUISER	30	3	4	2	2	3	6	2	52	5
EXPEDITION	30	3	2	2	2	2	4	2	47	6
B	20	1	4	2	4	1	10	4	46	7
K	20	2	4	3	3	2	4	2	40	8
MISSION	10	3	4	3	2	3	6	2	33	9
DURANGO	10	2	5	3	2	3	4	4	33	10
HMX 2583	10	3	2	2	1	2	2	6	28	11
ExL	10	1	4	2	2	2	2	4	27	12

PPF= peso promedio, ENMALL= enmallado, CLRCSC= color de la cáscara, FRMFRT= forma del fruto, SABPLP= sabor de la pulpa, °BRIX= grados Brix, UEAF= uso eficiente del agua, SLENAS= semillas llenas, CLFFNL= calificación final.

En el cuadro 4.8. Se observa que el mejor genotipo es el híbrido IMPAC que se utilizó como testigo (84), seguido por el Bx(Jxk) (70), E (64), encontramos en los dos últimos lugares el HMX 2583 (28) y ExL (27).

## V. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las variables de estudio existe una gran variabilidad genética entre progenitores. Esto indica que existe un amplio rango de características sobresalientes para su selección, lo cual nos permite avanzar a la siguiente generación.

En las variables agronómicas, calidad y fisiológicas, se obtuvo un resultado considerable entre ciertos progenitores, lo que permite avanzar en el mejoramiento genético. Lo que se sugiere es realizar más pruebas con las progenies obtenidas de esta población.

Los progenitores que sobresalen en las variables de calidad, forma de fruto, uso eficiente del agua y transpiración son los siguientes: JxK, Bx(JxK), Ex(JxK) y el híbrido EXPEDITION

Los progenitores que más sobresalieron en las variables fisiotécnicas son: ExL, K, E, Bx(JxK), Ex(JxK) y híbrido EXPEDITION.

De acuerdo a los valores obtenidos en el análisis de varianza genética en las variables semillas llenas, vanas y número de semillas, se determinó que existe alta variabilidad genética entre los progenitores. Los progenitor que obtuvieron el menor número de semillas vanas y mayor porcentaje de semilla llenas es el Bx(JxK) y híbrido HMX 2583.

En la mayoría de las variables fisiológicas y en uso eficiente del agua, los genotipos del programa de Fitomejoramiento de melón de la UAAAN. Los mejores genotipos con la calificación final ponderada es híbrido IMPAC (84), Bx(Jxk) (70), E (64) y Ex(Jxk) (53).

## VI. RESUMEN

Se evaluaron 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) de enero a junio del 2011, la formación de la población base se llevo a cabo en el invernadero número 6 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Se establecieron 12 genotipos (6 genotipos provenientes de cruzas por parte del área de Fisiotécnica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y 6 híbridos comerciales utilizados como testigos). Se evaluaron 27 variables (fisiológicas, agronómicas y calidad). Bajo el diseño experimental de bloques completos al azar con 3 repeticiones.

Para la reducción de la dimensión de las variables se empleó la técnica multivariada de componentes principales, reduciendo a 6 variables CALIDAD, TRANS, UEAF, GBRIX, FRMFRT y CINT, que explican el 92.742% de la varianza total.

Se encontraron diferencias altamente significativas para las siguientes variables: peso de fruto el híbrido IMPAC y el genotipo Bx(JxK) obtuvieron los pesos más altos, los que sobresalieron con respecto a la longitud polar y ecuatorial de fruto es el híbrido IMPAC y genotipo Bx(JxK), la mejor formación de malla lo obtuvo el híbrido MISSION, el híbrido MISSION obtuvo el mejor espesor de cáscara, los de mayor espesor de pulpa lo obtuvo el híbrido IMPAC y el genotipo E, el genotipo B y K obtuvieron el mejor color de pulpa, el genotipo que obtuvo menor longitud polar de la cavidad de la semilla Ex(JxK), el híbrido MISSION menor longitud ecuatorial de la cavidad de la semilla, el híbrido que presentó mayor sabor de la pulpa IMPAC, el que obtuvo mayor contenido de sólidos solubles (°Brix) es el híbrido IMPAC, el genotipo Bx(JxK) obtuvo el menor número de semilla vanas y el mayor número de semillas llenas, el híbrido

MISSION obtuvo el mayor número de semillas totales, el híbrido que presentaron mayor DFFF es MISSION, el porcentaje más alto de humedad relativa lo presentó el híbrido EXPEDITION y el genotipo K, el que presentó mayor tasa fotosintética es el genotipo ExL, el que presentó mayor conductancia es genotipo K, el híbrido EXPEDITION y genotipo K fueron los de mayor conductancia estomática, el genotipo con la tasa más alta de transpiración fue el Ex(JxK), el genotipo que presentó mayor uso eficiente del agua es ExL.

El análisis de varianza genética se determinó en base a las variables semillas llenas, vanas y número total de semillas, se concluyó que existe alta variabilidad genética entre los progenitores. Los progenitor que obtuvieron el menor número de semillas vanas y mayor porcentaje de semilla llenas es el Bx(JxK) y híbrido HMX 2583.

Para poder seleccionar el mejor genotipo se asignó una calificación final ponderada quedando de la siguiente forma, peso 50%, enmallado 5%, color de la cáscara 5%, forma del fruto 5%, sabor de la pulpa 5%, espesor de la pulpa 5%, °Brix 5%, uso eficiente del agua 10% y porcentaje de semillas llenas 10%. Los mejores genotipos con la calificación final ponderada son: IMPAC (84), Bx(Jxk) (70), E (64) y Ex(Jxk) (53).

Palabras claves: *Cucumis melo* L., selección, mejoramiento, varianza genética, producción de semilla, uso eficiente del agua.

## VII. LITERATURA CITADA

- Alcalá Salinas Leticia, Francisco Zavala-García, Noé Montes-García, Sergio Castro-Nava, Omar G. Alvarado-Gómez, Gilberto E. Salinas-García, 2010. Introgresión del tamaño de la gluma y la cobertura del grano en poblaciones de sorgo 21(1):1021-7444.
- Arjona, H., 2003. Estimación del área foliar de cebolla de bulbo (*Allium cepa* L. Yellow Granex F1) mediante la aplicación de tres modelos estadísticos. Revista Comalfi 30 (1):28-36.
- Burger Y, Sa'ar U, Paris HS, Lewinsohn E, Katzir N, Tadmor Y, Schaffer AA (2006) Genetic variability for valuable fruit quality traits in *Cucumis melo*. Isr J Plant Sci 54: 233-242.
- Blanco, F. y Folegatti, M., 2003. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. Horticultura Brasileira 21(4):666-669.
- Broschat, K. T., 1979. Principal component analysis in horticultural reseach. Hort Science 14(2): 114-117.
- Brugnoli E., Lauteri M. (1991). Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt-resistant (*Gossypium hirsutum* L.) and saltsensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C3 non-halophytes. Plant Physiol., 95: 628-635.
- Cabezas-Gutiérrez, M., Peña, F., Duarte, H., Colorado, F. y Silva, R., 2009. Un modelo para la estimación de área foliar en tres especies forestales de forma no destructiva. Revista U.D.C.A. 12(1):121-131.
- Campostrini, E. y Yamanishi, O., 2001. Estimativa da área foliar do mamoeiroutilizando o comprimento da nervadura central. Scientia Agrícola 58(1):39-42.
- Cano R. P. y Espinoza A. J.J., 2002. Melón: Generalidades de su producción. El melón: Tecnologías de producción y comercialización. CELALA-INIFAP-SAGARPA. Pp. 1-9.
- Cantwell, M. 1996. Case Study: Quality Assurance for Melons. Perishables Handling Newsletter, Issue No. 85, Pg. 10.

- Cardona, C., Araméndiz, H. y Barrera, C., 2009. Estimación del área foliar de papaya (*Carica papaya* L) basada en muestreo no destructivo. Revista U.D.CA.12 (1):131-139.
- Carnide Valdemar y María Do Rosario Barroso, 2006. Las cucurbitáceas: bases para su mejora genética. Centro de Genética-Biotecnología, Universidad Montes Alto Douro, 5001-801 Villa Real, Portugal.
- Casaca Ángel Daniel, 2005. Guías tecnológicas de frutas y vegetales.
- Chew M., Y. I. y Jiménez D. F., 2002. Enfermedades del melón. Pp. 161-196.
- CONABIO, 2008. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM). Proyecto GEF-CIBIOGEM de Bioseguridad. URL:<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20912sg7.pdf> (24-agosto-2008).
- Escribano Martín Sandra, 2010. Tesis doctoral "caracterización etnobotánica, agro-morfología, sensorial, fisicoquímica, nutricional y molecular de las variedades locales de melón de Villaconejos". Madrid, España.
- Espinoza Arellano J. J., Salinas González H., Salinas Gonzales H., Palomo Rodríguez M., 2009. Planeación de la investigación de la INIFAP en la Comarca Lagunera en base a la situación de mercado de los principales productos agrícolas de la región. Revista Mexicana de Agronegocios, Enero-Junio, año/vol. XIII, número 024. Torreón, México pp. 758-762.
- Esquinas-Alcázar, J.T., Gulick, P.J., 1983. Genetics resources of Cucurbitaceae. Galvani, E., Escobedo, J., Cunha, A. y Klosowski, E. 2000. Estimativa de índice de área foliar en la producción de pepino en manejo protegido - cultivo de invierno de verano. Revista Brasileira de Ingeniería Agrícola e Ambiental 4:8-13.
- Falconer, D. S., 1986. Introducción a la Genética Cuantitativa. Trad. F. Márquez S. Editorial CECSA. 2a. Edición. México. 383 p.
- FAO, 2008. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. *Base de datos estadísticos* (Online Data base). URL: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> (24-agosto-2008).

Félix V. Navarro, Wayne C. Youngquis, William Compton, 1992. Estimación de varianzas genéticas en maíz a partir de líneas S1 Y S2.

Fernández, M. D. Orgaz, F. E. Fereres, J, C. López, A. Céspedes, J. P. 2001. Programación del riego de cultivos hortícolas bajo invernadero para el sudeste español. Edita CAJAMAR. Almería España.

Fry, J. D., 2004. Estimation of genetic variances and covariance by restricted maximum likelihood using Proc Mixed. P. 7-39. In: Saxton A. R. (ed). Genetic Analysis of Complex Traits Using SAS. Books by User Press, SAS Inst. Cary N. C.

Gutiérrez y L. E. De la Cruz, 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la comarca lagunera, México. Revista Fitotecnia Mexicana 25: 271-277.

Hecht, D. 1997. Cultivo del melón, Seminario Internacional sobre: Producción de hortalizas en diferentes condiciones ambientales. Shefayim, Israel.

<http://faostat.fao.org/?lang=es>

IPGRI, 2003. Descriptors for Melon (*Cucumis melo* L.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy pp. 101.

Janoudi A. K., Widders I. E., Flore, J. A., 1993. Water deficits and environmental factors affect photosynthesis in leaves of cucumber (*Cucumis sativus*) J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118 (3), 366-370.

Jeffery C., 1980. A review of the Cucurbitaceae. Bot J Linn Soc. 81: 233-247.

Jolliet O., 1993. Modelling of water uptake, transpiration and humidity in greenhouses, and of their effects on crops. Acta Hort. 328, 69-78.

Kaiser Latif Cheema, Mudassar Iqbal, Shahid Niaz Y Muhammad Shafique, 2011. Assessment of Variability of Muskmelon. International Journal of Vegetable Science. Volume 17, Issue 4, pages 322-332.

Katsumi Higashi, Kazushige Ho soya and Hiroshi Ezura, 1999. Histological analysis of fruit development between two melon (*Cucumis melo* L. reticulatus) genotypes setting a different size of fruit.

- Kirkbride J.H., 1993. Biosystematic monograph of the genus *Cucumis* (Cucurbitaceae). Parkway publisher. Boone. North Carolina.
- Liu Y F, Qi HY, Bai CM, Qi MF, Xu CQ, Hao JH, Li Y, Li TL. Grafting Helps Improve Photosynthesis and Carbohydrate Metabolism in Leaves of Muskmelon. *Int J Biol Sci*, 2011; 7(8): 1161-1170.
- Long SP, Ainsworth EA, Rogers A, Ort DR. 2004. Rising atmospheric carbon dioxide: plants FACE the future. *Annu Rev Plant Biol*. 55, 591-628.
- Maroto B. J. V., 2004. Horticultura herbácea especial. Ed. Mundi Prensa. Quinta edición. Revisada y ampliada. Impreso en España. P. 496-501.
- Marr, Ch., N, Tisserat, B. Bauernfeind y K. Gast. 1988. Muskmelons. Kansas State University. Bulletin: MF-1109.P.1.
- Martín J., 2006. Historias sobre el melón. I. E. S. Jaime Ferrán 27: 133 -149.
- Mendoza H. J. M., 1986. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la UAAAN. Depto. De Agrometeorología, Saltillo, Coah.
- Meneses Márquez I., Mejía Contreras J. A. y Villanueva Verduzco C., 2004. Cambios en los componentes de varianza genética al realizar selección combinada en una población de calabaza. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10(2): 165-172.
- Monforte A.J, Oliver M, Gonzalo MJ, Álvarez JM, Dolcet-Sanjuan R, Arus P., 2004. Identification of quantitative trait loci involved in fruit quality traits in melon (*Cucumis melo* L.). *Theor Appl Genet* 108: 750-758.
- Monforte A.J. y Álvarez J.M., 2006. Mejora de calidad del melón. En Llácer G., Díez M.J., Carrillo J.M. and Badenes M.L. (Eds) *Mejora genética de calidad en plantas*. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Sociedad española de genética. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.
- Montaño, M. y Méndez, N., 2009. Efecto de reguladores de crecimiento sobre caracteres del fruto de melón cv. Edisto 47. *Revista UDO Agrícola* 9 (2):295-303.

- Murray, L. W., I. M. Ray, H. Dong, and A. Segovia-Lerma, 2003. Clarification and reevaluation of population-based diallel analyses: Gardner and Eberhart analyses II and III revised. *Crop Science* 43: 1930-1937.
- National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland (Online Database). URL: <http://www.arsgrin.gov/cgibin/npgs/html/taxon.pl?404410> (24-agosto-2008).
- Nirarnit K., Shuichiro J. Junya H. y Masahiro K. 1992. Photosynthetic Characteristics of Melons Grown under High Temperatures. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 61(1):107-114.
- Nuez F., Phohens J., Iglesias A. and Fernández de Córdoba P. (1996). Catálogo de semillas de melón. Banco de Germoplasma de la Universidad Politécnica de Valencia. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. MAPA, Pp. 220.
- Parra Quezada Rafael A., Becerril Román A. Enrique, López Castañeda Cándido, 2002. Transpiración, resistencia estomática y potenciales hídricos en manzano "GOLDEN DELICIOUS" injertado sobre portainjertos clonales pp. 113-121.
- Pearcy R.W., Schulze E. D., Zimmermann R., 1991. Measurement of transpiration and leaf conductance. *Plant Physiol. Ecol.* Ed. Chapman and Hall, 457 pp.
- Pérez Canedo F., 2008, Dependencia del melón 7 mil familias laguneras, El Siglo de Torreón, Torreón Coah., México.
- Périn C., Hagen L. S., Giovinazzo N., BESombes D., Dogimont C. and Pitrat M. (2002a) Genetic control of fruit shape acts prior to anthesis in melon (*Cucumis melo* L.). *Mol. Genet. Genomics* 266:933-941.
- Reche Marmol José, 2009. Libro del cultivo del melón en invernadero. Edita: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- Ribas F., M.J. Cabello, M. M. Moreno, A. Moreno y L. López-Bellido, 2000. Respuesta fisiológica de un cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) A DISTINTAS DOSIS DE RIEGO. Centro de Mejora Agraria "El Chaparrillo". Servicio de Investigación y Tecnología Agraria. Alarcos, 21. 13071 Ciudad Real.

- Rondón E. A. (2009). Evaluación de cultivares de melón con fines de exportación. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Maracay, Venezuela.
- Roopa V., 2006. Thesis submitted to the University of Agricultural Sciences, Dharwad in partial fulfillment of the requirements for the Degree of . Influence of Post Harvest Handling Techniques on Seed Quality and Storability of Muskmelon (*Cucumis melo* L.) Influence of Fruit Size on Seed Quality of Muskmelon.
- Ruiz Sánchez César A. y Russián Lúquez Tania, 2009. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA Falcón. Universidad Nacional Experimental “Francisco de Miranda” (UNEFM); el melón: cultivo y poscosecha en Venezuela.
- Ruiz, L. L. Troncoso, R. R. Sánchez, E. A. Aguilar, V. F. A. Guerrero, R. C. y Garza, O. S., 2004. Tratamiento poscosecha contra *fusarium roseum* en melón reticulado (*Cucumis melo* L.) Rev. Iber. Tecnología Postcosecha Vol 6 (2):110-116.
- Ruiz, S. G., 2000. Hidroponía Comercial. Editorial diana. México, D.F. Pp.1-13.
- Sebastian Patrizia, Schaeferb Hanno, Lan R. H. Telfordc, and S. Rennera Susanne. Scientia horticulturae, 2010. Cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (*C. melo*) have numerous wild relatives in Asia and Australia, and the sister species of melon is from Australia.
- www.TecnoAgro.com.mx 2009.
- Yi-Jie Lia, Bao-Zhong Yuana, Zhi-Long Bieb, , Yaohu Kangc, 2012. Effect of drip irrigation criteria on yield and quality of muskmelon grown in greenhouse conditions. Pages 30–35.
- Zhengguo Li, Lihu Yao, Yingwu Yang y Aidong Li, 2006. Transgenic approach to improve quality traits of melon fruit . Genetic Engineering Research Center, Chongqing University, Chongqing 400030, China. Imperial Flavours Inc., Mississauga, Ont., Canada L4T 3L8.

## VIII. APENDICE

**Cuadro A.1.** Comparación de medias utilizando la prueba de Tukey de 12 genotipos de melón para variables de calidad y agronómicas, en invernadero, UAAAN, 2011.

GENOTIPOS	PPF	LPOLAR	LECUTO	ENMALL	CLRCSC	FRMFRT	ESCASC	ESPULP	CLPULP									
B	619.30	D-F	11.37	C-F	10.33	B-E	3.00	D	3.33	A-D	1.00	C	0.27	B	3.43	A-C	7.00	B
CRUISER	732.00	B-E	11.47	C-E	10.67	B-D	4.67	B	2.67	CD	1.00	C	0.33	B	2.57	DE	6.67	B
E	882.00	A-C	13.10	A-C	11.00	BC	4.00	B-D	4.00	A-C	1.00	C	0.20	B	3.60	AB	7.00	B
MISSION	506.00	EF	9.80	EF	9.60	DE	5.00	AB	4.00	A-C	2.33	A-C	0.30	B	2.70	DE	6.00	C
K	662.70	C-F	10.53	D-F	10.67	B-D	4.00	B-D	2.67	CD	2.33	A-C	0.23	B	3.13	B-D	7.00	B
EXPEDITION	769.30	A-D	12.03	B-D	10.63	B-D	5.00	AB	4.67	A	1.00	C	0.33	B	2.87	CD	6.00	C
IMPAC	985.00	A	14.50	A	12.80	A	5.00	A	3.00	B-D	2.00	BC	0.30	A	4.00	A	8.00	A
Bx(Jxk)	938.00	AB	13.83	AB	11.57	AB	4.33	BC	2.67	CD	3.67	AB	0.40	B	3.13	B-D	7.00	B
DURANGO	541.30	D-F	11.30	C-F	9.67	C-E	4.00	B-D	2.67	CD	2.00	BC	0.27	B	2.57	DE	7.00	B
Ex(JxK)	712.00	B-D	13.67	AB	10.00	C-E	4.33	BC	2.00	D	4.00	A	0.33	B	2.50	DE	7.00	B
HMX 2583	428.70	F	9.57	EF	9.20	E	4.33	BC	4.33	AB	1.67	C	0.27	B	2.13	E	6.67	B
ExL	496.70	EF	9.40	F	9.87	C-E	3.33	CD	2.67	CD	1.67	C	0.27	B	2.57	DE	7.00	B

PPF= peso promedio de fruto, LPOLAR= longitud polar, LECUTO= longitud ecuatorial, ENMALL= enmallado, CLRCSC= color de la cáscara, FRMFRT= forma del fruto, ESCASC= espesor de la cascara, ESPULP= espesor de la pulpa, CLPULP= color de la pulpa.

**Cuadro A.2.** Comparación de medias utilizando la prueba de Tukey de 12 genotipos de melón para variables de calidad y agronómicas, en invernadero, UAAAN, 2011.

GENOTIPOS	LPCAVS		LECAVS		SAPLP		TPULP		BRIX		SVANAS		SLLENAS		TOTALS	
B	4.83	B	4.50	BC	4.33	C	3.00	B	7.53	B	14.33	E	164.67	BC	179.00	E
CRUISER	4.87	B	4.43	BC	6.33	B	2.67	B	10.97	A	199.67	BC	102.67	C	302.33	B-D
E	4.40	B	4.00	BC	5.00	BC	3.00	B	10.40	A	186.00	BC	171.33	BC	357.33	A-C
MISSION	<b>4.30</b>	<b>B</b>	<b>3.70</b>	<b>C</b>	5.00	BC	3.00	B	11.00	A	335.00	A	107.00	BC	442.00	A
K	4.90	B	4.70	B	5.67	BC	3.00	B	9.27	AB	255.67	AB	122.33	BC	378.00	A-C
EXPEDITION	4.90	B	4.60	B	5.00	BC	2.67	B	9.10	AB	154.67	B-D	129.33	BC	284.00	C-E
IMPAC	6.80	A	6.40	A	7.00	A	4.00	A	11.20	A	101.00	C-E	322.00	A	422.00	AB
Bx(Jxk)	4.77	B	4.47	BC	5.00	BC	3.00	B	9.20	AB	8.67	E	350.00	A	358.67	A-C
DURANGO	4.70	B	4.50	BC	5.67	BC	2.67	B	10.07	A	44.33	DE	180.67	BC	225.00	DE
Ex(JxK)	4.30	B	4.17	BC	6.33	B	3.00	B	10.67	A	180.67	BC	180.33	BC	361.00	A-C
HMX 2583	4.43	B	4.07	BC	5.67	BC	3.00	B	9.27	AB	10.33	E	193.33	B	203.67	DE
ExL	4.67	B	4.57	B	5.67	BC	3.33	AB	9.53	AB	31.33	E	169.67	BC	201.00	DE

LPCAVS= cavidad polar de la semilla, LECAVS= cavidad ecuatorial de la semilla, SABPLP= sabor de la pulpa, TPULP= textura de la pulpa, BRIX= ° Brix, SVANAS= semillas vanas, SLLENAS= semillas llenas, TOTALS= total de semillas.

**Cuadro A.3.** Comparación de medias utilizando la prueba de Tukey para las variables fisiotécnicas de 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.), en invernadero. UAAAN, 2011.

GENOTIPOS	DFFF	THOJA	HR	FOTO	COND	CINT	RS	CS	TRANS	UEAF										
B	193.18	A-C	27.37	A	18.74	C	2.17	B-D	0.05	B	311.57	AB	7.00	AB	0.15	B	11.84	B-D	0.45	B-D
CRUICER	271.41	AB	26.23	A	21.64	A-C	1.43	CD	0.05	B	361.53	AB	7.43	AB	0.14	B	11.81	C-E	0.30	CD
E	264.14	AB	27.74	A	15.64	C	0.91	D	0.03	B	362.11	AB	14.48	A	0.09	B	11.53	DE	0.19	D
MISSION	313.34	A	27.44	A	15.77	C	2.75	B-D	0.03	B	254.03	B	11.14	AB	0.10	B	11.99	A-C	0.56	B-D
K	252.33	A-C	26.31	A	26.90	AB	2.78	B-D	0.10	A	346.24	AB	3.42	B	0.30	A	12.31	A	0.55	B-D
EXPEDITION	270.42	AB	26.84	A	27.56	A	3.89	AB	0.10	A	303.14	AB	3.18	B	0.31	A	12.33	A	0.78	AB
IMPAC	247.59	A-C	26.81	A	14.56	C	2.90	B-D	0.04	B	273.34	B	9.25	AB	0.12	B	12.32	A	0.58	B-D
Bx(Jxk)	261.52	AB	26.87	A	19.50	A-C	3.72	AB	0.06	B	271.88	B	6.66	AB	0.18	B	12.25	AB	0.74	A-C
DURANGO	206.98	A-C	26.10	A	19.28	BC	2.67	B-D	0.05	B	308.68	AB	7.01	AB	0.16	B	12.30	A	0.53	B-D
Ex(JxK)	176.98	BC	26.80	A	16.53	C	3.56	A-C	0.05	B	258.18	B	10.12	AB	0.14	B	12.34	A	0.71	A-C
HMX 2583	183.76	BC	26.91	A	17.07	C	2.74	B-D	0.04	B	307.69	AB	10.85	AB	0.13	B	12.03	A-C	0.56	B-D
ExL	130.88	C	27.74	A	13.75	C	5.27	A	0.03	B	429.27	A	12.93	A	0.09	B	11.41	E	1.13	A

DFFF= densidad de flujo de fotones, THOJA= temperatura de la hoja, HR= humedad relativa, FOTO= fotosíntesis, COND= conductancia estomática, CINT= CO<sub>2</sub> interno, RS= resistencia estomática, CS= conductancia estomática, TRANS= transpiración, UEAF= uso eficiente del agua foliar.

**Cuadro A.4.** Análisis de la varianza genética para las variables semillas llenas, número de semillas y semillas vanas de 12 genotipos de (*Cucumis melo* L.). UAAAN, 2011.

#### Análisis de varianza de semillas llenas

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados de la media</b>	<b>Cuadrados de la media esperado</b>
Gen	11	200306	18210	Var(Error)+ 3 Var (Gen)
Error	24	62062	2585.916667	Var(Error)
Corrected Total	35	262368		

<b>Componentes de varianza</b>	<b>Estimador</b>
Var (Gen)	5207.9
Var(Error)+3	2585.9

#### Análisis de varianza de semillas vanas

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados de la media</b>	<b>Cuadrados de la media esperado</b>
Gen	11	387586	35235	Var(Error)+ 3 Var (Gen)
Error	24	189682	7903.416667	Var(Error)
Corrected Total	35	577268		

<b>Componente de varianza</b>	<b>Estimador</b>
Var(gen)	9110.5
Var(Error)	7903.4

### Análisis de varianza de semillas totales

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados de la media</b>	<b>Cuadrados de la media esperado</b>
Gen	11	270322	24575	Var(Error)+ 3 Var (Gen)
Error	24	173879	7244.944444	Var(Error)
Corrected				
Total	35	444201		

<b>Componente de varianza</b>	<b>Estimador</b>
Var(gen)	5776.6
Var(Error)	7244.9