

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**



**DESCRIPTORES Y ADAPTABILIDAD DE GENOTIPOS DE MELÓN  
(*Cucumis melo* L.) EN CONDICIONES CLIMÁTICAS TEMPLADO-SEMISECO**

**SERGIO LUIS LÓPEZ TEJEDA**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**En Fitomejoramiento**

DESCRIPTORES Y ADAPTABILIDAD DE GENOTIPOS DE MELÓN  
(*Cucumis melo* L.) EN CONDICIONES CLIMÁTICAS TEMPLADO-SEMISECO

**Tesis**

Elaborada por SERGIO LUIS LÓPEZ TEJEDA como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Fitomejoramiento con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría

Dr. Fernando Borrego Escalante  
Asesor Principal

Dr. Alfonso López Benítez  
Asesor

Dr. Adalberto Benavides Mendoza  
Asesor

Dra. María Margarita Murillo Soto  
Asesor

Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente  
Subdirector de Postgrado UAAAN

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2019

## Agradecimientos

A Dios por nunca dejarme sólo, por estar siempre a mi lado, y poner en mi camino a las personas correctas en el momento indicado. Por ser mi guía y luz en todos los momentos. Gracias por todo.

A mi “Alma Terra Mater” por su ayuda en mi formación profesional. Al departamento de Fitomejoramiento por darme la oportunidad de lograr mi superación profesional y por todo el apoyo que me otorgó durante mis estudios.

Al **CONACYT** por el otorgamiento del soporte financiero para el desarrollo de ésta investigación científica.

Al Dr. **Fernando Borrego Escalante** por darme la oportunidad de trabajar en éste proyecto de investigación, por sus conocimientos que compartió conmigo en el aula y en el proyecto de tesis, así mismo mi admiración y respeto por su calidad como profesor e investigador.

A todos los maestros que me impartieron clase por las horas dedicadas a mi aprendizaje, por todos sus valiosos conocimientos que me aportaron, en especial al Dr. Humberto de León Castillo.

A los trabajadores de campo por su gran apoyo y dedicación en el experimento de campo, Adrián Gaytan Moreno

A mis compañeros: Carlos Miguel, Miguel, Elías, Gregorio, por los momentos que pasamos en la maestría.

## DEDICATORIA

A mi **madre Leticia Tejeda Godínez** por todo el apoyo que me ha brindado en toda mi vida, por estar conmigo siempre aunque en ocasiones no esté conmigo físicamente la llevo en mi corazón. Por confiar siempre en mí, por todo el cariño y amor que me ha dado, porque sin sus enseñanzas y consejos no sería lo que soy ahora.

A mi **abuelita Margarita Godínez Martínez** (†) que fue como mi segunda madre, junto a ella me formaron como persona, por haberme cuidado y querido como si fuera su hijo. A pesar de ya no estar conmigo sé que está cuidándome desde el cielo. Gracias por todo tú amor y cariño que me diste.

A mis **hermanas Joseline Leticia López Tejeda, Guadalupe López Tejeda y María del Carmen López Tejeda** mi prima **Vania Carolina Tejeda Godínez** que es como una hermana, por el apoyo moral y sus consejos que me brindan.

A mi tío **Luis Tejeda Godínez**, que a pesar de estar lejos, siempre está al pendiente mío y puedo contar con él en todo momento.

A mi sobrina **Daila Tonzay Hernández López** al ser la última gran alegría que ha llegado a mi hogar en Hidalgo. Por todos los momentos divertidos que he pasado con ella y por enseñarme a que una niña tiene mucho amor que dar.

A mis primas **Viridiana Avilés Tejeda** y **Ana Karen Avilés Tejeda** por los momentos que hemos vivido juntos.

## ÍNDICE DE CUADROS

### ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
HIPÓTESIS.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
MELÓN.....	3
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	4
MEJORAMIENTO GENÉTICO.....	4
ADAPTABILIDAD.....	5
CAMBIO CLIMÁTICO.....	7
ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	8
CORRELACIONES FENOTÍPICAS.....	9
ANÁLISIS DE SENDEROS.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	11
MATERIAL GENÉTICO.....	11
MANEJO DEL CULTIVO.....	12
VARIABLES EVALUADAS .....	13
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	19
VARIABLES DE RENDIMIENTO EN TÚNEL.....	21

<b>VARIABLES DE CALIDAD EN TÚNEL.....</b>	<b>23</b>
<b>VARIABLES DE RENDIMIENTO EN CAMPO.....</b>	<b>26</b>
<b>VARIABLES DE CALIDAD EN CAMPO.....</b>	<b>27</b>
<b>CORRELACIONES FENOTÍPICAS EN TÚNEL.....</b>	<b>31</b>
<b>CORRELACIONES FENOTÍPICAS EN CAMPO.....</b>	<b>34</b>
<b>ANÁLISIS DE SENDERO.....</b>	<b>36</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>42</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 3.1</b> Genotipos pertenecientes al programa de mejoramiento de melón del Área de Fisiotecnia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y un testigo comercial.....	12
<b>Cuadro 4.1</b> Contribución relativa de las variables analizadas en cinco componentes principales en seis genotipos de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.).....	21
<b>Cuadro 4.2</b> Cuadrados medios y significancia para las variables de rendimiento en el cultivo de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.) en el ambiente de túnel.....	22
<b>Cuadro 4.3</b> Prueba de Tukey (0.05%) para las variables de rendimiento de 6 genotipos de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.) evaluadas en túnel.....	22
<b>Cuadro 4.4</b> Cuadrados medios y significancia para las variables de calidad en el cultivo de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.) en el ambiente de túnel.....	24
<b>Cuadro 4.5</b> Cuadro 4.5 Prueba de Tukey (0.05%) para cuatro variables de calidad de seis genotipos de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.) evaluadas en túnel.....	25
<b>Cuadro 4.6</b> Cuadro 4.5 Prueba de Tukey (0.05%) para cuatro variables de calidad de seis genotipos de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.) evaluadas en túnel.....	25
<b>Cuadro 4.7</b> Cuadrados medios y significancia para las variables de rendimiento en el cultivo de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.) en ambiente a cielo abierto.....	27
<b>Cuadro 4.8</b> Prueba de Tukey para las variables de rendimiento de seis genotipos de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.) evaluadas a cielo abierto.....	27
<b>Cuadro 4.9</b> Cuadrados medios y significancia para las variables de calidad en el cultivo de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.) en ambiente a cielo abierto.....	29
<b>Cuadro 4.10</b> Prueba de Tukey para las variables de calidad de seis genotipos de melón ( <i>Cucumis melo</i> L.) evaluadas en ambiente a cielo abierto.....	31
<b>Cuadro 4.11</b> Matriz de correlaciones fenotípicas de las variables estudiadas en ambiente en túnel .....	33
<b>Cuadro 4.12</b> Matriz de correlaciones fenotípicas de las variables estudiadas en ambiente a cielo abierto.....	35

<b>Cuadro 4.13</b> Análisis de sendero en el ambiente túnel.....	38
<b>Cuadro 4.14</b> Análisis de sendero en el ambiente a cielo abierto.....	40

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> Refracción de luz en la medición de °Brix.....	14
<b>Figura 4.1.</b> Biplot de análisis de componentes principales en las variables de rendimiento y calidad de fruto.....	20



**RESUMEN**

**DESCRIPTORES Y ADAPTABILIDAD DE GENOTIPOS DE MELÓN  
(*Cucumis melo* L.) EN CONDICIONES CLIMÁTICAS  
TEMPLADO-SEMISECO.**

**POR  
SERGIO LUIS LÓPEZ TEJEDA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DR. FERNANDO BORREGO ESCALANTE-ASESOR-**

Saltillo, Coahuila

Noviembre, 2019

Ante un mercado cada vez más exigente, donde se demanda calidad y cantidad, los productores de melón, en sus variedades, han adoptado la utilización de semilla híbrida. El objetivo de ésta investigación es identificar los genotipos con mayor valor de rendimiento y calidad, así como determinar si existe una relación entre estas características. El experimento se realizó en dos ambientes túnel y cielo abierto ubicados en la UAAAN, se utilizaron cinco líneas identificadas como genotipos nueve, 10, 11, 12, 13 y 18 y un testigo comercial (híbrido Cruiser). El diseño utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. De acuerdo al análisis de componentes principales se encontraron dos grupos altamente correlacionados, el primer grupo explica un 53.85% de la varianza, compuesto por las variables peso (PESO), diámetro ecuatorial y diámetro polar, el segundo grupo explicó un 25.97% de la varianza y está compuesto por las variables color de pulpa, grados Brix (BRIX) y sabor (SABOR). En la prueba de medias para el ambiente túnel el genotipo 12 presentó el valor más alto en rendimiento y los más bajos fueron los genotipos 10 y 11, en comparación al ambiente en cielo abierto el genotipo 9, mostró el mejor rendimiento y los genotipos con menor rendimiento fueron los mismos. Se realizaron correlaciones entre todas las variables para posteriormente hacer un análisis de sendero el cual mostró que la variable PESO es un buen predictor en el rendimiento y de acuerdo a los resultados obtenidos en las variables BRIX y SABOR se podría sugerir un nuevo método en la determinación de azúcares.

Palabras clave: Análisis de Sendero, Calidad, Correlaciones, Rendimiento.

**ABSTRACT**

**DESCRIPTORS AND ADAPTABILITY OF MELON GENOTYPES  
(*Cucumis melo* L.) AT TEMPERED-SEMIDRY CLIMATE CONDITIONS.**

**SERGIO LUIS LÓPEZ TEJEDA**

**MASTER OF SCIENCE**

**PLANT BREEDING**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DR. FERNANDO BORREGO ESCALANTE-ADVISOR-**

Saltillo, Coahuila

November, 2019

Faced with an increasingly demanding market, where quality and quantity is demanded, melon producers have adopted the use of hybrid seed. The objective of this research is to identify the genotypes with the highest value of yield and quality, as well as determine if there is a relationship between these characteristics. The experiment was carried out in two environments tunnel and the field, located in the UAAAN. Five lines identified as genotypes nine, (9), 10, 11, 12 and 13 and a commercial witness (hybrid Cruiser) were used. The design used was a randomized complete block design with three repetitions. According to the analysis of main components, two highly correlated groups were found, the first group explains 53.85% of the variance, composed of the variables fruit weight (PESO), equatorial diameter and polar diameter, the second group explained 25.97% of the variance and is composed of the variables pulp color, Brix degrees (BRIX) and flavor (SABOR). In the test of means for the tunnel environment, genotype 12 presented the highest value in yield and the lowest were genotypes 10 and 11, compared to the open sky environment, genotype nine (9) showed the best yield and genotypes with lower performance were the same. Correlations were made between all the variables to later make a path analysis which showed that the PES variable is a good predictor of performance and according to the results obtained in the BRIX and SABOR variables a new method could be suggested in the determination of sugars.

Key words: Correlation, Path analysis, Quality, Yield.

## INTRODUCCIÓN

La producción de melón a nivel mundial es de aproximadamente 28 millones de toneladas anuales. El melón es un importante cultivo de verano. En México la producción de melón fue de aproximadamente 595,000 t en 19,000 ha, con un rendimiento promedio por hectárea de 31.36 t, y un valor de la producción de 2,900 millones de pesos (SIAP, 2018). México se ubica en el octavo lugar mundial, con una participación del 2.2% en la producción mundial (FAO). Coahuila es el estado con mayor producción de melón a nivel nacional, con una producción de 145,318 t siendo la Comarca Lagunera la zona melonera más importante de México con una superficie anual aproximada de 5,000 ha y una producción de 134,000 t. La importancia social, además del valor de la producción, es que requiere alrededor de 120 jornales por hectárea (SIAP, 2018).

A través de los años los productores de melón han adoptado las variedades de semilla híbrida, aún con el costo que representa. Las razones de éste cambio tienen que ver fundamentalmente con aspectos de rentabilidad relacionadas con el mercado. Donde las exigencias de calidad por parte de las cadenas comerciales provocan un rechazo entre el 30 y 40 % de la cosecha a los productores por no alcanzar los estándares de calidad exigidos.

Son tres las principales ventajas que ofrece la semilla híbrida: tamaño de fruto más grande, mayor resistencia a enfermedades fungosas y obtención de cosechas más rápidas.

El papel del fitomejorador es el de obtener variedades de cultivos con mejores atributos que las variedades cultivadas, sobre todo si son de menor costo. Las condiciones agroclimáticas del área de influencia inmediata de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), son de escasa precipitación, altas temperaturas en verano y suelos de fertilidad natural baja. En verano-otoño, que es cuando se tiene mayor precio, se presentan precipitaciones por los remanentes de tormentas tropicales o huracanes que entran al país por el golfo de México; además, se presenta mayor humedad relativa, y debido al hábito

rastrero de la planta de melón, hay mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades.

El cultivo de melón requiere, para un mayor rendimiento, clima seco y temperaturas diurnas y nocturnas altas, de aproximadamente 40 y 20 grados centígrados respectivamente. Sin embargo, cuando se siembra en éstas condiciones, de marzo-abril por la oferta y demanda, el precio disminuye, a veces al grado de no recuperar los costos de producción. El agricultor, para obtener cosechas con un mejor precio de venta, puede sembrar en febrero, pero requiere cuidar el cultivo de las bajas temperaturas; también puede sembrar en junio, pero con condiciones climáticas que propician menores rendimientos, y mayor presencia de plagas y enfermedades. Por lo anterior, se requieren variedades adaptadas a las condiciones sub-óptimas de siembras tardías.

### **Hipótesis**

Alguno de los materiales genéticos de melón del programa de mejoramiento del área de Fisiotecnia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro mostrarán un mejor comportamiento que el material comercial utilizado en esta investigación.

### **Objetivos**

- Seleccionar los genotipos con mayor valor de rendimiento y de calidad, utilizando descriptores generales del cultivo de melón.
- Determinar si existe una relación entre rendimiento y calidad del fruto, a través de análisis de componentes principales, correlaciones y coeficientes de sendero.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Melón

Las frutas representan una parte importante de la dieta humana, mostrando una variación extensa en tamaño y forma entre y dentro de las especies cultivadas. El melón *Cucumis melo* L. es una planta antigua, probablemente originaria de algunas regiones tropicales de medio oriente de África, es una especie diploide con doce cromosomas ( $2n=24$ ) (Dane, 1991). El melón es producido principalmente en zonas áridas y semiáridas alrededor del mundo. Actualmente está distribuido por casi todo el mundo, principalmente en Asia, América y Europa, con una producción total de 27.7 millones de t y alrededor de 1,4 millones de ha plantadas (FAO, 2011). Dentro de las especies de *Cucumis*, existe un amplio rango de diversidad, aproximadamente 800 especies. Muchas clasificaciones intraespecíficas han sido propuestas basadas en rasgos morfológicos. En la última clasificación propuesta, 19 grupos hortícolas fueron definidos: *agrestis*, *kachri*, *chito*, *tibish*, *acidulus*, *momordica*, *conomon*, *makuwa*, *chinensis*, *flexuosus*, *chate*, *dudaim*, *chandalak*, *indicus*, *ameri*, *cassaba*, *ibericus*, *inodorus* y *cantalupensis* (Pitrat, 2017), exhibiendo una extrema diversidad genética, que se refleja en una amplia variación fenotípica en el fruto del melón. El peso de la fruta de melón varía de unos gramos a kilos en diferentes variedades y la forma puede presentarse como oval, redonda, elíptica o extremadamente alargada (Stepansky, Kovalski, 2000). Una enorme variabilidad también existe para otras características asociadas con la calidad del fruto, tales como color de la carne, contenido de azúcar y aroma. El melón también comprende una amplia variación para el comportamiento de la maduración, por ejemplo algunas variedades tienden a tener una respiración aguda climatérica asociada con una rápida maduración en la fruta y rango de abscisión. En contraste otras variedades no presentan abscisión al madurar y la respiración climatérica está ausente (Nukaya *et al.*, 1986).

El melón presenta cuatro tipos de reproducción sexual: andromonoica, ginomonoica, monoica y hermafrodita. Las flores masculinas son axiliares y

agrupadas en una inflorescencia y las hermafroditas son solitarias. El melón es una especie alógama cuya polinización puede ser efectuada por abejas. La maduración del fruto ocurre entre seis-siete semanas después de la polinización.

### **Clasificación taxonómica**

De acuerdo al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), 2019, el melón (*Cucumis melo L.*) taxonómicamente se puede clasificar de la siguiente manera.

Reino: **Plantae**

Subreino: **Tracheobionta**

Superdivisión: **Spermatophyta**

División: **Magnoliophyta**

Clase: **Magnoliopsida**

Subclase: **Dilleniidae**

Orden: **Violales**

Familia: **Cucurbitaceae**

Género: ***Cucumis L.***

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

### **Mejoramiento genético**

El fitomejoramiento como una disciplina científica comenzó a principios del siglo XIX y cerca del siglo XX siguiendo el desarrollo de enfoques cuantitativos, como la prueba de progenie (Goldman, 2000). La selección recurrente de rasgos con



valor económico condujo al desarrollo posterior de estrategias de selección que se mejoraron. El éxito de la mayoría de los programas de mejoramiento en cultivos ampliamente depende en el entendimiento de la relación entre características, la magnitud de ésta relación ayudará a los mejoradores a determinar el criterio de selección a utilizar en los programas de mejoramiento. Por tanto, la correcta comprensión de este tipo de asociaciones nos permite seleccionar de forma indirecta mediante la observación en campo de características llamadas causas. Los métodos tradicionales de mejoramiento genético en el melón han producido un progreso considerable de las variedades. Sin embargo, fuertes barreras de incompatibilidad sexual restringen el potencial para desarrollar nuevos y mejores cultivares (Robinson y Decker-Walters, 1999). En adición, la elección de buenos progenitores es de importancia fundamental para el éxito de un programa de mejoramiento.

### **Adaptabilidad**

Los vegetales y frutas son generalmente sensibles en ambientes extremos. La respuesta de las plantas al estrés ambiental depende de la fase de desarrollo de la planta y de la duración y severidad del estrés. Actualmente es muy difícil encontrar áreas donde el cultivo se desarrolle para alcanzar una producción óptima. Factores tales como sequía, salinidad, altas y bajas temperaturas, inundaciones, radiación, metales pesados, estrés oxidativo y deficiencia de nutrientes pueden ser considerados factores de estrés abióticos. En respuesta al estrés las plantas utilizan mecanismos morfológicos o bioquímicos, el fitomejorador deberá traducir estos hallazgos en variedades de cultivos tolerantes al estrés. En una perspectiva más general, estos estudios permitirán a los mejoradores a afrontarlos. El melón es un cultivo importante económicamente, producido ampliamente en regiones con temperatura tropical (Fernandez-Trujillo *et al.* 2011). La temperatura influye en todas sus funciones vitales como lo son la germinación, transpiración, fotosíntesis, floración etc. El melón requiere cumplir ciertas fases o etapas en su desarrollo, por lo que se debe cultivar en zonas libres de heladas. La germinación de la semilla requiere temperaturas relativamente

altas, mínimas de 10 a 15°C con un óptimo entre 28 a 35°C. La temperatura óptima para el crecimiento de la planta es de 28 a 30°C durante el día y de 18 a 22°C por la noche. Su cero vegetativo se sitúa en los 13 a 15°C de temperatura ambiental y se hiela a 1°C. La temperatura óptima para su expansión foliar se encuentra en los 25 °C. Durante el periodo de fecundación es fundamental que la temperatura favorezca el desarrollo del tubo polínico, requiriéndose 18 °C como mínimo. El rango de 21 a 24°C es óptimo para la antesis y su temperatura mínima es de 10°C. Para la cuaja de frutos la temperatura debe de ser de 21°C, la maduración de los frutos se da entre los 20 a 30°C.

Los extremos de humedad relativa son una fuente de potencial estrés, el uso de cubiertas plásticas como túneles con un grado variable de hermeticidad, aumenta la humedad relativa, disminuyendo el gradiente transpiratorio, teniendo éste efecto relación con el crecimiento de algunos bioantagonistas, bacterias y hongos.

La planta de melón se desarrolla bien en suelos neutros o débilmente alcalinos, prospera mejor en suelos franco-arcillosos, de buen drenaje sin exceso de agua, fértiles con alto contenido de materia orgánica y un pH entre 6 y 7.

Las áreas donde se desarrolla el melón están caracterizadas por tener un ambiente seco y caliente con elevados rangos de evapotranspiración y un índice bajo de lluvias, favoreciendo la acumulación de sales en el suelo. En éste contexto el melón al ser producido en estas zonas es citado como moderadamente sensible al estrés salino (Tedeschi, 2011).

Se ha demostrado que las condiciones en túneles aceleran la floración y fructificación, duplicando o triplicando los rendimientos en relación con la producción en campo abierto sobre una variedad de climas (Loy y Wells, 1975; Motsenbocker y Bonnano, 1989; Wiebe, 1973). Se combina con acolchado, con las ventajas: ayuda a controlar malezas e insectos, aumenta la temperatura del suelo, reduce la evaporación, minimiza la erosión del suelo. Estos beneficios se trasladan en la reducción de pesticidas, conservación de agua y aumento del

rendimiento y calidad del cultivo (Kasirajan, 2016). También con el intento de cambio de adaptación, se presentan problemas de plagas y enfermedades, es importante tener cuidado de que las aplicaciones químicas sean durante la noche y así evitar entrar en conflicto con la actividad de las abejas en el día (Montes, 2005). Los plaguicidas se aplican al cultivo de melón para evitar enfermedades de las plantas, como la cenicienta polvorienta *Sphaerotheca fuliginea* (Schlechtend) Pollaci, el tizón temprano *Alternaria cucumerina* (Ellis & Everhart) Elliott, el virus del amarillamiento y achaparramiento de las cucurbitáceas y los mosaicos (Chew-Madinaveitia *et al.*, 2008). Diversos estudios han demostrado que la aportación de fertilizantes a través del riego, mejora la eficiencia de uso de nutrientes por planta y la producción de melón (Bogle y Hartz *et al.*, 1986).

En un estudio realizado por Tuong Ha *et al.*, (2018) encontraron que los genotipos de calabaza con sistemas antioxidantes por acción de las enzimas ascorbato peroxidasa y superóxido dismutasa soportaban mejor el estrés en frío en comparación con los genotipos de melón amargo que no contaban con el sistema antioxidante mencionado anteriormente. Además, se encontró una correlación negativa entre el sistema oxidativo y el estrés oxidativo, ésta alta concentración de enzimas ascorbato peroxidasa y superóxido dismutasa pueden reducir la acumulación de  $H_2O_2$ , y aliviar el daño a las membranas celulares. Las enzimas ascorbato peroxidasa y superóxido dismutasa pueden ser utilizadas para la selección de genotipos de melón tolerantes al frío.

### **Cambio climático**

El clima es probablemente el factor más importante e influyente en los patrones de vegetación global, ya que tienen un impacto significativo en la distribución, estructura y ecología de los paisajes (Easterling y Apps 2005). Cada vez hay mayores evidencias y reconocimiento internacional acerca del cambio climático y su impacto sobre la estructura, composición y funcionamiento de los ecosistemas terrestres y marinos. La evaluación del impacto ambiental sobre las especies usadas en sistemas de producción alimentaria es un aporte importante

para ejecutar acciones futuras que ayuden a minimizar los impactos negativos del cambio climático.

### **Análisis de componentes principales**

En 1901 Karl Pearson publicó un trabajo sobre el ajuste de un sistema de puntos a una línea o a un plano en un multi-espacio (Pla, 1986). El enfoque de Pearson fue retomado en el año 1933 por Hotelling, quien en primera instancia formuló el análisis de componentes principales.

El análisis de componentes principales transforma un conjunto de variables correlacionadas en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas (Almenara et al., 1998). El objetivo del análisis es reducir la dimensionalidad en la cual se expresa el conjunto original de variables (Peña, 2002). El análisis de componentes principales trata de explicar la estructura de las varianzas y covarianzas de un conjunto de variables  $X_i$  mediante unas cuantas combinaciones lineales de ellas. Los componentes principales no están correlacionados entre sí, y cada uno maximiza su varianza, simplificando los datos para facilitar su análisis e interpretación. Ésta simplificación es posible porque mucha de la variabilidad de los datos puede ser explicada por un número pequeño ( $k$ ) de componentes principales, en comparación a el número inicial de variables  $X_i$ . Ésta simplificación es muy útil como una primera etapa de un análisis más completo en el que técnicas multivariadas de regresión, análisis de varianza, o de agrupamiento, acepten como variables de entrada a los componentes principales.

La obtención de los componentes principales puede hacerse por varios métodos:

1. Buscando aquella combinación lineal de las variables que maximiza la variabilidad.
2. Buscando el subespacio de mejor ajuste por el método de los mínimos cuadrados, minimizando la suma de cuadrados de las distancias de cada punto al subespacio.

3. Minimizando la discrepancia entre las distancias euclidianas de los puntos calculados en el espacio original y en el subespacio de baja dimensión.
4. Mediante regresiones alternadas, usando el método biplot.

### **Correlaciones fenotípicas**

La correlación fenotípica se estima directamente de los valores medios fenotípicos de campo, siendo el resultado, por tanto, de causas genéticas y ambientales. En las correlaciones fenotípicas no se distingue la contribución relativa de los efectos genéticos correlacionados, de los efectos del error experimental correlacionados contribuida por las relaciones de características observadas.

### **Análisis de senderos**

Es el modelo más utilizado para probar conjunto de supuestos causales entre variables que se dan en un estudio, el modelo debe ser considerado como un sistema cerrado en cuanto contiene explícitamente todas las variables importantes, otros términos utilizados para referirse al análisis de sendero incluyen modelado causal, análisis de estructuras de covarianza y modelos de variables latentes. Se podría decir que es un método cuyo fin es determinar relaciones de efecto-causa. En este entendido, los coeficientes de senderos son valores que expresan la relación entre la variación de las variables. El análisis de senderos fue desarrollado por el genetista Sewall Wright (1921) que conjuntamente con Ching Chung Li descubrieron la manera de descomponer la correlación en componentes de efectos directos y de efectos indirectos. Éste tipo de análisis es bastante útil para predecir valores de variables de interés dentro de un estudio determinado, por ejemplo, en el área de agronomía. Un ejemplo es el siguiente: en un sistema de producción de caña de azúcar se sabe que existe una asociación entre la producción de caña y algunas características agronómicas como lo son altura de planta y la población de tallos, por tanto, la correcta comprensión de éste tipo de asociaciones facilita la selección de forma

indirecta para toneladas de caña por hectárea mediante la observación en campo de éstas características llamadas “causas”. En éste caso es relevante el análisis de sendero, el cual permite evaluar si una relación entre dos variables es de la forma causa-efecto, o es determinada por la influencia de otra u otras variables.

La metodología parte de un modelo de regresión múltiple, que tiene su base en los modelos de ecuaciones estructurales. Sea “ $y$ ” la variable dependiente o de “efecto” y las variables independientes o de “causa” ( $x_1, x_2, \dots, x_p$ ), entonces “ $y$ ” es una combinación lineal de éstas variables  $x_i$ ; más un término de perturbación, es decir:

$$y = x_1 + x_2 + \dots + x_p + \varepsilon$$

Donde  $\sigma_y$  denota la desviación estándar total de la variable de respuesta “ $y$ ”, y  $\sigma_{x_1}$  denota la desviación estándar de “ $y$ ” debido a la influencia de  $x_1$ ; mientras que las demás variables ( $x_2, x_3, \dots, x_p$ ) se mantienen constantes, y se define como  $r_{1y}$ , al coeficiente de correlación entre la variable  $x_1$  y la variable “ $y$ ”; análogamente para el resto de las variables independientes  $x_i$ .

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del experimento**

La presente investigación se llevó a cabo en dos ambientes (túnel y cielo abierto) durante el ciclo primavera-verano 2018. Los túneles se ubicaron en el área de invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, a 25°, 21' 19.29" latitud N, y 101° 01' 49.07" longitud W, con una altitud de 1777 msnm. Su temperatura media anual es de 16.8 °C, el clima es semiárido con lluvias en verano, la precipitación anual es de 350 a 450 mm. El lote experimental a cielo abierto se ubicó en el área conocida como El Bajío de la misma universidad, a 25° 21' 20.70" latitud N 101° 02' 18.14" longitud W, con una altitud de 1745 msnm. La altura sobre el nivel del mar propicia noches frescas, aún en verano, inferiores a las que se presentan en las zonas meloneras, de clima cálido-seco.

### **Material genético**

Se utilizaron cinco líneas y un testigo identificados en el cuadro 3.1 Las líneas pertenecen al programa de mejoramiento de melón, del área de Fisiotecnia del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN. El testigo utilizado fue el híbrido Cruiser.

Cuadro 3.1 Genotipos pertenecientes al programa de mejoramiento de melón del Área de Fisiotecnia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y un testigo comercial.

Material genético
9 (ANMEL-1)
10 (ANMEL-2)
11 (ANMEL-3)
12 (ANMEL-4)
13 (ANMEL-5)
18 (Híbrido Cruiser)

### **Manejo del cultivo**

El manejo agronómico en el cultivo se realizó en los meses de junio, julio, agosto y septiembre del 2018. La preparación del terreno se hizo de forma mecánica en ambos ambientes, donde se realizaron las actividades de barbecho y rastra. La siembra se realizó el 27 de abril en charolas de poliestireno las cuales fueron previamente esterilizadas, como sustrato se agregó peat-moss mezclado con perlita (85:15 v:v). Se colocó de manera manual un acolchado de polietileno de color negro, conjuntamente con una cinta de riego, para ambos ambientes. Para el control de insectos se utilizó el químico Barbaro cuyo ingrediente activo es Metomilo. Como controlador fúngico se utilizó el producto químico MANEB cuyo ingrediente activo es el ditiocarbamato de manganeso. Se realizaron dos fertilizaciones de fondo (180-90-60-30), la primera se realizó una semana antes del trasplante, y la segunda se realizó un mes después del trasplante. En cada mes a partir del trasplante se aplicó una fertilización con lombricomposta líquida, a través del riego, la cual estaba mezclada con nitrógeno, fósforo, potasio y calcio. La cosecha en túnel se inició el 14 de agosto del 2018, la cosecha en campo abierto en el bajo se inició el 21 de agosto del 2018.



**Variables evaluadas.** Se tomaron en cuenta las variables recomendadas para los descriptores generales de melón (IPGRI, 2003):

### **Rendimiento**

Rend= kg ha<sup>-1</sup>

PESO= Peso del fruto (kg)

DEF= Diámetro ecuatorial del fruto (cm)

DPF= Diámetro polar del fruto (cm)

### **Calidad**

Mal= Malla (1-5)

1. Liso
2. Ligeramente liso
3. Malla abierta
4. Malla intermedia
5. Malla cerrada

EC= Espesor de la cáscara (cm)

CP= Color de pulpa (1-5)

1. Amarillo
2. Salmón
3. Naranja pálido
4. Naranja intermedio
5. Naranja intenso

EP= Espesor de pulpa (cm)

DEC= Diámetro ecuatorial de la cavidad de melón (cm)

DPC= Diámetro polar de la cavidad de melón (cm)

BRIX= °Brix (°Bx)

Para el análisis de azúcares se utilizó un refractómetro cuyo principio se basa en proyectar la curva de luz que se produce en la retícula del refractómetro el cual tiene una escala que determina el ángulo que forma la luz. El valor mostrado nos indica la concentración de sacarosa (°Brix).

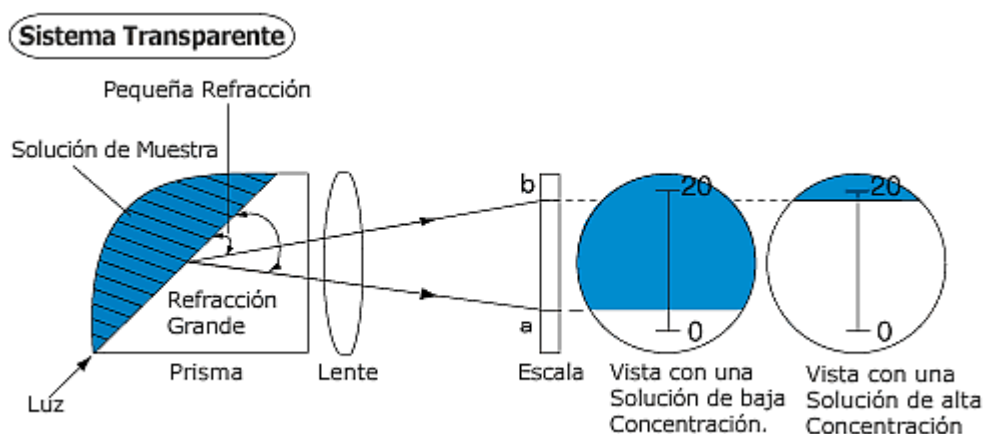


Figura 3.1 Refracción de luz en la medición de °Brix.

SABOR = Sabor (1-5)

1. Amargo
2. Ligeramente amargo
3. Ligeramente dulce
4. Dulce
5. Muy dulce

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El análisis estadístico se llevó a cabo en el programa estadístico SAS V9.0.

Modelo estadístico  $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$

$Y_{ij}$  = Observación del genotipo "i" en su repetición "j".

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Efecto de los genotipos  $i = 1, \dots, 6$

$\beta_j$  = Efecto de repeticiones  $j = 1, \dots, 3$

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto de la variabilidad no controlada o error experimental.

Para el análisis de medias en el ANOVA para los diferentes niveles de los factores se utilizó la prueba de Tukey el cual ajusta el nivel de confianza de cada intervalo individual. El valor de Tukey se calcula de la siguiente manera:

$$w = q * \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

Donde:

w = valor de Tukey

q = valor de Tabla de Tukey

CME = cuadrado medio del error

r = repeticiones

Para el análisis de datos se realizó un análisis de componentes principales sobre las variables con el programa estadístico SAS V9.0. en donde primero se hace una estandarización sobre las variables originales, es decir variables con media 0 y varianza 1. Lo que equivale a tomar los componentes principales de la matriz de correlaciones. El análisis de correlaciones y sendero se realizó de igual manera con el programa estadístico SAS V9.0. Para el análisis de correlaciones se utilizaron los coeficientes de Pearson que miden el grado de relación entre variables.

El cálculo de los coeficientes de correlación de Pearson viene definido por la siguiente expresión definida por la covarianza que se da entre dos variables.

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_x Z_y}{N}$$

El coeficiente de correlación de Pearson hace referencia a la media de los productos cruzados de las puntuaciones estandarizadas de X y de Y. Mostrando las desviaciones de cada individuo respecto a su media.

Para el análisis de sendero se utilizaron los valores obtenidos en el análisis de correlaciones, donde se definió una matriz de correlaciones (A) entre las variables: peso (PE), diámetro ecuatorial del fruto (DE), diámetro polar del fruto (DP), malla (MAL), color de pulpa (CP), espesor de pulpa (EP), espesor de la cáscara (EC), diámetro ecuatorial de la cavidad del fruto (DEC), diámetro polar de la cavidad del fruto (DPC), °Brix (BRI) y sabor (SAB). Y un vector de correlaciones (R) entre las variables anteriormente mencionadas y la variable rendimiento (REN).

El análisis de sendero separa los efectos directos de los efectos indirectos a partir de una correlación. Para una mejor visualización se construye una matriz donde los efectos directos son mostrados en una diagonal y los efectos indirectos son los datos mostrados en la fila de la diagonal.

	X1	X2.....	Xn
X1	b1	b2r1,2.....	bn rl, n
X2	b1r1,2	b2.....	bn rl. n
.....	.....	.....	.....
Xn	b1r1,n	b2r2,n	bn

En donde bn: efectos directos; bn rl, n: efectos indirectos.

Las ecuaciones simultaneas que se forman en el análisis de sendero se resuelven por medio de matrices, en donde primero se definen las matrices que engloban a las ecuaciones que se generan:

Sea A= matriz de correlaciones entre los factores básicos.

$$A = \begin{pmatrix} r11 & r12 & r13..... & r1n \\ r21 & r22 & r23..... & r2n \\ rm1 & rm2 & rm3..... & rmn \end{pmatrix}$$

Sea R= Vector de correlaciones entre los factores básicos y la variable de respuesta.

$$R = \begin{pmatrix} r10 \\ r20 \\ ..... \\ ..... \\ rn0 \end{pmatrix}$$

Sea b= vector de coeficientes de sendero.

$$b = \begin{pmatrix} b1 \\ b2 \\ ..... \\ ..... \\ bn \end{pmatrix}$$

De tal manera que los coeficientes de sendero se obtuvieron con la siguiente operación matricial:

$$b = A^{-1} * R$$

El factor residual se obtuvo de la siguiente manera:

$$b_{n+1} = [1 - b^t * R^{1/2}]$$

Para definir la matriz que contenga los efectos directos e indirectos primero se define D= matriz de efectos directos ( $b_i$ ) en la diagonal principal y ceros en las demás posiciones.

$$D = \begin{vmatrix} b_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots\dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b_n \end{vmatrix}$$

Para obtener la matriz C (efectos directos e indirectos) se realiza la siguiente operación matricial:  $C = A * D$

Se tiene lo siguiente suponiendo que las matrices A y D contiene los siguientes valores:

$$A = \begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} \\ r_{21} & r_{22} \end{vmatrix} \quad y \quad D = \begin{vmatrix} b_1 & 0 \\ 0 & b_2 \end{vmatrix}$$

Entonces:

$$C = A * D = \begin{vmatrix} b_1 & b_2 r_{12} \\ b_1 r_{21} & b_2 \end{vmatrix}$$

Donde:

$b_1$  y  $b_2$ = efectos directos

$b_1 r_{21}$  y  $b_2 r_{12}$ = efectos indirectos

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Análisis de componentes principales**

En la figura 4.1 se pueden observar dos grupos altamente correlacionados, en un grupo encontramos a las variables peso, diámetro polar del fruto y diámetro ecuatorial del fruto. En el otro grupo encontramos a las variables sabor, malla, diámetro ecuatorial de la cavidad y °Brix. De acuerdo a los valores obtenidos en el Cuadro 5, el componente principal 1 que explica un 53.85% de la varianza, tiene una alta contribución con valores positivos por las variables PESO, DEF, DPF y DPC, las cuales están relacionadas con el rendimiento, por lo que el CP1 podría llamarse características relacionadas con el rendimiento. El componente principal 2, explica un 25.97% de la varianza y es explicado mayormente con valores positivos por las variables CP, BRIX y SABOR, indicando que éstas variables se asocian con la calidad del fruto.

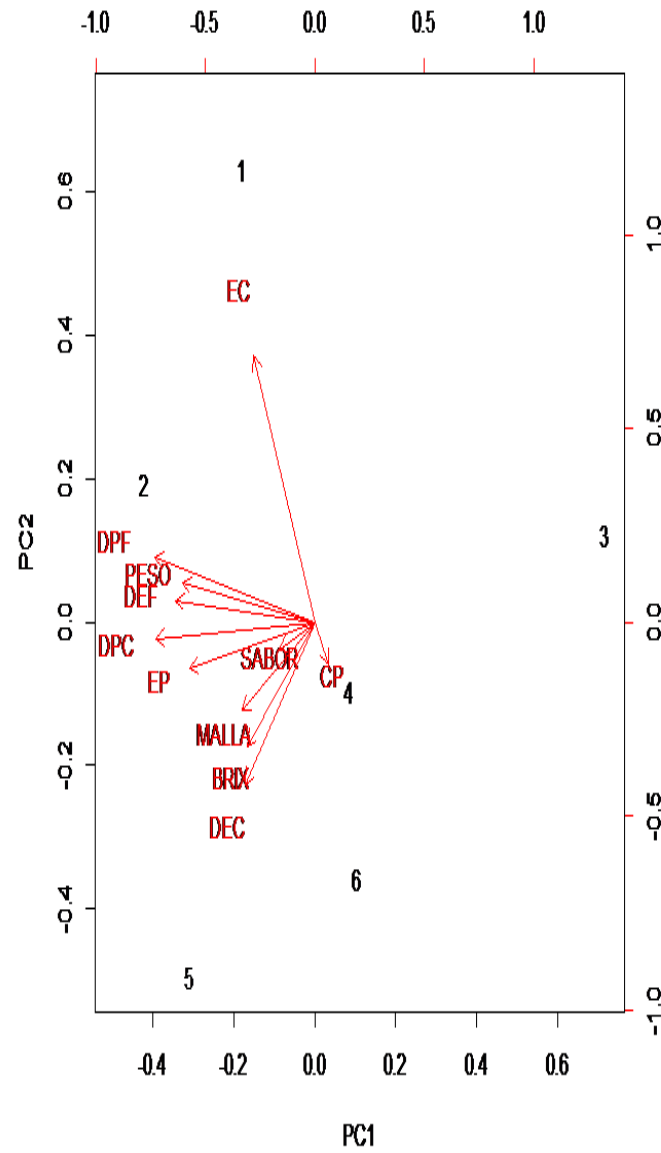


Figura 4.1. Biplot de análisis de componentes principales en las variables de rendimiento y calidad de fruto.



**Cuadro 4.1 Contribución relativa de las variables analizadas en 5 componentes principales en 6 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.)**

Var	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
PES	0.37	-0.20	-0.02	-0.25	-0.16
DEF	0.39	-0.14	0.01	-0.20	-0.35
DPF	0.38	-0.20	0.09	-0.10	-0.05
MAL	0.23	-0.05	-0.66	0.07	0.57
EC	0.11	-0.44	0.49	0.19	0.24
CP	-0.11	0.53	0.16	0.35	-0.10
EP	0.33	-0.01	-0.20	0.64	-0.44
DEC	0.28	0.40	-0.17	-0.25	0.00
DPC	0.37	0.04	0.15	0.44	0.33
BRI	0.29	0.41	0.10	-0.17	-0.08
SAB	0.27	0.31	0.43	-0.14	0.36
EXPL. VAR.	5.92	2.85	1.41	0.62	0.19
PRP. TOT.	0.54	0.26	0.13	0.06	0.02

Var=Variable, CP=Componentes principales, PES= peso, DEF= diámetro ecuatorial del fruto, DPF=diámetro polar del fruto, MAL= malla, EC=espesor de la cáscara, CP= color de la pulpa, EP= espesor de la pulpa, DEC= diámetro ecuatorial de la cavidad, DPC= diámetro polar de la cavidad, BRI= °Brix, SAB= sabor.

### Variables de rendimiento en túnel

En el análisis de varianza mostrado en el cuadro 4.2 en la fuente de variación repetición no se encontraron valores significativos para las variables PESO, DE y DP. La variable REND fue altamente significativa en la fuente de variación repetición, debido al problema de cenicilla que se presentó y posible razón por la que el número de muestreos realizados no fue el suficiente para detectar la diferencia en las variables PESO, DE y DP entre los diferentes materiales evaluados. Para la fuente de variación genotipos, en todas las variables se encontraron valores altamente significativos ( $P \leq 0.05$ ), lo que indica que existe una alta variabilidad para las variables de rendimiento en los diferentes genotipos evaluados en éste experimento. Lo anterior se ve reflejado en los diferentes tamaños y formas encontrados entre los diferentes tipos de melón evaluados.

Cuadro 4.2 Cuadrados medios y significancia para las variables de rendimiento en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) en el ambiente de túnel.

F.V.	REND	PESO	DE	DP
REP	6445086811**	0.098 NS	17.893 NS	11.048 NS
GEN	4366417304**	1.500**	179.256**	331.599**
ERR	99285923	0.175	18.694	31.008
% CV	41.13562	35.54	11.067	12.762

\*\*Significativo al 0.01 de probabilidad; %CV= Coeficiente de variación; F.V.= fuente de variación; REND= rendimiento; PES= peso; DE= diámetro ecuatorial; DP= diámetro polar.

La prueba de Tukey (Cuadro 4.3) aplicada a las variables de rendimiento mostraron que el genotipo 10 obtuvo los mayores valores 1.54 para PESO, 43.48 para DE y 48.10 para DP. El genotipo que mostró los valores más bajos fue el 11 con 0.91 para PESO, 36.10 para DE y 39.15 para DP. Con lo anterior se podría suponer que la variable PESO está altamente correlacionado con las variables DE y DP. Como se observa en el genotipo 10 al tener la variable PESO el valor más alto, se tiene que las variables DE y DP son también las variables con el valor más alto en éste genotipo, lo mismo ocurre con el genotipo 11, al tener el valor PESO más bajo, las demás variables, tienden a tener los valores más bajos. Los demás genotipos mostraron tener valores similares.

Cuadro 4.3 Prueba de Tukey (0.05%) para las variables de rendimiento de 6 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) evaluadas en túnel.

Valor Tukey				
Genotipo	REND	PESO	DE	DP
9	20.082 B	1.24 B	39.20 BC	44.82 AB
10	9.478 C	1.54 A	43.48 A	48.10 A
11	10.159 C	0.91 C	36.10 D	39.15 D
12	37.721 A	1.27 B	39.89 B	44.95 AB
13	25.346 B	1.10 BC	39.03 BC	43.04 BC
18	18.534 B	1.05 BC	37.24 CD	41.30 DC

REND= rendimiento; PES= peso; DE= diámetro ecuatorial; DP= diámetro polar

### Variables de calidad en túnel

En el análisis de varianza para las variables de calidad en túnel mostradas en el cuadro 4.4 se observa que entre repeticiones no se encontraron valores significativos, lo que podría suponer que el experimento se llevó a cabo en

condiciones homogéneas, otra razón puede deberse al problema que se tuvo con cenicilla, razón por la cual no se contó con un número grande de muestreo. En la fuente de variación para genotipos sólo se encontró significancia ( $P \leq 0.05$ ) para la variable DEC, las demás variables mostraron no tener diferencia significativa.

Cuadro 4.4 Cuadros medios y significancia para las variables de calidad en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) en el ambiente de túnel.

F.V.	MAL	ESPC	COLP	ESPP	DEC	DPC	BRIX	SAB
REP	0.61 NS	0.31 NS	0.05 NS	0.57 NS	0.54 NS	10.58 NS	3.73 NS	0.26 NS
GEN	0.63 NS	1.08 NS	0.78 NS	0.61 NS	2.77 *	2.14 NS	5.46 NS	1.00 NS
ERR	0.56	1.42	1.59	0.50	1.19	5.33	3.61	1.79
CV (%)	18.26	153.20	34.05	21.06	20.43	24.38	26.37	39.98

\*Significancia al 0.05 de probabilidad; NS= No significativo; REP= repeticiones; GEN= genotipos; ERR= error; CV (%)= coeficiente de variación; MAL= malla; ESPC= espesor de la cascara; COLP= color de pulpa; ESPP= espesor de pulpa; DEC= diámetro ecuatorial de la cavidad; DPC= diámetro polar de la cavidad; BRIX= °Brix; SAB= sabor.

La prueba de Tukey (cuadros 4.5 y 4.6) para las variables de calidad de fruto no exhibió diferencias significativas en la mayoría de éstas. La única variable que

exhibió diferencias fue BRIX, donde el genotipo 13 mostró el mayor valor y los genotipos 9 y 11, mostraron los valores más pequeños. Para Seymour y Mc Glasson (1993) la calidad de melón está fuertemente relacionada con los contenidos de azúcares totales y el sabor (gusto y aroma). Lo anterior nos puede llevar a dos conclusiones, la primera es que los genotipos son muy semejantes en sus características de calidad o bien hubo errores de evaluación por la limitada cantidad de material evaluado por el problema de cenicilla que se presentó.

Cuadro 4.5 Prueba de Tukey (0.05%) para cuatro variables de calidad de seis genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) evaluadas en túnel.

Valor Tukey				
GEN	MAL	ESPC	COLP	ESPP
9	3.37 A	0.40 A	3.50 A	3.60 A
10	4.50 A	0.31 A	3.25 A	3.62 A
11	3.83 A	0.35 A	3.75 A	2.88 A
12	4.50 A	0.32 A	4.37 A	3.64 A
13	4.00 A	0.40 A	3.00 A	3.00 A
18	5.00 A	0.37 A	3.67 A	3.50 A

GEN= genotipo; MAL= malla; ESPC= espesor de la cascara; COLP= color de pulpa; ESPP= espesor de la pulpa.

Cuadro 4.6 Prueba de Tukey (0.05%) para cuatro variables de calidad de seis genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) evaluadas en túnel.

Valor Tukey				
GEN	DEC	DPC	BRIX	SAB
9	4.97 A	10.47 A	6.40 B	3.12 A
10	6.29 A	9.47 A	8.05 AB	3.50 A
11	5.06 A	8.52 A	6.22 B	3.00 A
12	5.44 A	9.81 A	8.00 AB	3.50 A
13	6.00 A	9.00 A	11.00 A	5.00 A
18	4.33 A	9.83 A	7.67 AB	4.00 A

GEN= genotipo; MAL= malla; ESPC= espesor de la cascara; COLP= color de pulpa; ESPP= espesor de la pulpa.

### **Variables de rendimiento en campo**

De acuerdo al análisis de varianza que se observa en el cuadro 4.6, se encontraron valores altamente significativos ( $P \leq 0.01$ ) en las fuentes de variación genotipos y repeticiones. Para la fuente de variación en repeticiones el alto valor significativo se debió a que el terreno no era uniforme, otra de las causas es debida a la aplicación del fertilizante por riego, la cual no se distribuía uniformemente. De acuerdo al valor encontrado en los cuadrados medios para genotipos se puede deducir que existe una alta variabilidad genética, esto se corrobora con lo observado en campo, donde se observaron genotipos con gran tamaño y otros con tamaño muy pequeño. Otra característica que fue muy notoria fueron las diferentes formas de melón observados, los cuales eran esféricos, ovales y alargados. Varios investigadores han estudiado el efecto de la densidad de siembra sobre el cultivo de melón; generalmente el rendimiento aumenta al utilizar una mayor densidad (Nerson, 1999; Pereira et al., 2003; Ban et al., 2006; Rodríguez et al., 2007; Díaz, 2017), y a veces esto provoca un menor peso del fruto (Nerson, 1999; Rodríguez et al., 2007), pero en otras ocasiones no se afecta su calidad o peso (Ban et al., 2006; Rodríguez et al., 2007; Díaz, 2017). Son muchos los factores que pueden influir en las diferencias en el rendimiento, uno de ellos puede ser el tipo de suelo, donde la disponibilidad de materia orgánica, pH y tipo de suelo juegan un papel importante en el desarrollo del cultivo. En un estudio realizado por Pérez et al. (2018) la evaluación llevada a cabo en diferentes localidades, mostró un cambio drástico en los rendimientos obtenidos en las diferentes localidades, en donde se observó un cambio en la textura del suelo y disponibilidad de materia orgánica en los diferentes ambientes. Lo anterior se puede trasladar en el experimento por la fertilización que se realizó, en la cual, por las condiciones del terreno, no se presentó una fertilización uniforme.

Cuadro 4.7 Cuadrados medios y significancia para las variables de rendimiento en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) en el ambiente de campo

F.V.	REND	PESO	DE	DP
REP	14992.62**	3.84**	255.14**	416.19**
GEN	9432.27**	4.45**	318.21**	741.59**
ERR	80.38	0.24	18.68	28.79
% CV	17.80	33.08	10.08	11.49

\*\* Significativo al nivel de 0.01 de probabilidad; %CV= Coeficiente de variación; F.V.= fuentes de variación; REND= rendimiento; PES= peso; DE= diámetro ecuatorial; DP= diámetro polar.

La prueba de Tukey (Cuadro 4.7) para las variables de rendimiento mostró a los genotipos 9, 10 y 13 con los valores más altos para la variable de peso. El genotipo 11 mostró el valor más bajo, mostrando ser éste genotipo el más bajo en ambos ambientes. Los melones pesan de 0.4-3 kg (Burnham, 2013 et al.). El genotipo 10 se comportó similarmente en éste ambiente. En la variable DE el genotipo 13 tuvo el valor más alto, mientras que en el genotipo 11 encontramos el valor más bajo, por último, en la variable DP nuevamente en el genotipo 13 obtuvimos el valor más alto y el genotipo 11 mostró el valor más pequeño.

Cuadro 4.8 Prueba de Tuckey (0.05) para las variables de rendimiento de 6 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) evaluadas en campo.

Valor Tukey				
Genotipo	REND	PESO	DE	DP
9	62.15 A	1.58 A	43.54 AB	47.93 AB
10	52.65 C	1.65 A	44.23 AB	48.84 A
11	37.05 E	1.14 C	40.09 D	42.31 D
12	45.43 D	1.37 B	41.73 CD	45.50 C
13	43.76 D	1.70 A	45.18 A	49.85 A
18	56.20 B	1.52 AB	42.78 BC	46.28 BC

REND= rendimiento; PES= peso; DE= diámetro ecuatorial; DP= diámetro polar.

### Variables de calidad en campo

Hay muchas variaciones en la calidad del melón, dependiendo del cultivar y la misma debe ser evaluada a través de varios atributos (Kultur et al. 2001). En el cuadro 4.8 se muestran los análisis de varianza para las variables de calidad en el ambiente a cielo abierto en donde podemos observar que para la fuente de

variación en genotipos las variables MAL, ESPC, ESPP y DPC fueron altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ). La variabilidad en la variable MAL se debe a que se siguen presentando melones con piel lisa, característica indeseable para el tipo de melón que se desea obtener en el programa de mejoramiento de melón del área de Fisiotecnia, la característica a desear es un melón con buen enmallado. Comercialmente, los grupos más importantes son los reticulados como una cubierta como corcho o cáscara en forma de red (Lingle, 1990 et al.). Otra fuerte razón para elegir ésta característica es por el estudio realizado por Ríos, Kruger y Martínez *et al.* (2004), donde sugieren que la cáscara abierta por la red sirve como sitio para la transpiración contribuyendo a una vida de anaquel más corta. Por lo anterior de acuerdo a éste estudio y a lo observado en campo, los melones lisos tienden a tener una vida de anaquel más corta en comparación a los melones reticulados. Para las variables ESPP y DPC, al existir variabilidad en tamaños de melón, era probable que se viera reflejado en la variabilidad para las características anteriormente mencionadas. La última variable que mostró ser altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) fue ESPC, la cual funge como capa de protección contra agentes externos que puedan dañar el fruto, se sabe que las frutas son especialmente susceptibles a patógenos externos porque su protección en la cascara puede ser fácilmente dañada. La variable DEC fue la única variable significativa ( $P \leq 0.05$ ).



Cuadro 4.9 Cuadrados medios y significancia para las variables de calidad en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) en ambiente a cielo abierto.

F.V.	MAL	ESPC	COLP	ESPP	DEC	DPC	BRIX	SAB
REP	4.86 **	0.88 NS	2.08 NS	2.73 **	0.84 NS	17.72 **	2.62 NS	0.78 NS
GEN	2.86 **	36.86 **	0.32 NS	1.96 **	1.50 *	19.60 **	3.11 NS	0.74 NS
ERR	0.63	3.42	1.14	0.47	0.64	3.00	2.89	1.60
CV (%)	18.12	57.36	27.64	18.87	14.25	16.77	20.33	35.71

\*\* y \* Significativos a los niveles de 0.05 y 0.01 de probabilidad; CV (%)= Coeficiente de variación; REP= repetición; GEN= genotipo; ERR= error; MAL= malla; ESPC= espesor de la cascara; COLP= color de la pulpa; ESPP= espesor de la pulpa; DEC= diámetro ecuatorial de la cavidad; DPC= diámetro polar de la cavidad; BRIX= °Brix; SAB= sabor.

Como se puede observar en el cuadro 4.9 para la prueba de Tukey en ambiente a cielo abierto los genotipos con mayores valores para la variable MAL fueron el

genotipo 9 y 18, el genotipo 11 fue el que presentó el valor más bajo. Es importante destacar que, en melones reticulados, la maduración del fruto se asocia al desarrollo de la zona de abscisión (Kendall 1988). En la variable ESPC el genotipo 9 mostró el valor más alto y los genotipos 13 y 18 mostraron los valores más bajos. De acuerdo a las investigaciones realizadas por Chen et al. (2015) sugiere que los melones con cáscara delgada son más resistentes al mildiu en comparación a los melones con cascara gruesa. En la variable ESPP el genotipo 13 mostró el valor más alto, los genotipos 11 y 12 mostraron los valores más bajos. Para ésta variable se busca el valor más alto, con el propósito de obtener los genotipos más carnosos. La variabilidad mostrada en el espesor de la pulpa puede deberse a dos situaciones. La primera, debida a la variabilidad genética de los genotipos utilizados en éste experimento. La segunda debido al manejo del cultivo, de acuerdo al experimento realizado por Bouzo, Céccoli y Muñoz et al. (2018) encontraron grandes diferencias en las variables de calidad, en donde se encuentra la variable espesor de la pulpa, entre dos variedades de melón donde se aplicaron diferentes dosis de Potasio (K). En la variable DPC los genotipos 10 y 13 mostraron los valores más altos y el genotipo 11 mostró el valor más bajo, siendo el genotipo con el menor valor el que se busca para esta variable. Para la variable DEC no se encontraron diferencias. La causa por la cual se encontraron diferencias en la variable DPC y no en la variable DEC es debida a que algunos genotipos presentan la característica de tener una forma oval. Para las variables COLP, BRIX y SABOR los valores mostraron ser estadísticamente similares.

Cuadro 4.10 Prueba de Tukey (0.05) para las variables de calidad de 6 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) evaluadas en ambiente a cielo abierto.

Valor Tukey	Gen	MAL	ESPC	COLP	ESPP	DEC	DPC	BRIX	SAB
	9	4.70 A	0.49 A	3.77 A	3.78 AB	5.38 A	10.68 AB	7.93 A	3.47 A
	10	4.20 AB	0.40 AB	3.90 A	3.79 AB	5.58 A	10.96 A	8.63 A	3.67 A
	11	3.93 B	0.31 BC	4.00 A	3.46 B	5.38 A	9.19 C	8.23 A	3.47 A
	12	4.20 AB	0.31 BC	3.73 A	3.28 B	5.81 A	10.27 ABC	8.58 A	3.73 A
	13	4.50 AB	0.21 C	4.00 A	4.01 A	5.92 A	11.34 A	8.73 A	3.64 A
	18	4.70 A	0.20 C	3.83 A	3.62 AB	5.78 A	9.60 BC	8.07 A	3.30 A

Gen= genotipo; Mal= malla; ESP= espesor de la cascara; COLP= color de la pulpa; ESPP= espesor de la pulpa; DEC= diámetro ecuatorial de la cavidad; DPC= diámetro polar de la cavidad; BRIX= ° Brix; SAB= sabor.

### Correlaciones fenotípicas en túnel

La relación que existe entre las variables de calidad en frutas se ha evaluado comúnmente a través de la correlación de Pearson, Fidalski et al. (2000). El Cuadro 4.10 muestra las correlaciones que se presentaron en el ambiente en

túnel. La variable REND está correlacionada positivamente con las variables PESO (0.51), DE (0.51), DP (0.48) y MAL (0.62). La variable PESO tiene una correlación positiva con las variables REND (0.51), DE (0.94), DP (0.96), EP (0.74), DEC (0.54) y DPC (0.63), de acuerdo a los resultados anteriores se traduce a melones con los valores más altos para las variables DE, DP, EP, DEC y DPC melones más grandes y mayor rendimiento. Para la variable DE las variables REND (0.51), PESO (0.94), DP (0.90), EP (0.74), DEC (0.54) y DPC (0.63) se encuentran en correlación positiva. La variable DP está correlacionada positivamente con las variables PESO (0.96), DE (0.90), EC (0.50), EP (0.74), DEC (0.48) y DPC (0.83). La variable MAL está correlacionada positivamente con la variable REND (0.62), de acuerdo a lo observado en campo esta correlación se explica, al ser los melones sin enmallado los melones que presentaron los menores tamaños, también se encontró correlación con la variable CP (0.55) y SAB (0.47), debido a que los melones sin malla, eran los melones con color verde en la pulpa y de acuerdo a los análisis observados en laboratorio, los melones con color de pulpa verde, mostraban los sabores más bajos. La variable EP está correlacionada positivamente con las variables PESO (0.74), DE (0.74), DP (0.74) y DPC (0.60), de las correlaciones anteriores, la de mayor interés es la correlación con la variable DPC, debido a que se busca melones con un alto valor en espesor de pulpa, lo que llevaría de acuerdo a la correlación a melones con mayor valor en la variable DPC, pero melones con valores muy altos en la variable DPC, se obtendría melones con forma de sandía. La variable DPC está correlacionada positivamente con las variables PESO (0.77), DP (0.83), DE (0.63) y EP (0.60). Por último, las variables BRI y SAB están altamente correlacionadas. El contenido de sólidos solubles totales es empleado comercialmente como índice de calidad del fruto por guardar una alta correlación positiva con el contenido de azúcares (Silva et al. 2003). La variable SAB también esta correlacionada con las variables MAL (0.47) y CP (0.50).

Cuadro 4.11 Matriz de correlaciones fenotípicas de las variables estudiadas en ambiente en túnel

VAR	REN	PE	DE	DP	MAL	EC	CP	EP	DEC	DPC	SAB	
REN	1.00	0.51*	0.51*	0.48*	0.62*	0.44	0.20	0.41	0.00	0.31	-0.10	0.15
PE	0.51*	1.00	0.94*	0.96*	0.36	0.42	0.22	0.74*	0.54*	0.63*	0.32	0.18
DE	0.51*	0.94*	1.00	0.90*	0.45	0.34	0.28	0.74*	0.54*	0.63*	0.32	0.18
DP	0.48*	0.96*	0.90*	1.00	0.24	0.50*	0.11	0.74*	0.48*	0.83*	0.10	-0.06
MAL	0.62*	0.36	0.45	0.24	1.00	-0.04	0.55*	0.30	0.15	0.06	0.44	0.47*
EC	0.44	0.42	0.34	0.50*	-0.04	1.00	-0.17	0.19	0.09	0.55*	-0.08	-0.25
CP	0.20	0.22	0.28	0.11	0.55*	-0.17	1.00	0.26	0.11	0.04	0.20	0.50*
EP	0.41	0.74*	0.74*	0.74*	0.30	0.19	0.26	1.00	0.31	0.60*	0.19	0.18
DEC	0.00	0.47*	0.54*	0.48*	0.15	0.09	0.11	0.31	1.00	0.11	0.03	0.02
DPC	0.31	0.77*	0.63*	0.83*	0.06	0.55*	0.04	0.60*	0.11	1.00	0.04	-0.08
BRI	-0.10	0.24	0.32	0.10	0.44	-0.08	0.20	0.19	0.03	0.04	1.00	0.72*
SAB	0.15	0.07	0.18	-0.06	0.47*	-0.25	0.50*	0.18	0.02	-0.08	0.72*	1.00

\*Significancia al 0.05%; VAR=variable; REN= rendimiento; PE= peso; DE= diámetro ecuatorial; DP= diámetro polar; MAL= malla; EC= espesor de la cáscara; CP= color de pulpa; EP= espesor de pulpa; DEC= diámetro ecuatorial de la cavidad; DPC= diámetro polar de la cavidad; BRI= ° Brix; SAB= sabor

### **Correlaciones fenotípicas en campo**

De acuerdo al cuadro 4.11 se encontró correlación entre la variable REND con las variables PESO (0.97), DE (0.93), DP (0.93), MAL (0.47), EP (0.80) y DPC (0.84), la variable PESO es significativa con las variables REND (0.97), DE (0.98), DP (0.98), EP (0.86) y DPC (0.90), éstos resultados son similares a los obtenidos en el ambiente en túnel. Lo anterior nos podría indicar que existe una correlación genética entre estas variables, o de acuerdo al siguiente estudio el potasio (K) influye en las variables que determinan la calidad del fruto como lo son peso promedio del fruto, diámetro ecuatorial, grosor de pulpa, contenido de sólidos solubles totales, firmeza del fruto, contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante (Preciado et al. 2018). La variable DE es altamente significativa en la correlación con las variables REND (0.93), PESO (0.98), DP (0.97), EP (0.86) y DPC (0.91), comparado con los resultados obtenidos en el ambiente en túnel, podemos observar que los resultados son los mismos, con excepción de la variable DEC, en donde, en el ambiente en túnel no encontramos correlación. Para la variable DP se encontró correlación con las variables REND (0.93), PESO (0.98), DE (0.97), EP (0.85) y DPC (0.95). La variable MAL presentó correlación con las variables REND (0.47) y EP (0.53), en comparación con el ambiente en túnel, se encontraron diferencias con las variables EP, CP y SAB. Las variables SABOR y BRIX presentan correlación al igual que en el ambiente en túnel, con la diferencia que la variable CP presenta correlación en las variables anteriormente mencionadas. La dulzura (altamente correlacionada con el contenido de azúcares), es el atributo más importante correlacionado con el sabor y las preferencias globales del consumidor de melón (Lester y Shellie, 1992).

Cuadro 4.12 Matriz de correlaciones fenotípicas de las variables estudiadas en ambiente a cielo abierto

VAR	REN	PE	DE	DP	MAL	EC	CP	EP	DEC	DPC	SAB
REN	1.00	0.97*	0.93*	0.93*	0.47*	0.24	0.41	0.80*	0.36	0.84*	0.02
PE	0.97*	1.00	0.98*	0.98*	0.44	0.15	0.31	0.86*	0.38	0.85*0	0.02
DE	0.93*	0.98*	1.00	0.97*	0.42	0.15	0.36	0.86*	0.39	0.91*	0.08
DP	0.93*	0.98*	0.97*	1.00	0.42	0.24	0.31	0.85*	0.30	0.95*	0.04
MAL	0.47*	0.44	0.42	0.42	1.00	0.18	0.41	0.53*	0.16	0.42	0.12
EC	0.24	0.15	0.15	0.24	0.18	1.00	0.11	0.16	-	0.28	-0.15
CP	0.41	0.31	0.36	0.31	0.41	0.11	1.00	0.32	0.24	0.32	0.45
EP	0.80*	0.86*	0.86*	0.85*	0.53*	0.16	0.32	1.00	0.10	0.80*	-0.16
DEC	0.36	0.38	0.39	0.30	0.16	-	0.24	0.10	1.00	0.28	0.34
DPC	0.84*	0.90*	0.91*	0.95*	0.42	0.28	0.32	0.80*	0.28	1.00	0.06
BRI	0.02	0.02	0.08	0.04	0.12	-0.15	0.45	-0.16	0.34	0.06	1.00
SAB	0.08	-0.04	0.02	0.00	0.11	0.17	0.59*	-0.21	0.29	0.04	0.72*

\*Significancia al 0.05%; VAR=variable; REN= rendimiento; PE= peso; DE= diámetro ecuatorial; DP= diámetro polar; MAL= malla; EC= espesor de la cáscara; CP= color de pulpa; EP= espesor de pulpa; DEC= diámetro ecuatorial de la cavidad; DPC= diámetro polar de la cavidad; BRI= ° Brix; SAB= sabor

## **Análisis de sendero**

El cuadro 4.12 muestra los efectos directos e indirectos sobre el rendimiento, el efecto directo del peso sobre el rendimiento es alto, la variable diámetro polar y malla mostraron un coeficiente indirecto positivo, las variables DEC, DPC Y BRI mostraron coeficientes indirectos negativos. Lo anterior se traduce que a melón con mayor peso se obtienen mayores rendimientos e indirectamente entre mayor el diámetro polar mayor rendimiento, al igual que melones con enmallado, se obtienen mejores rendimientos. La razón por la cual melones con enmallado producen mayores rendimientos, es que, de acuerdo a lo observado en campo, los melones que no presentaban enmallado eran los melones con tamaño pequeño, por ende, melones con menor peso. De acuerdo a los coeficientes indirectos negativos obtenidos se traduce en melones con menor diámetro ecuatorial y polar de la cavidad, así como melones con menor número de grados °Brix, se obtienen mayores rendimientos. Para las variables DE y EP se encontraron coeficientes directos bajos, lo que indica que estas variables no afectan en el rendimiento. Para las variables DP y MAL los coeficientes directos sobre el rendimiento fueron altos, la variable PESO presentó un coeficiente indirecto mayor sobre la variable DP, indicando que parte de la correlación anterior obtenida influyó la variable PESO. La variable EC presentó un coeficiente alto directo, de acuerdo a lo observado en campo y laboratorio, los melones con menor espesor de cáscara eran aquellos melones que no presentaban malla con características de melones inmaduros. La variable CP mostró un coeficiente directo alto negativo, lo que nos dice que entre mayor color de pulpa encontremos en los melones, menor será el rendimiento, la variable sabor presentó un coeficiente indirecto alto positivo en la variable sabor. Lo anterior quedó comprobado en laboratorio, los melones que presentaban un color descolorido en su pulpa, eran melones amargos, y, al contrario, la mayoría de los melones que presentaban una tonalidad fuerte en color, tenían mejor sabor. En las variables DEC y DPC se obtuvieron coeficientes directos negativos con valores altos, confirmando lo mencionado anteriormente, entre más alto los valores de DEC y DPC menor será el rendimiento. En la variable BRI el coeficiente directo



es negativo y en la variable SAB el coeficiente directo es positivo. Los resultados anteriores entran en una contradicción, ya que a mayor número de °Brix, mayor es el sabor, una explicación a lo anterior podría ser que el método que se usa para medir azúcares es inadecuado. El refractómetro determina la concentración de sólidos disueltos (sobre todo sacarosa), en las frutas el azúcar que potencializa el sabor es la fructosa. La explicación a los resultados obtenidos de las variables BRIX y SABOR en el análisis de sendero sería que la variable SABOR es mejor determinante en comparación con la variable BRIX sobre el rendimiento.

Cuadro 4.13 Análisis de sendero en el ambiente túnel

VAR	PE	DE	DP	MAL	EC	CP	EP	DEC	DPC	SAB	
PE	<b>0.93</b>	0.05	0.27	0.24	0.18	-0.10	-0.01	-0.28	-0.58	-0.27	0.06
DE	0.88	<b>0.05</b>	0.26	0.30	0.15	-0.13	-0.01	-0.32	-0.48	-0.37	0.16
DP	0.90	0.05	<b>0.28</b>	0.16	0.22	-0.05	-0.01	-0.28	-0.62	-0.11	-0.05
MAL	0.34	0.02	0.07	<b>0.68</b>	-0.02	-0.26	0.00	-0.09	-0.04	-0.50	0.42
EC	0.39	0.02	0.14	-0.03	<b>0.43</b>	0.08	0.00	-0.05	-0.41	-0.09	-0.22
CP	0.20	0.01	0.03	0.37	-0.07	<b>-0.47</b>	0.00	-0.06	-0.03	-0.22	0.45
EP	0.69	0.04	0.21	0.20	0.08	-0.12	<b>-0.01</b>	-0.18	-0.45	-0.21	0.16
DEC	0.44	0.03	0.14	0.10	0.04	-0.05	0.00	<b>-0.60</b>	-0.08	-0.03	0.02
DPC	0.72	0.03	0.24	0.04	0.23	-0.02	-0.01	-0.06	<b>-0.75</b>	-0.04	-0.07
BRI	0.22	0.02	0.03	0.30	-0.03	-0.09	0.00	-0.02	-0.03	<b>-1.13</b>	0.64
SAB	0.06	0.01	-0.02	0.32	-0.11	-0.23	0.00	-0.01	0.06	-0.82	<b>0.89</b>

VAR=variable; PE= peso; DE= diámetro ecuatorial; DP= diámetro polar; MAL= malla; EC= espesor de la cáscara; CP= color de pulpa; EP= espesor de pulpa; DEC= diámetro ecuatorial de la cavidad; DPC= diámetro polar de la cavidad; BRI= ° Brix; SAB= sabor

El cuadro 4.13 muestra el análisis de sendero sobre la variable rendimiento en el ambiente a cielo abierto. En la variable PESO el coeficiente directo de sendero es alto y positivo. Los coeficientes directos para las variables DP y EP mostraron valores negativos altos. Lo anterior nos indica que a mayor peso de

los frutos mayor rendimiento y a mayor valor de diámetro polar y espesor de la pulpa menor rendimiento. Las variables DE, MAL, EC, CP y DPC mostraron coeficientes muy bajos, por lo que no afectan al rendimiento. En las variables DP y EP se obtuvieron coeficientes directos altos negativos. Para las variables BRIX y SABOR, se obtuvieron los mismos resultados que los obtenidos en el ambiente en túnel, donde la variable BRIX presentó un valor de coeficiente alto negativo y la variable SABOR un coeficiente alto positivo.

Cuadro 4.14 Análisis de sendero en el ambiente a cielo abierto

VAR	PE	DE	DP	MAL	EC	CP	EP	DEC	DPC	SAB
PE	<b>1.96</b>	0.01	-0.77	0.02	0.00	0.02	-0.21	-0.07	0.03	-0.01
DE	1.91	<b>0.01</b>	-0.77	0.02	0.00	0.03	-0.21	-0.07	0.03	0.00
DP	1.91	0.01	<b>-0.79</b>	0.02	-0.01	0.03	-0.21	-0.06	0.03	0.00
MAL	0.16	0.01	-0.33	<b>0.04</b>	0.00	0.03	-0.13	-0.03	0.01	0.03
EC	0.29	0.00	-0.19	0.01	<b>-0.02</b>	0.01	-0.04	0.10	0.01	0.04
CP	0.06	0.00	-0.24	0.01	0.00	<b>0.08</b>	-0.08	-0.05	0.01	0.16
EP	1.68	0.01	-0.66	0.02	0.00	0.03	<b>-0.25</b>	-0.02	0.02	-0.06
DEC	0.75	0.01	-0.24	0.01	0.01	0.02	-0.02	<b>-0.19</b>	0.01	0.08
DPC	1.76	0.01	-0.75	0.02	0.00	0.02	-0.20	-0.05	<b>0.03</b>	0.01
BRI	0.03	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.04	0.04	-0.07	0.00	<b>-0.20</b>
SAB	-0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	-0.06	0.00	<b>-0.14</b>
										<b>0.27</b>

VAR=variable; PE= peso; DE= diámetro ecuatorial; DP= diámetro polar; MAL= malla; EC= espesor de la cáscara; CP= color de pulpa; EP= espesor de pulpa; DEC= diámetro ecuatorial de la cavidad; DPC= diámetro polar de la cavidad; BRI= ° Brix; SAB= sabor

## **CONCLUSIONES**

Los genotipos pertenecientes al programa de mejoramiento de melón del laboratorio de Fisiotecnia de la UAAAN, mostraron tener buena adaptabilidad en condiciones donde la temperatura en la noche oscila entre los 10 y 16°C, al mostrar rendimientos aceptables para el mercado. De acuerdo a lo anterior se cumple con la hipótesis planteada en el experimento. El análisis de sendero mostró que la variable peso es un buen indicador para calcular el rendimiento, no así las variables de diámetro ecuatorial y polar del fruto, donde se recomienda establecer un rango. De acuerdo al análisis de sendero para las variables BRIX y SABOR, se recomienda establecer otro método para el cálculo de los azúcares y compararlos con el que se realizó en éste experimento.

## LITERATURA CITADA

- Ban D., S. Goreta y J. Borosic. Plant spacing and cultivar affect melon growth and yield components. *Journal of Scientia Horticulturae*. Elsevier. July 2006, vol 109 (3). 238-243 [viewed 23 september 2019]. Available from: doi: 10.1016/j.scienta.2006.04.015.
- Basnayake J., P. A. Jackson, N. G. Inman-Bamber and P. Lakshmanan. Sugarcane for water-limited environments. Variation in stomatal conductance and its genetic correlation with crop productivity. *Journal of Experimental Botany*. March 2015, vol 66 (13). 3945-3958 [viewed 14 august 2019]. Available from: doi: 10.1093/jxb/erv194.
- Bogle C. R. and T. K. Hartz et al. Comparison of drip and furrow irrigation for muskmelon production. *Journal of HortScience* [online]. AGRIS. 1988, vol. 21(2). 242-244 [viewed 02 september 2019].
- Bouzo C. A., G. Céccoli and F. Muñoz. Effect of potassium and calcium upon the yield and fruit quality of *Cucumis melo* L. *Journal of AgriScientia* [online]. Revistas UNC. 2018, vol. 35(1). 25-33 [viewed 03 september 2018]. Available from: doi: 10.31047/1668.298x.v1.n35.20450.
- Cano Ríos P., K. E. Theran Kruger y J. H. Esparza Martínez et. al. Calidad de fruta de híbridos de melón reticulado (*Cucumis melo* L.) bajo condiciones de la comarca lagunera. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 2004, vol. 3. 123-130.
- Cheng H., W. Kong and J. Li et al. Analysis of powdery mildew resistance in wild melon MLO mutants. *Journal Horticulture Plant J*. 2015, vol 1. 165-171.

- Chew Madinaveitia Y. I., A. V. Peña, M. R. Palomo y F. D. Jiménez.  
Enfermedades del melón (*Cucumis melo* L.) en diferentes fechas de siembra en la Región Lagunera, México. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. Diciembre 2008, vol 7(2). 133-138.
- Dane, F. Cytogenetics of the genus *Cucumis*. T. Tsuchiya and P. K. Gupta.  
Chromosome engineering in plants: Genetics, breeding, evolution, Part B. First Edition. Amsterdam: El Sevier, 1991. P. 201-214.
- Díaz J. Efecto del tipo de poda y la densidad de plantas sobre el rendimiento y la calidad de frutos de melón amarillo (*Cucumis melo* L.) cultivados en un sistema sin suelo, bajo condiciones de invernadero. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas [online]. Uptc. 2017, vol 11(1). 21-29 [visto el 23 septiembre 2019]. Disponible en: doi: 10.17584/rcch.2017v11i1.5742.
- Espinoza Arrellano J. J., A. R. Menchaca, L. A. G. Ramos y S. L. Chavarría (2017) Estrategias, alianzas y portafolio de negocios para desarrollar la competitividad del cultivo del melón en la Comarca Lagunera, México. *Nova Scientia* 19 :441-463. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i19.990>.
- Espinoza Romano V. et al. Construcción y análisis de los coeficientes de sendero. Revista ActaNova [online]. Scielo. 2018, vol 8(4). 517-535 [viewed 03 september 2019].
- FAO (2011) FAOSTAT. Consulta: 20 septiembre 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

- Fernandez Trujillo J. P., B. Pico, J. G. Mas, J. M. Álvarez and A. J. Monforte. Breeding for Fruit Quality in Melon. In: Breeding for fruit quality. Iowa USA: Wiley-Blackwell, 2011. P. 261-278.
- Fidalski J., P. A. Martins Auler and Tormem V. Relations among Valencia orange yields with soil and leaf nutrients in northwestern Paraná, Brazil. Journal of Brazilian Archives of Biology and Technology [online]. Researchgate. January 2000, vol. 43(4). 0-0 [viewed 02 september 2019]. Available from: doi: 10.1590/S1516-89132000000400006.
- Goldman I. L. (2000) Prediction in plant breeding. *Plant Breed Rev.* 19:15-40.
- Guis M., M. B. Amor, R. Botondi, R. Ayub, A. Latché, M. Bouzayen & J.C. Peach (1998) Control of melon ripening by genetic engineering. In: Genetics and Breeding for Crop, Quality and Resistance. G. T. Scarascia Mugnozza, E. Porceddua & M. A. Pagnotta (eds). Viterbo, Italy, September 20-25, 1998. University of Tuscia.
- Ha Do T., C. N. Hoang and H. L. Kuan (2018) The Responses of Antioxidant System In Bitter Melon, Sponge Gourd And Winter Squash Under Flooding And Chilling Stresses. *AIP Publishing.* 1954: 1-4. <https://doi.org/10.1063/1.5033378>.
- IPGRI. 2003. Descriptors for Melon (*Cucumis melo* L.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. ISBN 92-9043-597-7.
- Kasirajan S. and M. Ngouajio (2016) Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications. *Agron. Sustainable Dev.* 32: 501-529.
- Kendall S. A., et al. Genetic variation of ethylene production in harvested muskmelon fruits. *Journal of HortScience.* 1988, vol. 23. 759-761.



- Kultur F., H. C. Harrison and J. E. Staub et al. Spacing and Genotype Affect Fruit Sugar Concentration, Yield, and Fruit Size of Muskmelon. *Journal of HortScience* [online]. ASHS. April 2001, vol. 36(2). 274-278 [viewed 08 september 2019]. Available from: doi: 10.21273/HORTSCI.36.2.274.
- Labiba Riyaz S., A. Sharma, J. Nabi and J. P. Rathore (2018) Breeding approaches for abiotic stress management in vegetable crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7:1023-1028.
- Latrasse D., N. Y. Rodriguez-Granados, A. Veluchamy, K. G. Mariappan, C. Bevilacqua, N. Crapart, C. Camps, V. Sommard, C. Raynaud, C. Dogimont, A. Boualem, M. Benhamed and A. Bendahmane (2017) The quest for epigenetic regulation underlying unisexual flower development in *Cucumis melo*. *BioMedCentral* 10:1-17.
- Legia Hidalgo E. J. Impacto del cambio climático en sistemas silvopastoriles de Centroamérica. *CATIE* 2015, 75, 7-9.
- Leida C., C. Moser, C. Esteras, R. Sulpice, J. E. Lunn, F. Langen, A. J. Monferte and B. Pico (2015) Variability of candidate genes, genetic structure and association with sugar accumulation and climacteric behavior in a broad germplasm collection of melon (*Cucumis melo* L.) *BioMed Central* 16: 1-17. DOI 10.1186/s12863-015-0183-2.
- Lester G. and K. C. Shellie et al. Postharvest Sensory and Physicochemical Attributes of Honey Dew Melon Fruit. *Journal of HortScience* [online]. American Society for Horticultural Science. September 1992, vol 27(9). 1012-1014 [viewed 28 August 2019]. Available from: doi: 10.21273/HORTSCI.27.9.1012.

Lingle, S. (1990). Melons, squashes and gourds. *Agricultural Research Service. US Department of Agriculture. Weslaco, EEUU.*

Mertz O., C. Mbow, A. Reenberg and A. Diouf (2009) Farmers' Perceptions of Climate Change and Agricultural Adaptation Strategies in Rural Sahel. *Environmental Management*. 43: 804-816.

Montes L. A., Cultivos de hortalizas en el trópico. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano. Departamento de horticultura. 2008, vol. 2005.

Nerson H. et al. "Effects of population density on fruit and seed production in muskmelons". *Acta Hort*. 1999. I International Symposium on cucurbits 492. 65-70 [viewed 23 september 2019]. Available from: doi: 10.17660/ActaHortic.1999.492.7.

Nukaya A. Varietal difference in respiration and ethylene production in muskmelon fruits. *Journal of HortScience*. 1986. Vol 21. 853.

Nunes Costa I. J., R. de Normandez Valadares, D. A. Nóbrega, A. Q. Mendes, F. S. Santana and D. Menezes et al. Heterosis and Combining Ability of Melon Genotypes of *Momordica* Group. *Journal of Experimental Agriculture International*. January 2019, vol. 30(3). 1-9 [viewed 27 august 2019]. Available from: doi: 10.9734/JEAI/2019/46551.

Nuñez Palenius H. G., V. J. Febres, N. O. Alejo, H. J. Klee and D. J. Cantliffe (2007) Efecto del explante sobre la eficiencia de regeneración y transformación genética de líneas parentales masculinas y femeninas de melón Galia (*Cucumis melo* L.) *Agrociencia* 41: 853-861.

Ocampo Suarez I. B., Z. López, M. C. Santoyo, J. A. Ragazzo-Sánchez and P. Knauth et al. Are biological control agents, isolated from tropical fruits, harmless to potential consumers? *Journal Food and Chemical Toxicology* [online]. Elsevier. November 2017, vol. 109(2). 1055-1062 [viewed 27 august 2019]. Available from: doi: 10.1016/j.fct.2017.05.010.

Peña D. *Regresión y diseño de experimentos*. Madrid, España: Editorial Alianza, 2002.

Pereira F. H., I. Nogueira, J. Pedrosa, M. Negreiros y F. Bezerra. "Poda da haste principal e densidade de cultivo na produção e qualidade de frutos em híbridos de melão. *Journal of Horticultura Brasileira*. Abril 2003, vol 21 (2). 191-196.

Pérez J. L., G. K. Jayaprakasha, K. Crosby and B. S. Patil. Evaluation of bitter melon (*Momordica charantia*) cultivars grown in Texas and levels of various phytonutrients. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. Wiley. June 2018, vol 99(1). 379-390 [viewed 24 september 2019]. Available from: doi: 10.1002/jsfa.9199.

Picuno P., A. Tortora and R. I. Capobianco (2011) Analysis of plasticulture landscapes in Southern Italy through remote sensing and solid modeling techniques. *Landscape Urban Plann.* 100: 45-56.

Pitrat Michel. Melon Genetic Resources: Phenotypic Diversity and Horticultural Taxonomy. En: *Genetics and Genomics of Cucurbitaceae*. USA: Springer, 2017. P. 25-60.

Praveen Kumar R. B., H. Begum, M. T. Reddy and N. Sunil. Correlation and Path Coefficient Analysis in muskmelon (*Cucumis melo* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2017, vol. 6 (6).

2261-2276 [13 de agosto de 2019]. Disponible en:  
doi:10.20546/ijcmas.2017.606.268.

Preciado P. R., L. P. Salas, M. A. Gallegos Robles, F. H. Ruiz Espinoza, A. V. Ayala Garay, M. H. Fortis y B. A. Murillo et al. Dosis crecientes de Potasio incrementan el rendimiento y calidad de frutos de melón en invernadero. *Revista de Horticultura Brasileira* [online]. ASHBMCD. 2018, vol. 36(2). [visto 09 septiembre 2019]. Disponible en: doi: 10.1590/hb.v36i2.1254.

Robinson R. W. and Decker-Walters D. S. Cucurbits. Wallingford, Oxon, U.K.: Editorial English Book, 1997. ISBN: 0851991335.

Rodríguez J., N. Shaw y Cantliffe. Influence of plant density on yield and fruit quality of greenhouse-grown galia muskmelons. *Journal of HortTechnology* [online]. ASHS. January 2007, vol 17(4). 580-585 [viewed 23 september 2019]. Disponible en: doi: 10.21273/HORTTECH.17.4.580.

Servicio de información agropecuaria y pesquera (SIAP). 2008. Anuario estadístico de la producción agrícola. [en línea].  
[www.siap.cultivo/melon/2018](http://www.siap.cultivo/melon/2018).

Seymour, G.B y Mc Glasson, W.B. 1993. Melons. in: Seymour, G.B.; Taylor, J.E. ; Tucker, G.A. *Biochemistry of fruit ripening*. Londres; Chapman and Hall : 273-290.

Silva, P. S.; J. B. Menezes, O. F. Oliveira e P. I. B. Silva. Distribuição do teor de sólidos solúveis totais no melão. *Horticultura Brasileira* [online]. Brasilia. Março 2003, vol. 21(1). 31-33. [viewed 08 september 2019].

- Souza de Aragao F. A., G. H. S. Nunes and M. A. Queiroz (2015) Genotype x environment interaction of melon families based on fruit quality traits. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 15:79-86.  
<http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332015v15n2a15>.
- Stepansky A., I. Kovalski and R. Perl-Treves. Intraspecific classification of melons (*Cucumis melo* L.) in view of their phenotypic and molecular variation. *Journal of Plant Systematics and evolution* [online]. Springer. September 1999. vol 217(3-4).
- Tedeschi A., A. Lavini, M. Riccardi, C. Pulvento and R. D'Andria (2011) Melon crops (*Cucumis melo* L., cv. Tendral) grown in a Mediterranean environment under saline-sodic conditions: Part I. Yield and quality. *Agric Water Manag.* 98:1329-1338.
- Teixeira Pinheiro D., F. Delazari, C. Nick, E. M. Mattiello and D. C. F. Dos Santos Dias. Emergence and vegetative development of melon in function of the soil salinity. *Australian Journal of Crop Science* 2019. 13: 458-464 [viewed 07 August 2019] Available from: doi: 10.21475/ajcs.19.13.03.p1551.
- Vescera M. and R. N. Brown (2016) Effects of Three Production Systems on Muskmelon Yield and Quality in New England. *HortScience* 51: 510-517.  
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.5.510>.
- Viveros Valens Carlos A., D. B. García, F. S. Villareal, L. O. López y J. I. Victoria. Características de la caña de azúcar asociadas con toneladas de caña por hectárea y sacarosa (% caña). *Acta agronómica*. 2015, vol. 64(3). 268-272 [Visto el 14 de agosto de 2019] Disponible en: doi: 10.15446/acag.v64n3.4449.

William E. E. and Apps M (2005) Assessing the consequences of climate change for food and forest resources. *Climatic change* 70: 165:189. [https://doi.org/ 10.1007/s10584-005-5941-0](https://doi.org/10.1007/s10584-005-5941-0).

Yu-Hua W., D.H. Wu., J.H. Huang., S. J. Tsao., K.K. Hwu. and H.F. Lo. (2016) Mapping quantitative trait loci for fruit traits and powdery mildew resistance in melon (*Cucumis melo* L.). *Springer Open* 57: 1-12. <http://dx.doi.org/10.15517/isucr.v17i36.26944>.