

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTOS GENÉTICOS EN MELÓN (*Cucumis melo* L.) TRADICIONAL Y
EXÓTICO, Y SU RESPUESTA A INTENSIDADES DE PODA Y FERTILIZACIÓN
ÓRGANO-MINERAL.

Tesis

Que presenta MARÍA TERESA OCAMPO CARRILLO
como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

Saltillo, Coahuila

Octubre 2025

EFFECTOS GENÉTICOS EN MELÓN (*Cucumis melo* L.) TRADICIONAL Y
EXÓTICO, Y SU RESPUESTA A INTENSIDADES DE PODA Y FERTILIZACIÓN
ÓRGANO-MINERAL.

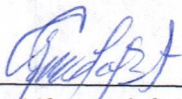
Tesis

Elaborada por MARIA TERESA OCAMPO CARRILLO como requisito parcial
para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Fitomejoramiento con la
supervisión y aprobación del comité de asesoría



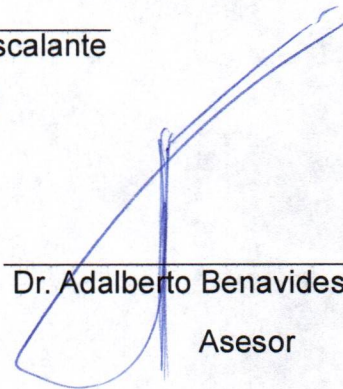
Dr. Fernando Borrego Escalante

Asesor Principal



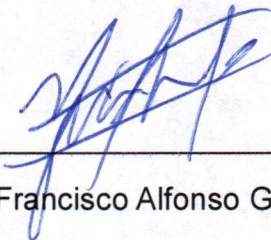
Dr. Alfonso López Benitez

Asesor



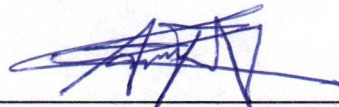
Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Asesor



Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza

Asesor



Dr. Antonio Flores Naveda

Subdirector de postgrado

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi mayor agradecimiento a mi Alma Mater por brindarme una formación profesional.

Al departamento de Fitomejoramiento por brindarme el apoyo y herramientas para mi formación académica y profesional.

A el SECIHTI por el apoyo económico para la realización de este posgrado.

A mi asesor principal por compartirme de su conocimiento y orientación para la realización de mi proyecto de investigación.

A mis asesores Dr. Alfonso López Benítez, Dr. Adalberto Benavides Mendoza y al Dr. Francisco Alonso Gordillo Melgoza por la asesoría brindada en la realización de este trabajo.

A la Ing. María Lourdes Hernández y M.C. Cristina Patricia Aguilar por el apoyo en campo y laboratorio para la realización del experimento.

A mis compañeros y amigos de Posgrado por su compañía y apoyo a lo largo de esta estancia.

A mi familia, por su paciencia, motivación y apoyo incondicional, que hicieron posible la culminación de este trabajo.

A la familia Saucedo Cruz y Cepeda Saucedo por su apoyo durante toda mi estancia aquí.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Origen.....	4
Clasificación taxonómica	4
Variedades tradicionales y exóticas de melón.	4
Genética del melón.....	6
Aspectos de calidad en el melón	7
Mejoramiento Genético.....	7
Efectos Genéticos	8
Diseño Dialélico	8
Prácticas culturales.....	10
Fertilización	10
Lixiviado de lombriz	11
Clorofila y temperatura foliar.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS	13
Localización del Área de Estudio.....	13
Material Genético	13
Primera etapa	13
Segunda etapa	15
Variables a Evaluar.....	17
Diseño Experimental.....	17
Evaluación y Cosecha	18
Evaluación de cruzas en invernadero.....	19

Análisis Estadístico.....	20
Análisis Genético.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
Análisis de varianza.....	23
Estimación de efectos genéticos.....	30
Estimación de Aptitud combinatoria General y Especifica (ACG y ACE).....	32
Evaluación de Calidad.....	37
CONCLUSIÓN.....	40
LITERATURA CITADA.....	41

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Material genético utilizado.....	13
Cuadro 2. Esquema de cruzas implementado.	15
Cuadro 3. Análisis de varianza (Cuadrados medios) para el diseño factorial aplicado.	24
Cuadro 4. Prueba de Tukey de los genotipos evaluados en base al índice relativo de clorofila (IRC).	29
Cuadro 5. Prueba de medias de los genotipos evaluados en base al índice de contenido de clorofila (ICC).	30
Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza de los efectos genéticos (ACG y ACE) para las variables evaluadas.	31
Cuadro 7. Estimación de ACG Y ACE de la variable rendimiento.	33
Cuadro 8. Estimación de ACG y ACE en la variable número promedio de frutos por planta.	34
Cuadro 9. Estimación de ACG Y ACE para el índice relativo de clorofila (IRC).	35
Cuadro 10. Estimación de ACG y ACE para el índice de concentración de clorofila (ICC).	35
Cuadro 11. Promedios obtenidos de las variables de calidad para los genotipos evaluados.	37
Cuadro 12. Cuadrados medios del análisis de varianza para las características de calidad evaluadas.	37
Cuadro 13. Prueba de Tukey para la variable grosor de pulpa.	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Prueba de Tukey para las dosis de fertilización aplicadas.....	25
Figura 2. Prueba de Tukey para el índice relativo de clorofila (IRC) en base a las dosis de fertilización aplicadas.	26
Figura 3. Prueba de Tukey $p \leq 0.05$ para las intensidades de poda aplicadas. ..	27
Figura 4. Prueba de Tukey $p \leq 0.05$ para determinar las diferencias de rendimiento entre los genotipos evaluados.....	28

RESUMEN

EFFECTOS GENÉTICOS EN MELÓN (*CUCUMIS MELO* L.) TRADICIONAL Y EXÓTICO, Y SU RESPUESTA A INTENSIDADES DE PODA Y FERTILIZACIÓN ÓRGANO-MINERAL.

POR

MARÍA TERESA OCAMPO CARRILLO
MAESTRIA EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
Dr. FERNANDO BORREGO ESCALANTE -ASESOR-

Saltillo, Coahuila

Octubre 2025

RESUMEN

El melón es un cultivo que se produce y consume en todo el mundo de distintas formas. Esta especie tiene una amplia diversidad genética, la cual se puede observar en las diferencias de tamaño, color, textura de la cubierta y sabor de la pulpa. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos genéticos en cruces entre genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) tradicionales y exóticos, con el fin de identificar materiales genéticos con potencial para programas de mejoramiento, así como alternativas de manejo del cultivo, en fertilización y podas.

Se estableció un diseño dialélico (método 4 de Griffing) entre seis genotipos de melón exóticos, como Piel de sapo, Dino, Summer gem y Orange flesh, así como algunos tradicionales en nuestro país, como el Cantaloupe (WS) y Harper (H). Los genotipos se evaluaron en campo bajo un diseño factorial donde se incluyeron una fertilización órgano-mineral y un sistema de poda para obtener frutos más cercanos al tallo y facilitar la cosecha y manejo del cultivo, evaluando variables agronómicas y fisiológicas. El análisis de varianza reveló diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre genotipos para las variables de rendimiento, índice de concentración de clorofila (ICC) e índice relativo de clorofila (IRC), indicando la presencia de variabilidad genética útil. Se estimó la capacidad combinatoria general (ACG) y específica (ACE), encontrándose contribuciones significativas tanto de los efectos aditivos como de los no aditivos en algunas de las características evaluadas. En la variable de rendimiento e IRC se encontró significancia en ACG y ACE al $p \leq 0.001$ y $p \leq 0.01$ respectivamente. El genotipo Harper mostró tener efectos aditivos altos y significativos para la mayoría de las variables evaluadas.

Posteriormente se seleccionaron cuatro de los híbridos sobresalientes en la evaluación en campo y se establecieron bajo condiciones de invernadero, donde se estableció un diseño de bloques completos al azar para poder obtener datos de las variables de calidad del fruto, como peso, diámetro ecuatorial y polar, espesor de la pulpa, ancho de la cáscara, diámetro polar y ecuatorial de la cavidad, color de la pulpa, grados Brix, enmallado en la cubierta, etc. Donde sólo

se encontraron diferencias significativas en la variable de espesor de la pulpa, siendo el híbrido WSxH el que presentó mayor grosor de pulpa (3.633 cm), resaltando la buena combinación de los progenitores. En conclusión, la variabilidad genética identificada entre genotipos tradicionales y exóticos permitió detectar híbridos con potencial para programas de mejoramiento, orientados al incremento del rendimiento y la calidad del fruto.

Palabras clave: dialélico, melón, efectos genéticos, rendimiento, manejo.

ABSTRACT

GENETIC EFFECTS IN TRADITIONAL AND EXOTIC MELON (*CUCUMIS MELO* L.) UNDER DIFFERENT PRUNING INTENSITIES AND ORGANO-MINERAL FERTILIZATION LEVELS.

BY

MARÍA TERESA OCAMPO CARRILLO
MASTER OF SCIENCE IN PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
Dr. FERNANDO BORREGO ESCALANTE -ADVISOR-

Saltillo, Coahuila

Octubre 2025

ABSTRACT

Melons is a crop grown worldwide and consumed in various ways. This species exhibits wide genetic diversity, which can be observed in the differences in size, color, skin texture, and flesh color and flavor. The present study aimed to evaluate the genetic effects of crosses between traditional and exotic melon (*Cucumis melo* L.) genotypes, with the goal of identifying potential materials for breeding programs and alternatives in fertilization and crop management.

The diallel design (Griffing's method 4) was established between six exotic melon genotypes, such as Piel de Sapo, Dino, Summer Gem, and Orange Flesh, as well as some traditional melons in México, such as Cantaloupe and Harper. The genotypes were evaluated in the field using a factorial design that included organic-mineral fertilization and a pruning system to obtain fruits closer to the stem, facilitating harvesting and crop management, while evaluating agronomic and physiological variables. Analysis of variance revealed significant differences ($p \leq 0.05$) between genotypes for the yield variables, chlorophyll concentration index (CCI) and relative chlorophyll index (RCI), indicating the presence of useful genetic variability. General combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) were estimated, finding significant contributions from both additive and non-additive effects in some of the traits evaluated. For yield and RCI variables, significance was found in GCA and SCA at $p \leq 0.001$ and $p \leq 0.01$, respectively. The Harper genotype showed high and significant additive effects for most of the variables evaluated. Subsequently, four of the outstanding hybrids were selected from the field evaluation and established under greenhouse conditions for quality evaluation, where a randomized complete block design was established to obtain data on variables such as weight, equatorial and polar diameter of the fruit, pulp thickness, peel width, polar and equatorial diameter of the cavity, pulp color, Brix degrees, mesh in the cover, etc. Where significant differences were only found in the pulp thickness variable, the WSxH hybrid presented greater pulp thickness (3.633 cm), highlighting the good combination of the parents. In conclusion, the genetic variability identified between traditional and exotic genotypes allowed the

detection of hybrids with potential for improvement programs, aimed at increasing fruit yield and quality.

Keywords: diallel, melon, genetic effects, yield, management.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años en México, el cultivo de melón ha mostrado un crecimiento en su producción. De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en 2023, México ocupó el décimo lugar a nivel mundial en producción, con un total de 648,541 toneladas cosechadas. Las principales variedades cultivadas en el país son el melón tipo cantalupo y valenciano, destinados tanto al consumo nacional como a la exportación, principalmente a Estados Unidos, según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SIAP,2024).

Cucumis melo es una especie con una amplia diversidad genética, la cual se observa en una gran variabilidad morfológica, incluyendo diferencias en el tamaño, color, textura de la corteza, características de la pulpa y sabor. Regiones como Asia, África, España y Turquía albergan variedades únicas, como el melón piel de sapo, característico por su corteza verde moteada y una forma ovalada (Zhao *et al.*, 2019). Gracias a la globalización, muchas de estas variedades exóticas han sido introducidas en México, ampliando la diversidad del cultivo y ofreciendo nuevas opciones comerciales con características atractivas para el consumidor.

Actualmente, se demandan productos de mayor calidad, lo que obliga a los productores a mejorar sus prácticas de cultivo para satisfacer las exigencias del mercado. Una de las estrategias más comunes ha sido la incorporación de nuevas variedades y la modificación de las prácticas de manejo agronómico, como el uso de fertilizantes químicos. Sin embargo, el uso indiscriminado de estos insumos durante las últimas décadas ha provocado efectos negativos en la salud del suelo, afectando la biota original, como hongos y bacterias benéficas. El aprovechamiento de la diversidad genética de la especie es importante en programas de mejoramiento genético que permitan crear variedades o híbridos con buen potencial de rendimiento, pero también considerando características fisiológicas del cultivo y calidad del fruto. La estimación de efectos genéticos como ACG y ACE, permiten identificar genotipos que pueden tener una alta contribución en la expresión de las características evaluadas en sus progenies,

e identificar los efectos aditivos y de dominancia más importantes que, por lo tanto, pueden incluirse en un programa de mejoramiento genético.

Por esta razón, se ha promovido el uso de prácticas más sostenibles, como la reducción de fertilizantes químicos o su complementación por productos orgánicos. Además, prácticas como la poda pueden influir significativamente en el desempeño fisiológico y productivo de las plantas, así como facilitar prácticas de cosecha.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivos

Determinar efectos genéticos de melones exóticos y el testigo.

Identificar los genotipos con mayor estabilidad en diferentes prácticas de poda y fertilización.

Hipótesis

Las diferentes variedades genéticas de melón exótico y el tradicional, responderán de manera única a las prácticas de poda y fertilización órgano-mineral, sugiriendo que existen interacciones específicas entre los factores genéticos, la poda y la fertilización.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen

La presencia del melón se documenta desde el antiguo Egipto (cerca de 2,400 a.c.), con menciones posteriores por griegos y romanos. La expansión del cultivo del melón hacia el oeste llegó a España en el siglo XV y fue introducido en América por Cristóbal Colón en su segundo viaje, diseminándose por el continente (Fornaris, 2006).

El origen de este cultivo está centrado en Asia según investigaciones realizadas por Sebastián y colaboradores en 2010, actualmente se conocen alrededor de 66 especies del género *Cucumis*.

Clasificación taxonómica

Según la clasificación realizada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) en 2011 el melón (*Cucumis melo* L.) taxonómicamente se puede clasificar de la forma siguiente:

Reino: *Plantae*

Subreino: *Tracheobionta*

Superdivisión: *Spermatophyta*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Dilleniidae*

Orden: *Violales*

Familia: *Cucurbitaceae*

Género: *Cucumis*

Especie: *melo*.

Variedades tradicionales y exóticas de melón.

Debido a la amplia diversidad genética que encontramos en *Cucumis melo* L., se exhibe una gran variabilidad morfológica, lo que da como resultado distintos tipos de melones con características únicas en tamaño, color, textura de la corteza, así como en el color de la pulpa y sabor. A nivel mundial, regiones como Asia, África,

España y Turquía poseen variedades con características distintivas que presentan cortezas verdes, amarillas, blancas o con patrones moteados.

La creciente apertura de mercados internacionales ha permitido la introducción en México de nuevas variedades distintas al tradicional cantalupo o chino. Estas variedades, denominadas “exóticas”, destacan por sus características morfológicas y organolépticas diferentes, lo que enriquece la oferta comercial y generan la diversificación en el cultivo.

Entre los melones de mayor comercialización a nivel mundial se encuentran los tipos Cantalupo y Honeydew. Aunque también tienen gran relevancia variedades como el melón amarillo, Galia, Charentais y Piel de sapo, los cuales son producidos y distribuidos principalmente en Europa (Valdenegro, 2005).

Cantalupo

Es un cultivo popular en América y es de los más producidos y consumidos en todo el mundo. Su piel tiene un reticulado grueso y su pulpa es de un color anaranjado, con un tono salmón, muy aromática y un sabor dulce (Acosta, 2019).

Piel de Sapo o Santa Clause

Es una variedad con su fruto de forma ovalada, de tamaño medio grande, de corteza color verde y moteado negro. Su pulpa de color blanco y textura crujiente. Los frutos obtienen un peso promedio de 2.30 kg. Tiene un contenido de azúcares de 14%, con una edad de cosecha de 62 días después del trasplante. Es uno de los tipos de melones de poco aroma. Se cultiva, y es muy común en España, aunque actualmente se puede encontrar en varios países (Acosta, 2019).

Orange Flesh

El melón tipo Orange Flesh se caracteriza por producir frutos con cascara lisa (sin redecilla), y una pulpa de color anaranjado (Monge, 2021).

Summer Gem °

Es una variedad cultivada que tiene una cáscara parecida al melón cantalupo con gajos longitudinales en color verde y una cubierta con redecilla dorada, su pulpa característica de color naranja brillante (H-E-B, 2025).

Melón tipo Harper.

Se caracteriza por tener frutos de gran tamaño, de forma ovalada, presenta una cubierta con redecilla en la cáscara, y la pulpa es de color naranja intenso. Los frutos tienen la característica de larga vida de anaquel. Además de ser uno de los híbridos que tienen mayores rendimientos por su tolerancia a enfermedades. Aunque una desventaja es que es un cultivo tardío, y sus frutos sin olor y pulpa crujiente (García *et al.*, 2016).

Genética del melón

El melón (*Cucumis melo* L.) es una planta herbácea de porte rastrero perteneciente a la familia *Cucurbitaceae* y ampliamente cultivada por sus frutos. Es una especie diploide con un número de cromosomas de $2n = 2x = 24$. Para clasificar esta especie, se considera la característica morfológica de presencia o ausencia de vello en el ovario. En base a esta característica, se han dividido las especies en dos subespecies: *C. melo* ssp. *melo* y *C. melo* ssp. *agrestis* (Jeffrey, 2001).

La especie *Cucumis melo* tiene una gran variabilidad genética dentro de sus dos subespecies. (Brickell *et al.*, 2004) clasificaron 11 grupos en la subespecie *melo* y cinco grupos en la subespecie *agrestis*. La subespecie *agrestis*, principalmente se cultiva sólo en el este de Asia, éstas se caracterizan por melones con menos pulpa y un sabor amargo (Zhao, 2019). Esta subespecie involucra en su mayoría a variedades silvestres, de tal forma que las variedades que integran esta subespecie son: conomon, makuwa, chinensis, momordica y acidulus, que se distribuyen en África, Asia y Oceanía Pitrat *et al.*, (2000). Por otra parte, la subespecie *melo* está conformada en su mayor proporción por variedades cultivadas, entre las cuales se encuentran: cantalupensis, reticulatus, adana, chandalak, ameri, inodorus, flexuosus, chate, tibish, dudaim y chito, que se distribuyen principalmente en África, Asia y Oceanía, aunque en México están presentes las variantes cantalupensis, reticulatus, inodorus, dudaim y chito.

En términos de características morfológicas, se observa una notable diversidad en tamaños de frutos, formas, texturas de la cubierta, color de pulpa, grosor de la pulpa, dulzura, cavidad de la semilla y tamaño de la misma (Pandey *et al.*, 2009).

Aspectos de calidad en el melón

Derivado de la amplia variabilidad genética que tiene el cultivo de melón y sus distintas formas de consumo, no se tiene establecido un parámetro de calidad que pueda aplicarse a todas las variantes. Variedades que son utilizados para el consumo como postre o melones que son preferidos no maduros para ensaladas, según la preferencia de consumo del mercado, exige tamaños, texturas y sabores diferentes. Por lo común la calidad del fruto se relaciona al sabor y dulzura que pueda tener. El contenido de azúcares en el fruto es un rasgo poligénico afectado por el ambiente según Hartl en (2011), cuantificado mediante grados Brix, los cuales reflejan la concentración de sólidos solubles totales, principalmente azúcares simples como sacarosa, glucosa y fructosa, niveles más altos indican mayor dulzura percibida en el consumidor según Montgomery y colaboradores en 2024, aunque incrementos excesivos pueden alterar la textura de la pulpa. La forma del fruto también es una característica importante para el consumidor; por lo regular se buscan melones redondeados a excepción de algunos como la piel de sapo o el canario que tienen una forma ovalada y alargada. Otro de los aspectos que se busca en el fruto es la cubierta, que en el melón común como el cantaloup o Galia es una malla uniforme y compacta, contrario a melones como el honey dew u Orange Flesh, con una cubierta lisa.

Mejoramiento Genético

Desde tiempos antiguos, se ha buscado mejorar características agronómicas clave, como el rendimiento y la calidad del fruto, así como la resistencia a factores bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (sequías, salinidad, cambios climáticos, entre otros). Esto se ha logrado mediante el mejoramiento genético, que consiste en cruces intraespecíficos entre variedades comerciales y parientes silvestres. Estos cruces permiten obtener melones híbridos con características agronómicas que les confieren un alto valor comercial (Nuñez *et al.*,2008).

Sin embargo, el proceso de mejoramiento en cucurbitáceas es generalmente lento y está limitado por la cantidad y el tipo de genes presentes en la planta (Nuñez *et al.*,2008).

Efectos Genéticos

A partir de la progenie obtenida de cruzamientos específicos, es posible estimar el desempeño de los progenitores, esto mediante un análisis que incluye la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), así como los efectos maternos y recíprocos. La estimación de las varianzas asociadas a la ACG y ACE permite calcular las varianzas aditiva y de dominancia, proporcionando una base sólida para el estudio de la herencia de los rasgos (Saavedra, 2021).

Sprague y Tatum (1942) definieron estos términos de la siguiente manera: la aptitud combinatoria general se refiere al desempeño promedio de una línea en combinación híbrida, mientras que la aptitud combinatoria específica describe los casos en los que ciertas combinaciones muestran un desempeño significativamente superior o inferior al esperado.

Diseño Dialélico

En el mejoramiento genético las cruzas realizadas entre dos progenitores tienen como objetivo fijar alguna característica de interés. Mediante estas cruzas el mejorador puede estimar la herencia de cierta característica y la combinación de genes entre ambos progenitores. Las cruzas dialélicas consisten en cruzar un conjunto de variedades o líneas progenitoras entre sí de manera sistemática, de modo que cada progenitor se cruza con todos los demás en un diseño específico. Este enfoque permite analizar cómo los genes de los diferentes progenitores interactúan y se expresan en la descendencia (Rojas, 1968).

Los diseños dialélicos son usados para estimar los caracteres de interés y en base a ello seleccionar los mejores genotipos (Zhang y Kang, 1997). Se aplican en base al objetivo del mejorador y a los progenitores que se utilizan. Cuando los padres no son elegidos al azar se aplica el modelo I o de efectos fijos. De lo contrario cuando los progenitores se eligen de forma aleatoria de una población se aplica en modelo II. Estos modelos permiten estimar la aptitud combinatoria general y específica, heterosis o parámetros genéticos; los resultados obtenidos pueden aplicarse en la población (modelo II) y no solo en ciertos progenitores como en el modelo I (Castañón, 2005).

Existen diferentes métodos para la estimación de parámetros genéticos-estadísticos, Griffing en 1956 propuso un diseño en el que se seleccionan y cruzan entre sí un grupo de líneas endogámicas, generando un máximo de p^2 combinaciones posibles. Estas varían dependiendo si se consideran las autofecundaciones, las F1 de cruza recíprocas y directas o solo directas.

Con esto como base para la clasificación hay cuatro métodos experimentales posibles:

- Método 1: Se incluyen los padres, un conjunto de F1 y F1 recíproco (todas las combinaciones de p^2).
- Método 2: Incluyen los padres y un conjunto de F1, pero los F1 recíprocos no ($1/2p(p+1)$ combinaciones)
- Método 3: Conjunto de F1 y recíprocos, pero no las combinaciones principales ($p(p-1)$).
- Método 4: Conjunto de F1, pero no padres ni F1 recíprocos ($1/2p(p-1)$).

Prácticas culturales

La poda se ha implementado principalmente en árboles frutales para controlar su crecimiento y manejo, aunque en la actualidad se emplea en cultivos hortícolas como en pimientos, tomates y pepino por mencionar algunos. En estas hortalizas se busca limitar el número de tallos por planta. La poda ofrece una serie de beneficios, como la eficiencia en la ejecución de prácticas culturales. Según Aljaro en 1990, expresa las ventajas de la poda para hortalizas, mayor rapidez y comodidad en las labores de cosecha al tener melones más cercanos al tallo principal y no solo en términos de estructura, sino que también puede mejorar características de los frutos, como su coloración y tamaño, aumentando así sus parámetros de calidad.

Según Reche (2009) en el melón rastrero el procedimiento de poda de tallo es el siguiente:

1. Se corta el tallo principal por abajo de la quinta o sexta hoja verdadera.
2. Para realizar la poda en los tallos de segundo orden que emergen de las axilas de las hojas del tallo principal, se realiza cuando el tallo ha formado de cinco hojas a seis hojas, el corte se realiza por debajo de la quinta o sexta hoja.
3. Luego en los tallos de orden terciario que es donde emergen las flores femeninas se pueden efectuar dos procedimientos de poda que son: En tallos portadores de frutos se despunta por encima del fruto dejando una o dos hojas. En tallos no portadores de frutos se despunta por encima de la cuarta o quinta hoja para suprimir el crecimiento excesivo del tallo.

Fertilización

El suelo puede enriquecerse de nutrientes y con ello adquirir una buena fertilidad para los cultivos a través de fertilizantes orgánicos e inorgánicos. Debido al incremento poblacional y con ello el aumento en la demanda alimenticia, se buscó aumentar la producción de los cultivos a través de aplicaciones de fertilizantes

minerales creados de manera artificial. Aunque en la actualidad debido a la contaminación ambiental y de suelo debido al uso irracional de estos productos químicos se buscan alternativas para disminuir esta consecuencia. Una opción es el uso de abonos orgánicos, los cuales se realizan de manera natural con desechos de animales o de la descomposición de materiales vegetales. Estos contribuyen a la fertilidad del suelo, favorecen el desarrollo de hongos y bacterias benéficas que ayudan a la descomposición de residuos de las plantas (Agricultura,2024). Se busca la combinación de abono orgánico y fertilizantes minerales, ya que esta combinación puede ofrecer condiciones ambientales ideales para el cultivo, cuando el abono orgánico mejora las propiedades del suelo y el suministro de los fertilizantes minerales provee los nutrientes que las plantas necesitan (IFA y FAO,2002) teniendo un uso eficiente de los fertilizantes minerales.

Lixiviado de lombriz

El lixiviado de lombriz es un fertilizante orgánico obtenido mediante un proceso de lombricomposta dada por el trabajo que llevan a cabo lombrices rojas californianas (*Eisenia fetida*) a raíz del proceso de ingestión y digestión, la cual provocan la transformación biológica, química y física de los materiales naturales sólidos que se encuentran en el montículo de la lombricomposta según Chaparro, (2021). El lixiviado obtenido del proceso contiene macroelementos como el nitrógeno, fósforo, y potasio, así como microelementos (zinc, fierro, cobre, manganeso, molibdeno, boro, calcio, magnesio, azufre y sodio), nutrientes indispensables para el crecimiento de las plantas, además de contener algunas enzimas, proteínas, aminoácidos y microorganismos benéficos que generan mejoras tanto físicas como químicas en los suelos, generando mayores rendimientos del cultivo (Maraña *et al.*, 2018).

Clorofila y temperatura foliar

Actualmente, existen diversas técnicas para la caracterización fenotípica de las plantas, basadas en la medición de rasgos fisiológicos del cultivo. Algunas de estas técnicas, especialmente aquellas relacionadas con la interacción planta-

agua, han sido empleadas como herramientas clave en la selección de parentales complementarios para el mejoramiento genético en ambientes con disponibilidad limitada de agua (Reynolds *et al*,2013).

Uno de los parámetros fisiológicos más utilizados es la temperatura del dosel vegetal (canopy temperature, CT), la cual está influenciada por factores como la profundidad del sistema radical y el estado hídrico de la planta. Se ha demostrado que una menor temperatura foliar está asociada con un mayor rendimiento en condiciones de altas temperaturas y sequía (Lopes *et al.*, 2010).

Otro aspecto determinante en el rendimiento de los cultivos es la eficiencia fotosintética, ya que la capacidad de la planta para convertir la luz solar en compuestos orgánicos influye directamente en su desarrollo y producción de biomasa (Reynolds *et al*,2013). Para evaluar esta eficiencia, el contenido de clorofila en las hojas es un indicador clave. Su medición puede realizarse a través de equipos específicos, siendo el SPAD-metro de mano (Spectrum Technologies Inc., Plainfield, IL, USA) uno de los más utilizados por su facilidad de uso. Las lecturas del instrumento no son valores absolutos, sino que cada lectura es un 'índice de concentración de clorofila' (ICC; que va de 0 a 99.9). Adicionalmente, el medidor de clorofila FieldScout CM 1000 emplea un sistema basado en reflectancia de longitudes de onda de 700 nm y 840 nm para calcular el índice relativo de clorofila, con valores que oscilan entre 0 y 999 (IMM, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Área de Estudio

El trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en el invernadero No. 6 y el área agrícola conocida como Bajío. La Universidad se encuentra ubicada al sur de la Ciudad de Saltillo, Coahuila, a 25° 22' Latitud N; 101° 00' Longitud W, cuenta con una altitud de 1742 msnm, la temperatura media anual es de 16.8 °C, el clima es muy seco, semiárido y extremoso con lluvias en verano, la precipitación anual es de 350 a 450 mm (INEGI, 2008).

Material Genético

Los genotipos utilizados fueron seis materiales derivados del programa de mejoramiento de melón del área de Fisiotecnia del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad. Los cuales se describen a continuación en el cuadro 1.

Cuadro 1. Material genético utilizado.

IDENTIFICADOR	GENOTIPO	TIPO MELÓN
WS	12	Western Shipper
H	18	Harper
OF	46	Orange Flesh
Sg	40	Summer Gem
PS	44	Piel De Sapo
Cr	50	Crane

Primera etapa

Siembra del material genético

La siembra de progenitores del esquema de cruzas se realizó durante el mes de diciembre del año 2023, para el cual se utilizaron charolas de 200 cavidades, previamente esterilizadas con agua con hipoclorito de sodio al 7.5 %, diluido en 59 partes de agua por una de solución de cloro. Se sembraron 50 semillas de cada material genético debidamente tratadas con fungicida Captan. Se formuló una mezcla de sustrato con una proporción de 60 % de peat moss, 30 % de humus y 10 % de perlita por charola. Se añadió agua en cantidad suficiente para garantizar una humedad adecuada en toda la mezcla. Las charolas con la siembra se colocaron dentro del invernadero y ahí se les aplicó riegos conforme a sus necesidades hídricas, hasta que las plántulas se encontraran completamente emergidas y presentaran por lo menos las dos primeras hojas verdaderas.

Posteriormente un mes después de la siembra se trasladaron los progenitores en macetas de bolsa de polietileno con capacidad de 12 L, con sustrato de Peat moss en la mezcla antes descrita y se colocaron dentro del invernadero, como lote de cruzamientos, teniendo 32 plantas por cada genotipo.

Durante el desarrollo del cultivo se mantuvo un riego manual según los requerimientos hídricos de la planta, y una fertirrigación en una dosis de 708 g de nitrato de calcio, 607 g de nitrato de potasio, 256 g de nitrato de magnesio, 230 g de MAP, 108 ml de Ácido Sulfúrico, para 1000 litros de agua. Cuando los genotipos comenzaron a desarrollar flores femeninas y masculinas, aproximadamente 45 días después del trasplante, se inició la polinización dirigida, siguiendo un esquema de cruzamientos directos utilizando la siguiente metodología:

- Se seleccionaron los botones florales que permanecían cerrados, pero que los pétalos presentaban un color amarillo.
- De los botones florales seleccionados se realizó la emasculación, con la ayuda de pinzas se eliminaron los pétalos y anteras.
- Posteriormente se seleccionó la flor del genotipo que fungió como macho, según el esquema de cruzamiento aplicado.

- Una vez que se tuvieron las flores maduras, se frotaron las anteras con el estigma de la flor, previamente emasculada, para realizar la polinización.
- La flor se etiquetó con la fecha y la crucea realizada y después se procedió a tapar las flores polinizadas con bolsas glaseen para evitar alguna contaminación con otro genotipo.

Se realizaron cruces durante un mes, cosechando los primeros frutos polinizados a los 75 días después del transplante.

Una vez alcanzada la maduración fisiológica, se procedió a realizar la extracción de semilla para ser etiquetada adecuadamente y tratada con fungicida Captan para la siguiente fase.

Segunda etapa

La segunda fase de la investigación consistió en la siembra y evaluación de los híbridos obtenidas del diseño dialélico (cuadro 2), esto se realizó durante el mes de junio del año 2024.

Material genético evaluado

Cuadro 2. Esquema de cruces implementado.

	WS	H	OF	PS	Cr	Sg
WS		WSxH	WSxOF	WSxPS	WSxCr	WSxSg
H			HxOF	HxPS	HxCr	HxSg
OF				OFxPS	OFxCr	OFxSg
PS					PSxCr	PSxSg
Cr						CrxSg

WS= Western Shipper, H =Harper, OF=Orange Flesh, Sg=Summer Gem, PS= Piel de Sapo, Cr=Crane.

Preparación del Terreno

Se llevó a cabo un barbecho y rastreo hasta que el suelo quede suelto y sin terrones, posteriormente se realizaron las camas. Posteriormente se colocó la cintilla para el riego en la parte central y finalmente el polietileno negro para el acolchado, de calibre 90, de 1.20m de ancho.

Fertilización

Se aplicó una dosis de fertilización mineral, utilizando la fórmula a1) 160-80-00; a2) fertilización órgano-mineral con la fórmula 120-60-00, complementada con 2500 L de lixiviado de lombriz por hectárea; y a3) fertilización órgano-mineral con la fórmula 80-40-00, junto con 5000 L de lixiviado de lombriz por hectárea.

Se realizó una primera fertilización mineral con el 50% del N antes de la siembra, y el otro 50% a los 30 días después del trasplante. El lixiviado de lombricomposta se aplicó dos veces, con una diferencia de 20 días, en las dosis correspondientes.

Trasplante

El trasplante de los progenitores y las F1 obtenidas de los cruzamientos, se realizó el día 12 de junio de una forma manual en las camas previamente preparadas. Teniendo una parcela de doce plantas por genotipo.

Riegos

Los riegos se realizaron dos veces por semana, o de acuerdo a los requerimientos del cultivo.

Poda

Las podas se realizaron un mes después del trasplante al campo, siguiendo la metodología descrita por Reche 2009.

La poda del tallo principal se realizó a los 25 días después del trasplante, cortando por debajo del sexto nudo cuando la planta presentaba siete u ocho hojas verdaderas, para favorecer la formación de cinco tallos secundarios. La poda de los tallos secundarios se efectuó a los 40 días, despuntando por debajo del quinto nudo cuando tenían entre cinco y seis hojas, promoviendo el desarrollo de cuatro tallos de tercer orden. En ambas podas se utilizó una tijera desinfectada.

Variables a Evaluar

Rendimiento: Número de frutos por genotipo (NF), Peso Promedio del Fruto (PPF) y el Rendimiento proyectado en toneladas por hectárea (RNDTHA).

El rendimiento proyectado en toneladas por hectárea (RNDTHA) se estimó a partir del peso promedio del fruto por planta (PPF), utilizando la fórmula:

$$\text{RNDTHA} = \text{PPF} \times 31,250 / 1000$$

Fisiológicas: Índice de Concentración de Clorofila (ICC), Índice Relativo de Clorofila (IRC), temperatura del follaje (TF) utilizando un termómetro digital infrarrojo Steren.

Calidad: días a cosecha (DC), peso de cada fruto (P), diámetro ecuatorial (DE), diámetro polar (DP), Malla, espesor de cáscara (GC), color de la pulpa (CP), espesor de pulpa (EP), diámetro ecuatorial de la cavidad (DEC), diámetro polar de la cavidad (DPC), °Brix (grados Brix) y sabor.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño factorial de bloques completos al azar con dos repeticiones, en arreglo de parcelas subdivididas; El experimento se diseñó considerando tres factores. El Factor A corresponde a los tipos de fertilización, con tres niveles: (a1) fertilización mineral con la fórmula 160-80-00; (a2) fertilización órgano-mineral con la fórmula 120-60-00, complementada con 2500 L de líquido de

lombricomposta por hectárea; y (a3) fertilización órgano-mineral con la fórmula 80-40-00, más 5000 L de líquido de lombricomposta por hectárea.

El Factor B corresponde a la poda, con tres niveles: (b1) sin poda; (b2) poda en el tallo principal por encima de la quinta hoja; y (b3) dos podas, la primera en el tallo principal y la segunda en los tallos secundarios, siguiendo la metodología previamente descrita.

Finalmente, el Factor C representa los genotipos evaluados, los cuales corresponden a los materiales genéticos ya descritos.

Durante el desarrollo del experimento de evaluación de los progenitores y las F1 obtenidas de las cruzas directas realizadas, se presentaron condiciones climáticas adversas en caídas de granizo y fuerte lluvia durante el mes de Julio, lo que ocasionó pérdidas en plantas y con ello en la obtención de variables a evaluar.

Evaluación y Cosecha

Dos meses después del trasplante, se realizaron mediciones de temperatura foliar e índices de clorofila. La temperatura del follaje se obtuvo utilizando un termómetro digital infrarrojo, apuntando al área media de la planta para asegurar lecturas representativas del dosel foliar.

Para la estimación de los índices de clorofila se emplearon dos dispositivos distintos. El primer instrumento fue el FieldScout CM 1000, que utiliza tecnología láser. Para cada medición, se seleccionó una hoja sana ubicada en la parte superior de la planta, se apuntó el sensor al limbo foliar y se presionó el botón para obtener la lectura, la cual se visualizó en la pantalla del dispositivo. El segundo instrumento fue un medidor SPAD de mano (SPAD-502 Plus), el cual funciona mediante un sistema de pinzas; la hoja se colocó entre las pinzas del aparato, se aplicó presión y se registró la lectura directamente de la pantalla. Este valor se determina a través de la cantidad relativa de clorofila presente en las hojas, midiendo la absorbancia de la hoja a dos longitudes de onda.

Finalmente, para la estimación del rendimiento proyectado en toneladas por hectárea, se realizó la cosecha manual de frutos por genotipo, recolectando los

producidos por las cuatro plantas correspondientes a cada combinación de poda y fertilización aplicada.

Evaluación de cruzas en invernadero

Con el propósito de determinar las características de calidad del fruto, se estableció un experimento en condiciones de invernadero utilizando las cuatro cruzas que previamente habían mostrado un mejor desempeño en las evaluaciones de campo, las cuales fueron WSxH, WSxPS, HxPS, HxCr. Para cada genotipo se sembraron 60 semillas en charolas de polietileno, empleando como sustrato una mezcla de perlita y humus en las proporciones descritas anteriormente. Las plántulas permanecieron en el invernadero durante la etapa de emergencia y el desarrollo inicial, recibiendo riegos constantes de acuerdo con las necesidades hídricas del cultivo.

Al cumplirse un mes después de la siembra, las plántulas fueron trasplantadas en macetas de polietileno, distribuidas bajo un diseño experimental de bloques completos al azar. Para asegurar un adecuado crecimiento, se aplicó fertirriego mediante una solución nutritiva preparada con 708 g de nitrato de potasio, 236 g de nitrato de calcio, 266 g de nitrato de magnesio, 320 g de fosfonitrato y 119 ml de ácido fosfórico, disueltos en 1000 litros de agua. El cultivo se condujo con tutorado vertical, siguiendo el sistema holandés, y se realizaron polinizaciones manuales para favorecer la fructificación.

Transcurridos 70 días después del trasplante, se inició la cosecha de algunos genotipos. Los frutos recolectados se trasladaron al laboratorio de Fisiotecnia para su evaluación. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- **Días a cosecha (DC):** número de días transcurridos desde el trasplante hasta la recolección.
- **Peso del fruto (P):** determinado en una báscula digital (TORREY).
- **Diámetro ecuatorial (DE) y diámetro polar (DP):** obtenidos con una cinta métrica colocada en la parte media del fruto, tanto de forma horizontal como vertical.
- **Malla:** evaluada visualmente en una escala de 0 a 5, donde 0 corresponde a frutos sin malla y 5 a frutos con malla muy cerrada.

- **Espesor de cáscara:** medido en un corte longitudinal del fruto, utilizando una regla para registrar el grosor de la cáscara.
- **Color de pulpa:** determinado visualmente en una escala de 1 a 5, asignando el valor máximo a un tono anaranjado intenso.
- **Espesor de pulpa:** registrado a partir de la distancia entre la cavidad seminal y la cáscara.
- **Diámetro ecuatorial y polar de la cavidad:** medidos con regla, considerando la anchura y longitud de la cavidad interna.
- **Contenido de sólidos solubles (°Brix):** determinado colocando una gota de jugo de pulpa en un refractómetro manual (ATAGO) y observando la lectura a contraluz.
- **Sabor:** evaluado de manera empírica mediante la degustación de la pulpa, asignando valores en una escala de 1= insípido a 5 = Sabor intenso según la apreciación del evaluador.

Análisis Estadístico

Previo al análisis de varianza, se realizó la transformación de datos correspondientes a las variables de número de frutos y rendimiento debido a la presencia de datos faltantes, esto con la finalidad que los datos se ajusten a una distribución normal y estabilizar la varianza. La raíz cuadrada permite reducir la dispersión de los datos y atenuar el impacto de valores elevados, mientras que la adición de una constante (+2) asegura que todos los valores sean positivos, evitando así problemas derivados de la presencia de ceros o números negativos en el conjunto de datos. (Rojas,2022), mediante la aplicación de la siguiente formula:

$$\sqrt{(x + 2)}$$

El análisis de los datos obtenidos se realizó con el programa estadístico SAS V8, bajo el modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + A_j + e_{ijA} + B_k + (AB)_{jk} + e_{ijkB} + C_l + (AC)_{jl} + (BC)_{kl} + (ABC)_{jkl} + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} : Valor observado de la variable respuesta.

μ : Media general.

R_i : Efecto del bloque i .

A_j : Efecto del factor A_j (fertilización).

e_{ijA} : Error de parcela grande (Error A)

B_k : Efecto del factor B (Intensidad de poda).

$(AB)_{jk}$: Interacción entre los factores A y B.

e_{ijkB} : Error de la subparcela (Error B)

C_l : Efecto del factor C l (genotipos).

$(AC)_{jl}$: Interacción entre los factores A y C.

$(BC)_{kl}$: Interacción entre los factores B y C.

$(ABC)_{jkl}$: Interacción doble entre los factores A, B y C.

e_{ijkl} : Error experimental (sub-subparcela o parcela chica).

Prueba de Medias

La prueba de medias de Tukey se basa en la comparación de los valores promedio entre todos los pares de tratamientos posibles.

$$T_\alpha = q_\alpha(a, N - a) \sqrt{\frac{MS_{error}}{n}}$$

Donde:

$q_\alpha(a, N - a)$: Es la estadística de rango estudentizado.

a : Número de tratamientos o grupos.

$N - a$: Son los grados de libertad del error obtenidos del análisis de varianza (ANOVA).

MS_{error} : Cuadrado Medio del Error.

n : Es el tamaño de la muestra (número de repeticiones).

(Quesada, 2019).

Análisis Genético

Para manejar los valores faltantes en las variables cuantitativas como rendimiento, temperatura, índice de clorofila e índice relativo de clorofila, se utilizó un enfoque de imputación múltiple o valores de remplazo (MICE) (Vinuesa, 2016). Este procedimiento se llevó a cabo empleando el paquete mice en R, desarrollado por Van y Oudshoorn (2011). El programa calculó el promedio correspondiente a cada combinación, donde para cada variable se aplica un modelo separado, la función mice() asume los datos faltantes al azar (Rojas,2022) .

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

El diseño dialélico utilizado fue el método IV modelo I propuesto por Griffing (1956), donde se incluyen solo los cruzamientos directos con $p(p-1)/2$.

$$X_{ij} = \mu + g_i + g_j + S_{ij} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

X_{ij} es la variable respuesta.

μ es la media general.

g_i y g_j son los efectos de aptitud combinatoria general (ACG)

S_{ij} es el efecto de aptitud combinatoria específica (ACE)

ε_{ijkl} es el efecto del error

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

Los cuadrados medios y la significancia para determinar el efecto de los factores aplicados como la poda y la fertilización de los 13 genotipos de melón evaluados, se presentan en el Cuadro 3. Este análisis de varianza mostró que el efecto de la fertilización aplicada presenta diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en las variables de rendimiento, temperatura e índice relativo de clorofila, evidenciando el efecto directo que tiene la fertilización en el desarrollo y productividad del cultivo. El análisis estadístico también mostró diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en los genotipos para las cuatro variables evaluadas, mostrando la gran variabilidad genética presente en los genotipos, así como el potencial agronómico y fisiológico que pueden tener algunos genotipos, coincidiendo con Monge (2021), donde los genotipos evaluados presentaron una amplia variabilidad tanto en rendimiento como en otras variables evaluadas.

Tras la realización del análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en las dosis de fertilización aplicadas en el rendimiento, se realizó una prueba de Tukey (Figura 1) donde se puede concluir que la dosis uno y dos de fertilización que consistió en la aplicación de fertilizantes minerales y lixiviado de lombricomposta (6.630 tha^{-1}) tienen mejores resultados que solo la aplicación de fertilizantes minerales (4.157 tha^{-1}), por lo que es una alternativa recomendable para obtener mejores rendimientos en los cultivos, debido a los lixiviados que tienen beneficios en los suelos como se menciona en el manual de lixiviado de lombriz (2022), ayuda a mejorar, corregir y aumentar la fertilidad en suelos agrícolas por el contenido de ácidos húmicos y fúlvicos asimilables y que puedan ser aprovechables por las raíces de los cultivos así mismo contribuye a la microflora y microfauna presentes en los suelos. Con ello se pueden adquirir mejores propiedades y a su vez se tiene una mejor asimilación y aprovechamiento de los fertilizantes minerales aplicados. Una buena absorción de Nitrógeno y de microelementos es esencial para obtener un buen desarrollo del cultivo, ya que presentan una alta influencia en los parámetros que tienen impacto en un buen rendimiento.

Cuadro 3. Análisis de varianza (Cuadrados medios) para el diseño factorial aplicado.

	GI	NPF	Rendimiento^t	Temperatura	IRC	ICC
Bloq	1	0.747	1.650	21.9633**	24.800	23.944
Fert	2	3.417**	9.538**	21.9233**	248.7253**	22.722*
Fert*Bloq	2	0.045	0.124	4.262	45.748	24.875
Poda	2	0.542**	2.693*	0.043	12.147	0.343
Fert*Poda	4	0.049	0.465	0.058	1.023	0.932
Fert*Poda*Bloq	6	0.008	0.062	0.139	1.360	1.214
Genotipo	12	0.619**	3.9749**	3.0445**	62.6374**	14.3061**
Fert*Genotipo	24	0.527**	2.444**	4.2791**	30.1091**	1.1915**
Genotipo*Poda	24	0.041	0.212	0.155	2.529	1.603
Fert*Genotipo*Poda	48	0.044	0.239	0.142	2.656	1.603
Error	108	0.080	0.369	0.670	6.482	2.832
Total	233					

Significancia: '***' 0.001, '**' 0.01, '*' 0.05, GI= Grados libertad, NPF= Numero promedio de frutos, IRC= Incide relativo de clorofila, ICC= Índice de concentración de clorofila, t= Valores transformados $\sqrt{x+2}$,

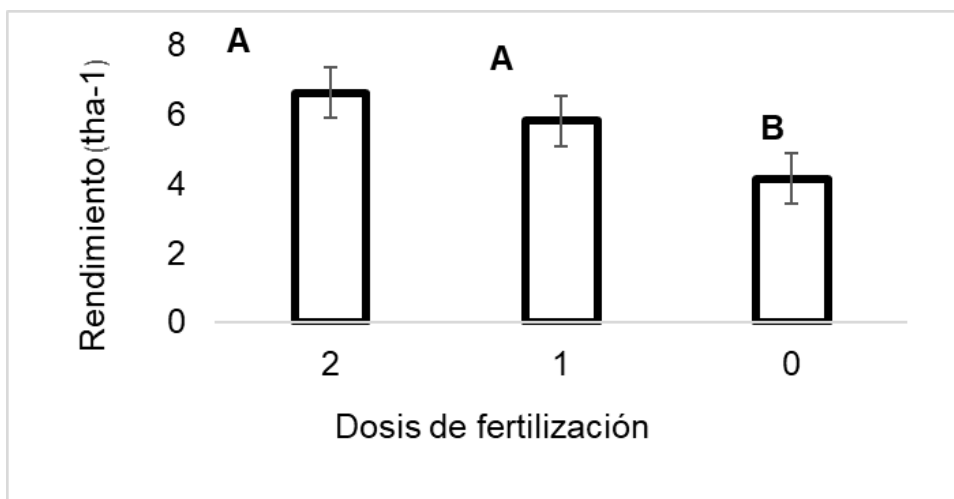


Figura 1. Prueba de Tukey para las dosis de fertilización aplicadas.

0: 160-80-00, **2:**120-60-00, complementada con 2500 L ha^{-1} de lixiviado de lombriz; y **1:**80-40-00 complementada con 5000 L ha^{-1} de lixiviado.

En la Figura 2 se puede observar el efecto de la fertilización en los índices de clorofila evaluados donde destaca la fertilización dos y uno, esto debido a que un buen aprovechamiento de los fertilizantes aplicados se ve en los contenidos de clorofila de las hojas. El índice de clorofila puede servir como una referencia para determinar la cantidad óptima de Nitrógeno a aplicar, permitiendo al productor optimizar el uso de insumos, gestionando el máximo rendimiento y minimizar el riesgo de contaminación ambiental causado por un exceso de estos fertilizantes minerales (Soto y Angulo,2024).

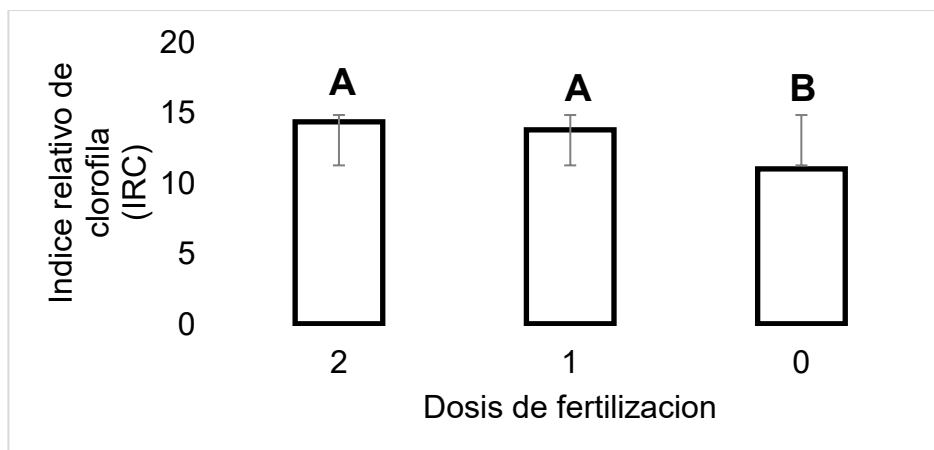


Figura 2. Prueba de Tukey para el IRC en base a las dosis de fertilización aplicadas. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

El efecto de la poda mostró un efecto significativo ($p \leq 0.05$) en el rendimiento, mediante la poda se puede regular el crecimiento vegetativo de la planta, así como la uniformidad en los frutos. Estudios previos realizados han demostrado que mediante la aplicación de podas se tiene un aumento significativo en rendimiento del cultivo (Díaz & Monge, 2017), en algunas investigaciones estudios han revelado que al aplicar una poda por ende se reduce el área foliar y esto a su vez afecta la tasa fotosintética y se tiene una disminución en la acumulación de azúcares (Servín, 2024). En la (Figura 3), encontramos que el tratamiento sin poda (poda 0) registró el mayor rendimiento promedio de 7.861 tha^{-1} , seguido por el tratamiento con poda 1, en el cual se eliminó el tallo principal conservando los tallos secundarios. La poda puede inducir el desarrollo de frutos más cercanos al borde del surco, lo que facilita las labores de manejo y cosecha del cultivo. Considerando que estudios previos han señalado que la poda puede mejorar la calidad al reducir la competencia entre frutos, promoviendo mayor tamaño y una mayor concentración de sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) González *et al.*, (2016). No obstante, esta etapa no pudo concluirse en el presente estudio, por lo que se sugiere su evaluación en futuras investigaciones.

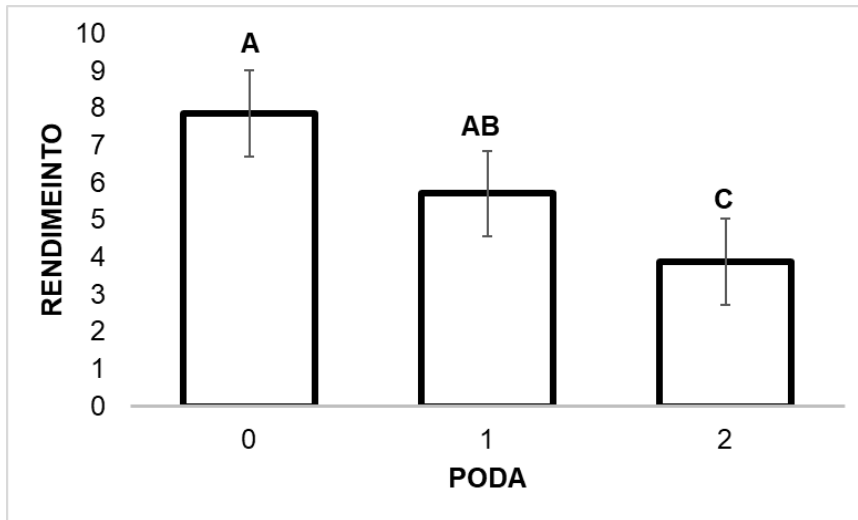


Figura 3. Prueba de Tukey para intensidades de poda aplicadas.

En la Figura 4 se presentan los resultados de la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable rendimiento. Los genotipos HxPS destacan con valores superiores, alcanzando rendimientos de 12.108 t ha^{-1} , lo que refleja un buen desarrollo y aprovechamiento de los recursos bajo las condiciones de evaluación. En contraste, algunos genotipos mostraron valores inferiores, lo que sugiere posibles limitaciones en su eficiencia fisiológica o en su capacidad de adaptación al ambiente de cultivo. Estas diferencias pueden atribuirse a la variación genética existente entre los materiales tradicionales y exóticos evaluados, ya que cada genotipo aporta características contrastantes que influyen en el comportamiento productivo (Badami *et al.*, 2022).

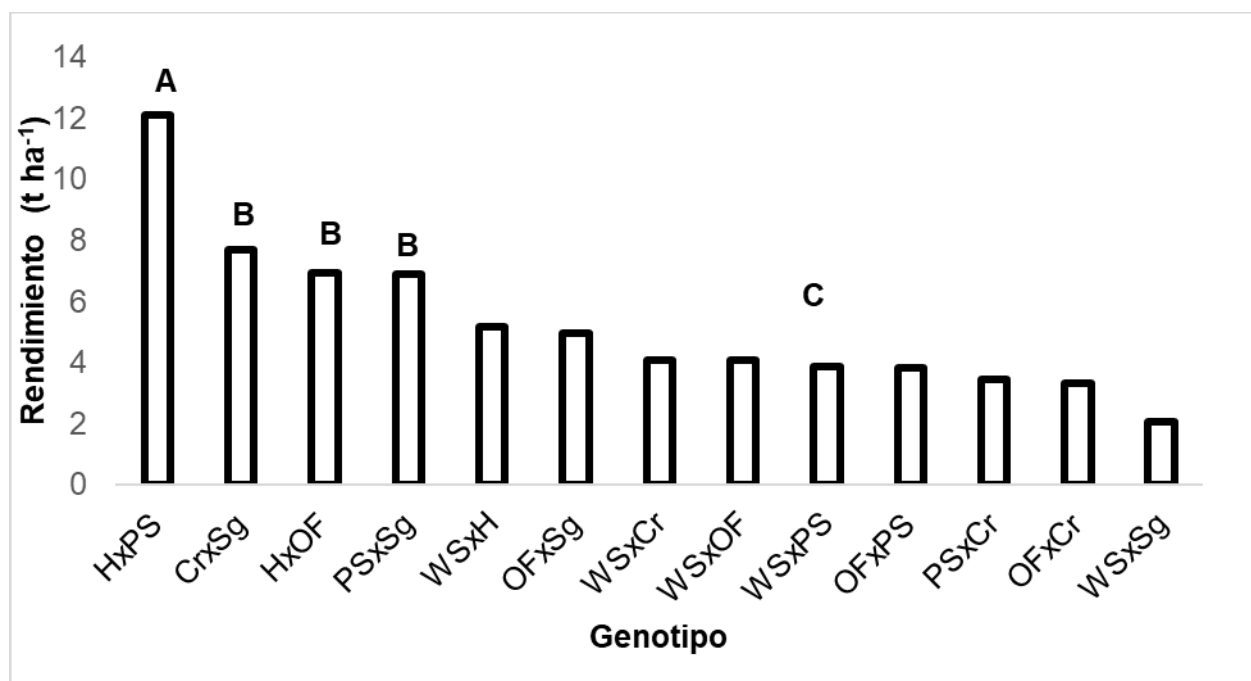


Figura 4. Prueba de Tukey para determinar las diferencias de rendimiento entre los genotipos evaluados. WS= Western Shipper, H =Harper, OF=Orange Flesh, Sg=Summer Gem, PS= Piel de Sapo, C=Crane.

Tras el análisis de varianza realizado se aplicó una prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia de 5%. El Índice relativo de clorofila (cuadro 4) los genotipos CrxSg y HxPS mostraron medias superiores al resto de los genotipos (15.582-15.310). En cambio, el índice de contenido de Clorofila (ICC) (Cuadro 5), los resultados mostraron que la cruza HxOF destacó con un valor significativamente superior (8.649), seguida de HxPS (7.155). Estas combinaciones sobresalientes reflejan un comportamiento favorable en términos de asimilación y eficiencia fisiológica. Es bien conocido que valores más altos en contenidos de clorofila se relacionan con una mayor capacidad fotosintética, lo cual se traduce en un mayor potencial de desarrollo y rendimiento Soto y Angulo (2024). Por el contrario, la cruza WSxCr nuevamente mostró el valor más bajo (4.824), evidenciado el desempeño fisiológico en este material. Estos resultados en conjunto permiten destacar que los híbridos con mayores valores de IRC e ICC son los que podrían presentar una mayor adaptabilidad y eficiencia en el uso de recursos, lo que los convierte en genotipos con potencial para sistemas de producción más sostenibles (Monostori *et al.*, 2016).

Cuadro 4. Prueba de Tukey de los genotipos evaluados en base al índice relativo de clorofila (IRC).

Genotipo	Media	Agrupamiento				
CrxSg	15.582	A				
HxPS	15.3104	A	B			
WSxH	14.4968	A	B			
HxOF	14.2259	A	B			
WSxSg	14.048	A	B	C		
OFxCr	13.687	A	B	C		
OFxSg	13.6276	A	B	C	D	
PSxSg	13.0239	A	B	C	D	
OFxPS	12.5139		B	C	D	
WSxOF	11.3122			C	D	E
WSxPS	11.2939			C	D	E
PSxCr	10.8002				D	E
WSxCr	9.3645					E

WS= Western Shipper, H =Harper, OF=Orange Flesh, Sg=Summer Gem, PS= Piel de Sapo, C=Crane.

Cuadro 5. Prueba de medias de los genotipos evaluados en base al índice de contenido de clorofila (ICC).

Genotipo	Media	Agrupamiento		
HxOF	8.6495	A		
HxPS	7.155	A	B	
WSxH	6.9961	A	B	
PSxSg	6.8198	A	B	
WSxSg	6.7687	A	B	
OFxSg	6.6895		B	C
CrxSg	6.659		B	C
OFxCr	6.4659		B	C
OFxPS	6.3541		B	C
WSxPS	6.1742		B	C
WSxOF	5.8778		B	C
PSxCr	5.6581		B	C
WSxCr	4.8241			C

WS= Western

Shipper, H =Harper, OF=Orange Flesh, Sg=Summer Gem, PS= Piel de Sapo, C=Crane.

Estimación de efectos genéticos

En base a la metodología propuesta por Griffing 1956, utilizando el método IV, modelo I. Se realizó la estimación de los efectos genéticos de los seis genotipos evaluados, para las variables de rendimiento, temperatura foliar, índice de concentración de clorofila e índice relativo de clorofila. La imputación múltiple aplicada mediante el método PMM permitió estimar adecuadamente los valores faltantes, reduciendo el riesgo de sesgos asociados a su omisión, lo cual es crucial para garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos (Rubin, 1987; Buuren & Oudshoorn, 2011).

En este análisis de varianza del diseño dialélico (Cuadro 6), se encontraron diferencias significativas en la fuente de variación de aptitud combinatoria general en las variables de Rendimiento (REND), Número promedio de frutos por planta (NPF), índice relativo de clorofila (IRC) e índice de concentración de clorofila (ICC). Las diferencias altamente significativas en la ACG indican la existencia de

una amplia variabilidad genética entre los progenitores utilizados. Sugiriendo que los efectos aditivos están muy relacionados a la expresión de los caracteres en las variables (Golabadi *et al.*, 2015). Una de las variables de gran importancia en el mejoramiento de cultivos y que está sumamente relacionada al rendimiento, es el número de frutos que podemos obtener por planta, que en este caso muestra una ACG significativa dando la referencia que de los genotipos evaluados para esta característica, está influenciada por efectos aditivos heredables los cuales pueden incorporarse como progenitores en programas de mejora, donde se busque aumentar el rendimiento del cultivo, como lo expresan en algunas investigaciones (Ogbu *et al.*, 2016 y Nataša *et al.*, 2014).

En cuanto a la ACE hubo diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en la variable de rendimiento e índice relativo de clorofila. Este comportamiento ha sido reportado en diversas investigaciones. Por ejemplo, Quamruzzaman y colaboradores en 2020 observaron que el alto rendimiento en híbridos de cucurbitáceas está estrechamente asociado a combinaciones específicas entre progenitores (ACE), que son atribuidos a interacciones de dominancia y epistáticos.

En el caso de la temperatura foliar, los efectos de ACG y ACE son pequeños y no significativos, lo cual comprueba que los efectos de temperatura foliar están directamente determinados por las condiciones ambientales como temperatura del aire, humedad, ventilación, estrés hídrico y radiación solar (Nelson y Bugbee, 2015).

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza de los efectos genéticos (ACG y ACE) para las variables evaluadas.

	gl	REND	NPF	TF	ICC	IRC
ACG	5	7.556***	1.389***	6.634	58.906**	2525.442***
ACE	9	4.978**	0.187	9.678	17.033	888.231**
Error	14	0.885	0.084	11.520	10.594	212.598

Significancia: '****' 0.001, '***' 0.01, '**' 0.05, gl= Grados libertad, REND=Rendimiento t ha⁻¹, NPF= Numero promedio de frutos, TF= Temperatura Foliar, IRC= Incide relativo de clorofila, ICC= Índice de concentración de clorofila.

Estimación de Aptitud combinatoria General y Especifica (ACG y ACE)

La estimación de la aptitud combinatoria general y específica para la variable de rendimiento (cuadro 7) donde en la diagonal encontramos las ACG y la ACE se encuentra de forma vertical. Se obtuvo que el progenitor Harper (H) tiene una alta aptitud combinatoria general, indicando que posee efectos aditivos favorables. Tal comportamiento ha sido documentado en diversos cultivos, donde los progenitores con alta ACG se asocian con rendimiento superior, precocidad, o calidad en la progenie Mishra *et al.*, (2018). Los genotipos con alta ACG son prometedores para el desarrollo de híbridos debido a la acumulación de genes favorables. Al contrario, el progenitor Western Shipper (WS) mostró valores negativos, esto debido a la baja frecuencia de alelos favorables en las características evaluadas.

En la estimación de la aptitud combinatoria específica (ACE) se detectaron combinaciones específicas sobresalientes como HxPS (2.371), por lo que el rendimiento estaría principalmente determinado por los efectos promedio de los padres. Según estudios realizados, el rendimiento en melón u otras cucurbitáceas está fuertemente influenciado por efectos aditivos, aunque en algunos casos los efectos de dominancia también están presentes en esta característica, dependiendo de la variabilidad de los materiales utilizados (Golabadi *et al.*,2015). Sin embargo, varios estudios realizados en la evaluación de cultivos como el maíz Ortega *et al.* (2013) han demostrado que genotipos que presentan una ACG negativa o baja al momento de realizar cruza con algún otro genotipo pueden expresar una combinación favorable debido a efectos de dominancia.

Los progenitores Western Shipper (WS) y Crane (Cr) presentaron efectos bajos y negativos de ACG en la variable de rendimiento, la combinación entre estos dos genotipos resultó en una crusa sobresaliente, mostrando un efecto positivo y elevado de ACE. Esto sugiere que, a pesar de su bajo aporte aditivo de forma individual, la interacción genética entre ambos progenitores generó una

expresión favorable en el rendimiento, lo cual evidencia la importancia de considerar tanto la ACG como la ACE en la selección de híbridos (Liu *et al.*, 2021).

Cuadro 7. Estimación de ACG Y ACE de la variable rendimiento.

	WS	H	OF	PS	Cr	Sg
WS	-1.388**	-1.373	0.406	-0.314	1.348	-0.067
H		2.371**	1.556	4.081**	-1.961*	-2.302*
OF			0.055	-1.771	-0.483	0.292
PS				0.665	-1.489	-0.507
Cr					-0.879*	2.585*
Sg						-0.823

WS= Western Shipper, H =Harper, OF=Orange Flesh, Sg=Summer Gem, PS= Piel de Sapo, Cr=Crane. Significancia: '****' 0.001, '***' 0.01, '*' 0.05.

En la actualidad, el mercado tiene preferencia por frutos de menor tamaño que puedan consumirse en pocos días o en una sola ocasión, evitando desperdicio. Por esta razón, los genotipos que produzcan un mayor número de frutos por planta representan un atributo de importancia en la producción del cultivo Badami *et al.*, (2022). Debido a la correlación que existe entre el número de frutos por planta y el rendimiento, la selección de genotipos con la capacidad de producir un mayor número de frutos resulta prioritaria. En este sentido, el genotipo Harper destaca por una alta ACG en las variables evaluadas. Asimismo, en la estimación de la ACE de los híbridos donde éste estuvo involucrado, en este caso HxOF, HxPS y HxCr se observó que obtuvieron valores superiores (0.278, 0.417 y 0.306, respectivamente), en comparación con otras cruza, a excepción de la crusa HxSg, que mostró una ACE negativa (-0.273) para esta variable. Estos resultados confirman la importancia de los efectos genéticos de dominancia, lo que indica que la transmisión de alelos favorables por parte de los progenitores juega un papel determinante en el comportamiento de los híbridos.

Cuadro 8. Estimación de ACG y ACE en la variable número promedio de frutos por planta.

	WS	H	OF	PS	Cr	Sg
WS	-0.634**	-0.764*	0.236	0.319	0.153	0.056
H		1.102**	0.278	0.417	0.306	-0.236
OF			-0.176	-0.194	-0.472	0.153
PS				-0.093	-0.278	-0.264
Cr					0.074	0.292
Sg						-0.273*

WS= Western Shipper, H =Harper, OF=Orange Flesh, Sg=Summer Gem, PS= Piel de Sapo, C=Crane. Significancia: '****' 0.001, '***' 0.01, '**' 0.05,

Determinar la Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE) en caracteres asociados al contenido de clorofila, tales como el Índice Relativo de Clorofila (IRC) y el Índice de Concentración de Clorofila (ICC), resulta crucial para comprender el desempeño de los parentales y sus combinaciones híbridas. Estos datos son esenciales para direccionar estrategias de mejoramiento genético enfocadas en maximizar la eficiencia fotosintética de las plantas, particularmente en escenarios de estrés abiótico o búsqueda de altos rendimientos (Smith *et al.*, 2022).

En el Cuadro 9, los valores de ACG para los seis progenitores evaluados en cruza directa presentan una variabilidad considerable según el análisis de varianza previamente realizado (cuadro 6). El progenitor Harper (H) destaca por presentar el valor significativo más alto de ACG (39.45**), lo que indica una contribución positiva en sus cruza respecto al contenido de clorofila.

En cuanto a la estimación de la ACE, se observaron combinaciones con efectos significativamente positivos como CrxSg (43.04**), HxPS (29.628**) y WSxSg (20.53**). Estas cruza presentan interacciones que favorecen el Incremento del contenido relativo de clorofila, posiblemente como resultado de efectos de dominancia o epistasis. Por el contrario, combinaciones como HxSg (-37.622) y WSxCr (-38.219) presentaron valores negativos, lo cual podría asociarse a interacciones desfavorables entre alelos de los progenitores.

Cuadro 9. Estimación de ACG Y ACE para el índice relativo de clorofila (IRC).

	WS	H	OF	PS	Cr	Sg
WS	-26.417**	12.503**	-1.817	7.003*	-38.219**	20.531**
H		39.458**	-12.969**	29.628**	8.46	-37.622**
OF			-10.444**	8.697*	15.642**	-9.553*
PS				-19.375*	-28.928**	-16.400**
Cr					-3.375**	43.044**
Sg						20.153

WS= Western Shipper, H =Harper, OF=Orange Flesh, Sg=Summer Gem, PS= Piel de Sapo, Cr=Crane. Significancia: '****' 0.001, '***' 0.01, '*' 0.05.

Para el ICC (Cuadro 10), destacó el progenitor Harper con un valor de ACG positivo (5.485), al igual que el progenitor Summer gem (2.562). En cambio, el progenitor Crane presentó el valor más negativo (-5.310), similar a lo observado para el IRC, reafirmando su carácter poco favorable para los componentes relacionados con la clorofila. Aunque los efectos de ACE no fueron estadísticamente significativos para ICC, algunas combinaciones específicas CrxSg (4.114), OFxCr (3.999) y WSxH (3.131) presentaron efectos positivos, lo que indica que, a pesar del bajo ACG del progenitor Crane, en ciertas cruza específicas pueden generar combinaciones favorables. Esto destaca la importancia de considerar tanto ACG como ACE para una selección equilibrada.

Cuadro 10. Estimación de ACG y ACE para el índice de concentración de clorofila (ICC).

	WS	H	OF	PS	Cr	Sg
WS	-2.937*	3.131	-1.646	1.821	-6.131	2.825
H		5.485**	0.221	2.176	0.903	-6.431
OF			-0.167	-1.589	3.999	-0.985
PS				0.367	-2.885	0.476
Cr					-5.310**	4.114
Sg						2.562

WS= Western Shipper, H =Harper, OF=Orange Flesh, Sg=Summer Gem, PS= Piel de Sapo, Cr=Crane. Significancia: '****' 0.001, '***' 0.01, '*' 0.05.

Como se ha documentado, existe una correlación positiva entre el rendimiento y la eficiencia fotosintética. Han *et al.* (2023) reportaron que, bajo enriquecimiento de CO₂, tanto la conductancia estomática, la tasa fotosintética y la transpiración aumentaron, lo que evidencia una regulación fisiológica que optimiza la eficiencia en el uso del agua y el carbono. En este sentido, los híbridos de melón con valores superiores de ACG y ACE para rendimiento e índices de clorofila en nuestro estudio podrían estar asociados no solo a una mayor concentración de pigmentos, sino a una mejor eficiencia en la asimilación de carbono y uso de recursos.

Evaluación de Calidad

Cuadro 11. Promedios obtenidos de las variables de calidad para los genotipos evaluados.

Genotipo	Días a cosecha	Rend	Malla	Cascara	Color de pulpa	Espesor de Pulpa	°Brix
WSxH	92.963	6.442	4.222	0.467	4.778	3.633	10.467
WSxPS	93.867	7.414	3.444	0.511	4.222	3.056	11.489
HxPS	88.175	8.736	2.444	0.556	3.667	3.044	11.367
HxCr	94.125	7.206	2.444	0.667	3.667	3.378	12.356

WS= Western Shipper, H =Harper, PS= Piel de Sapo, Cr=Crane. Significancia: '****' 0.001, '***' 0.01, '**' 0.05,

Cuadro 12. Cuadrados medios del análisis de varianza para las características de calidad evaluadas.

	gl	DC	PP	REND	DEC	DPOL	MALLA	GC	COLP	ESPUL	DECAV	DPCAV	°Brix
Rep	2	25.6200	0.0257	25.1650	13.2190	47.0600	0.1760	0.0036	0.5833	0.0923	0.5528	8.7850	0.8016
Genotipo	3	23.2400	0.0027	2.7290	5.9260	18.2600	2.2317	0.0221	0.8491	0.24029*	0.5118	3.2790	1.7907
Error	6	49.9100	0.0077	7.5480	9.6070	21.5500	0.5094	0.0172	0.7191	0.0259	0.4000	2.5140	1.1451

gl = grados libertad, DC= Días a cosecha después del transplante, PP = Peso promedio del fruto, REND= Rendimiento t ha⁻¹, DEC= Diámetro ecuatorial del fruto, DPOL=diámetro polar del fruto, MALLA = Cobertura de la malla, GC= Grosor de la cascara, COLP= Color de la pulpa, ESPUL= Espesor de la pulpa, DECAV= diámetro ecuatorial de la cavidad, DPCAV= diámetro polar de la cavidad, °Brix= Contenido de sólidos solubles. Significancia: '****' 0.001, '***' 0.01, '**' 0.05.

En base a los resultados obtenidos del análisis de varianza realizado para las variables de calidad en el fruto (cuadro 12), encontramos que en este caso no existen diferencias estadísticas significativas en la mayoría de las variables, sugiriendo que los genotipos evaluados presentan un comportamiento relativamente similar bajo condiciones de invernadero, debido a que las cruzas evaluadas tienen un progenitor en común. La productividad de cualquier cultivo y en este caso en melón, se clasifica como un carácter cuantitativo complejo, resultado de la interacción de numerosos genes y de la influencia significativa del ambiente (Monge & Loría, 2021).

Sin embargo, pudieron contemplarse diferencias en los frutos; características como el color, textura de la cubierta y firmeza del fruto, tiene una alta influencia de factores genéticos Beaulieu and Lea (2007). En este caso los genotipos evaluados fueron cruzas donde se involucraron melones de tipo exótico como piel de sapo (PS) característico por su forma oval, cubierta lisa y un color verde oscuro con manchas, algunas cruzas como la WSxPS los frutos mostraron un color verde intenso y manchado característico de la piel de sapo y a la vez una ligera malla, características del Western Shipper, presentando codominancia al expresar fenotipos intermedios de ambos progenitores dependiendo de los alelos involucrados en la expresión de esta característica. Contrario a una investigación realizada por Pereira y colaboradores en 2018 donde realizaron la evaluación de calidad en frutos provenientes de una cruce entre dos tipos de melón un Cantalupo x piel de sapo donde el color blanquecino del cantaloupe fue dominante sobre el verde intenso del piel de sapo y donde el moteado de este último fue dominante.

En cuanto a características como el dulzor del fruto, grosor de pulpa y color, está comprobado que puede presentar una heredabilidad baja. Mediante varias investigaciones como las realizadas por Yue y colaboradores en 2023, así como Tzuri *et al.*, (2025), determinaron mediante análisis metagenéticos que es un rasgo donde se tiene una gran variación de forma continua, ya que está ampliamente influenciada por factores como la temperatura, la radiación e

iluminación, tipo de suelo, manejo del cultivo y prácticas que se realicen. En este caso los cuatro genotipos evaluados mostraron un rango muy parecido en cuanto a la dulzura, encontrándose dentro del rango que se considera comercializable según la normatividad y preferencia comercial de cada país Monge y Loria, (2017) (cuadro 11) donde la cruce HxCr mostro un valor de 12.356° Brix; en el caso del color de pulpa, se puede observar un rango de 3.6 a 4.7 entre los genotipos evaluados.

El grosor de la pulpa fue la variable que mostró diferencias significativas entre los genotipos evaluados. El híbrido WSxH presentó mayor grosor de pulpa (3.633 cm), resaltando la buena combinación de los progenitores (Cuadro 13). Esta característica tiene gran importancia en base a la calidad, los mercados suelen preferir frutos con una pulpa más gruesa, ya que ello garantiza un mayor producto comestible para el consumidor. Además, un mayor grosor ha demostrado que genera ventajas en el manejo postcosecha ya que se tiene mayor resistencia a transporte y almacenamiento del fruto Peralta, (2020). Por ello, en base a los resultados obtenidos demuestran que el híbrido WSxH tiene potencial para mejorar este atributo para los mercados.

Cuadro 13. Prueba de Tukey para la variable grosor de pulpa.

Genotipo	Media	
WSxH	3.6333	A
HxCr	3.378	B
WSxPS	3.0557	B
HxPS	3.0443	B

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

La evaluación de estos genotipos al compartir al menos un progenitor puede generarnos la poca variabilidad de las características de calidad, por lo que la evaluación de las cruces derivadas del diseño dialélico en conjunto a los progenitores y en diferentes ambientes, sería conveniente para determinar los mejores genotipos.

CONCLUSIONES

La fertilización órgano- mineral tuvo en efecto positivo en los índices de clorofila en comparación con la fertilización mineral.

Existen diferencias significativas en los genotipos evaluados, evidenciando la variabilidad genética del melón, en la fisiología y el rendimiento del cultivo.

Los genotipos Piel de Sapo y Harper tienen efectos aditivos (ACG) favorables en el rendimiento.

En rendimiento la cruce HxPS mostró resultados sobresalientes, por lo que esta combinación puede considerarse en un programa de mejoramiento para incrementar la producción.

La temperatura foliar está fuertemente influenciada por condiciones ambientales. En caracteres asociados al contenido de clorofila el genotipo Harper tiene una contribución positiva en esta característica al presentar una alta ACG.

Los híbridos HxPS, WSxH, WSxPS, HxCr presentan un comportamiento similar bajo condiciones de invernadero en cuestión de calidad de fruto como peso, color y espesor de la pulpa, dulzura (°Brix), etc.

El genotipo WSxH presentó mayor espesor de pulpa siendo significativamente superior.

LITERATURA CITADA

- Acosta, M. B. 2019. 8 tipos de melones. *EcologíaVerde*.
<https://www.ecologiaverde.com/8-tipos-de-melones-2206.html>.
- Aljaro U.A. 1990. Técnicas de poda para hortalizas en invernadero, tomate, pepino de ensalada, melón [en línea]. *Investigación y Progreso Agropecuario La Platina*. (no. 59) p. 34-41.
- Amzeri A, S, Fatimah S, Pawana G, Sukma K.P. 2024. Análisis de la capacidad combinatoria en híbridos dialélicos de maíz. *SABRAO J. Breed. Genet.* 56(2): 476-492.
<http://doi.org/10.54910/sabrao2024.56.2.3>
- Badami, K., Daryono, B. S., Amzeri, A., & Khoiri, S. (2020). COMBINING ABILITY AND HETEROTIC STUDIES ON HYBRID MELON (*Cucumis melo* L.) POPULATIONS FOR FRUIT YIELD AND QUALITY TRAITS. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*.
<https://doi.org/10.21107/amzeri.2020.3>.
- Beaulieu, J. C. & Lea, J. M. 2007. Quality Changes in Cantaloupe During Growth, Maturation, and in Stored Fresh-cut Cubes Prepared from Fruit Harvested at Various Maturities. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 132(5), 720–728. <https://doi.org/10.21273/JASHS.132.5.720>.
- Brickell, C. D., Baum, B. R., Hetterscheid, W. L. A., Leslie, A. C., McNeill, J., Trehane, P., Vrugtman, F., & Wiersema, J. H. (Eds.). 2004. *International Code of Nomenclature for Cultivated Plants* (7th ed.). International Society for Horticultural Science.
- Castañón N, G., Latournerie. M, L., Mendoza. E, M., & Mendoza, E, J. 2005. Macro de SAS-IML para analizar los diseños II y IV de Griffing. *Uciencia*, 21(41), 27–35.
- Chaparro L. 2021. MANUALES PRÁCTICOS PARA LA ELABORACIÓN DE BIOINSUMOS. Lixiviado de lombriz. Secretaría de Agricultura y

- Desarrollo Rural (SADER) a través de la Estrategia de Acompañamiento Técnico (EAT). Manual #15. pg.6-9.
- Dias, R. de C. S., Pico, B., Espinos, A., & Nuez, F. (2004). Resistance to melon vine decline derived from *Cucumis melo* ssp. *agrestis*: genetic analysis of root structure and root response. *Plant Breeding*, 123(1), 66–72. doi:10.1046/j.1439-0523.2003.00944.x.
- Díaz A. J. M., & Monge P.J. E. (2017). Producción de melón (*Cucumis melo* L.) en invernadero: Efecto de poda y densidad de siembra. *Posgrado y Sociedad Revista Electrónica del Sistema de Estudios de Posgrado*, 15(1), Article 1. <https://doi.org/10.22458/rpys.v15i1.1821>.
- Fornaris R, S. 2006. "El cultivo del melón en Puerto Rico." Estación Experimental Agrícola, Universidad de Puerto Rico.
- García, M.V, P. Cano & J.L Reyes. (2019). Los híbridos de melón tipo Harper tienen mayor calidad y una vida poscosecha más larga que los híbridos comerciales. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 25 (3), 185-197. Publicación electrónica 29 de mayo de 2020. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2019.05.008>
- Golabadi M, Golkar P, Abdolreza E. 2015. Combining ability analysis of fruit yield and morphological traits in greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Canadian Journal of Plant Science* 95(2), 377-385.
- González, T.R., Ramírez, H., & López, L. 2016. Efecto de la poda sobre la calidad y el rendimiento en melón (*Cucumis melo* L.) bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1173–1183.
- Griffing, B. (1956). "Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems." *Australian Journal of Biological Sciences*, 9(4), 463–493.
- Han, X., Sun, Y., Chen, J., Wang, Z., Qi, H., Liu, Y., & Liu, Y. (2023). Effects of CO₂ Enrichment on Carbon Assimilation, Yield and Quality of Oriental Melon Cultivated in a Solar Greenhouse. *Horticulturae*, 9(5), 561. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9050561>.

- Hartl, D.L. 2011. *Essential Genetics: A Genomics Perspective*, fifth ed. Jones & Bartlett, Sudbury, MA.
- H-E-B. (s.f.). Summer Gem: Exclusive H-E-B variety. H-E-B. <https://www.heb.com>
- IFA & FAO. 2002. *Los fertilizantes y su uso: Guía para el uso eficiente de fertilizantes minerales y orgánicos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <https://openknowledge.fao.org>.
- IMM.2019. *Medidor de clorofila FieldScout CM 1000: Especificaciones técnicas*. Instrumentos de Medición y Monitoreo. Recuperado de GIS Ibérica.
- Jeffrey, C. (1980). *A review of the Cucurbitaceae*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 81(3), 233-247.
- Liu, Z., Jiang, J., Ren, A., Xu, X., Zhang, H., Zhao, T., Jiang, X., Sun, Y., Li, J., & Yang, H. (2021). Heterosis and Combining Ability Analysis of Fruit Yield, Early Maturity, and Quality in Tomato. *Agronomy*, 11(4), 807. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040807>.
- Lopes, MS. y Reynolds, MP. (2010) Partitioning of assimilates to deeper roots is associated with cooler canopies and increased yield under drought in wheat. *Functional Plant Biology* 37, 147–156.
- Maraña Santacruz, M. A., E. Castellanos Pérez, C. Vázquez Vázquez, J. J. Martínez Ríos, H. I. Trejo Escareño, M. Á. Gallegos Robles e I. Orona Castillo. 2018. Rendimiento de chile jalapeño con lixiviado de lombriz con dos métodos de riego. *Terra Latinoamericana* 36: 345-354.
- Mishra, D. K., Singh, B., Chakraborty, M., Verma, N., Surin, S. S., & Mishra, S. K. (2024). Combining Ability and Heterosis in Maize (*Zea mays* L.) Inbred Lines. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(6), 943–954. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i62112>.
- Monge P, J. E., & Loría C. M. 2021. Evaluación de diez genotipos de melón cultivados bajo invernadero. *Ciencia Y Tecnología*

Agropecuaria, 22(3), e2178.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num3_art:2178.

- Monostori, I.T. Árendás, Hoffman, G. Galiba, K. Gierczik, F. Szira. 2016. Relationship between SPAD value and grain yield can be affected by cultivar, environment and soil nitrogen content in wheat. *Euphytica* **211**, 103–112. <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1741-z>.
- Montgomery, K.H, Elhabashy, A., M del C, Reynoso, M Gurreet B, Krishnan V.V. 2024. Metabolómica de RMN como herramienta complementaria a las pruebas de acidez-Brix para el control de calidad de naranjas Navel en almacenamiento refrigerado a largo plazo. *Sci Rep* **14**, 30078. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77871-z>.
- Nataša L, Sofija P, Miodrag D, Hristov N, Vukosavljev M, Srećkov Z. 2014. Diallel Analysis for Spike Length in Winter Wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **2**, 1455-1459.
- Nelson JA, Bugbee B. Analysis of Environmental Effects on Leaf Temperature under Sunlight, High Pressure Sodium and Light Emitting Diodes. *PLoS One*. 2015 Oct 8;10(10):e0138930. doi: 10.1371/journal.pone.0138930. PMID: 26448613; PMCID: PMC4598144.
- Núñez, P. H, G., Cantliffe, D. J., & Huber, D. J. 2008. "Mejoramiento genético del melón: Avances y perspectivas." *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(1), p.1-12.
- Ogbu V.O, Ogbonna P.E, Onyia V.N, Okechukwu E.C. 2016. Yield improvement of Egusi melon (*Colocynthis citrillus* L.) through intergeneric hybridization with watermelon (*Citrillus lanatus* L.). *Journal of Animal and Plant Sciences* **26**(5):1291-1297.
- Pandey, S., Kashyap, S. K., Jha, A., Choudhary, B. R., Kumar, S., Singh, D. K., & Rai, M. 2009. Inter-trait association and genetic variability

- assessment in snap melon (*Cucumis melo* var. *momordica*). *Indian Journal of Plant Genetic Resources*, 22(2), 113–116.
- Peralta A.J.J. 2020. Producción y calidad de melón tipo “Harper” a diferentes distancias entre plantas. Tesis de grado académico de Licenciatura. Zamorano, Honduras.
- Pereira, L., Ruggieri, V., Pérez, S. *et al.* QTL mapping of melon fruit quality traits using a high-density GBS-based genetic map. *BMC Plant Biol* **18**, 324 (2018). <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1537-5>.
- Pino V., E. Montalván D., I. Vera M., & Ramos F, L. 2019. La conductancia estomática y su relación con la temperatura foliar y humedad del suelo en el cultivo del olivo (*Olea europaea* L.), en período de maduración de frutos, en zonas áridas. La Yarada, Tacna, Perú. *Idesia (Arica)*, 37(4), 55-64. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000400055>
- Pitrat, M., Hanelt, P., & Hammer, K. 2000. *Some comments on infraspecific classification of cultivars of melon*. CABI Digital Library. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20133109905>
- Quesada, D. G., Obando, J. S., & Montero, A. V. 2019. Impacto del desbalance en los tamaños de muestra por tratamiento sobre el desempeño de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. *SERENQUETI*, 38.
- Reche Mármol, J.2009. *Poda en el cultivo de melón tipo cantaloupe (Cucumis melo L.) bajo crecimiento rastrero en la zona Pacífico Central de Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Redacción, & Redacción. (2023). MELON. Editorial de Riego. <https://www.editorialderiego.com/2023/10/melon/>.
- Reynolds M.P., Pask A.J.D., Mullan D.M. y Chávez-Dulanto P.N.2013. *Fitomejoramiento Fisiológico I: Enfoques Interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo*. México, D.F. CIMMYT.

- Rojas, B. A. 1968. Diseño y análisis de cruzas dialélicas. *Agrociencia*, 3(1), 77–86.
<http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/1936>.
- Rojas, J.K. 2022. Ciencia de Datos para Ciencias Naturales. Transformación, Estandarización e Imputación de Datos. https://bookdown.org/keilor_rojas/CienciaDatos/.
- Rubín, D. B. 1987. *Multiple Imputation for Nonresponse in Surveys*. John Wiley & Sons.
- Saavedra G, C., Delfina, P.L., Andrés G.H, Franco M, J. Ramón P, Rubí A.M, & José F.R.D. (2021). Métodos de Griffing: revisión sobre su importancia y aplicación en fitomejoramiento convencional. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(7), 1275-1286.
- Sebastián, P., Schaefer, H., Telford, I. R. H., & Renner, S. S. (2010). "Cucumber and melon have their wild progenitors in India, and the sister species of *Cucumis melo* is from Australia." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(32), 14269–14273.
- Servín, V.P.A. 2024. Efectos de la poda sobre el rendimiento y calidad de fruto del cultivo de melón en el distrito de Pilar. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. Vol.8.No.2. pp. 2886-2894.
- Soto Bravo, F., & Angulo Guillén, M. A. (2024). Concentración de nitrógeno y clorofila en hojas de chile dulce hidropónico en invernadero bajo diferentes estrategias de manejo del riego y la nutrición. *Agronomía Costarricense*, 48(1), 39–56.
<https://doi.org/10.15517/rac.v48i1.59126>
- Sprague, G. F., & Tatum, L. A. (1942). *General vs. Specific Combining Ability in Single Crosses of Corn 1*. *Agronomy Journal*, 34(10), 923.
- Tzuri G, Dafna A, Itzhaki B, Halperin I, Oren E, Isaacson T, Faigenboim A, Yeselson Y, Paris HS, Mazourek M, Burger J, Schaffer AA, Gur A. Meta genetic analysis of melon sweetness. *Theor Appl Genet*. 2025 Mar 11;138(4):68. doi: 10.1007/s00122-025-04863-6. PMID: 40067361; PMCID: PMC11897113.

- United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, National Genetic Resources Program (USDA). 2011. *Cucumis melo* L. [Taxon profile]. Germplasm Resources Information Network (GRIN). Retrieved from <https://plants.usda.gov/classification/68891>.
- Valdenegro, M. (2005). "Caracterización de melones (*Cucumis melo* L.) de la colección INIA." *Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chile*.
- Van. B, S., & G. Oudshoorn, K. (2011). *mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R*. *Journal of Statistical Software*, 45(3), 1–67. <https://doi.org/10.18637/jss.v045.i03>.
- Vinuesa, P. 2016. Regresión lineal simple y polinomial: teoría y práctica. CCG-UNAM.Vo.7. https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema9_regresion.html.
- Yue W, Chen S, Gao L, et al. (2023) Efectos del acoplamiento de agua y nitrógeno en el rendimiento, la calidad y la eficiencia del uso de agua y nitrógeno en el melón de invernadero. *Water (Suiza)* 15:. 10.3390/w15142603.
- Zhang, A. W., & Kang, M. S. (1997). "DIALLEL-SAS: A SAS program for Griffing's *traits*. *Nature Genetics*. doi:10.1038/s41588-019-0522-8.
- Zhao, G., Lian, Q., Zhang, Z., Fu, Q., He, Y., Ma, X., & Fei, Z. 2019. A comprehensive genome variation map of melon identifies multiple domestication events and loci influencing agronomic traits. *Nature Genetics*, 51(11), 1607–1615. <https://doi.org/10.1038/s41588-019-0522-8>.