UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

Efectos de *Meloidogyne spp* y del injerto del melón *Cucumis metuliferus* sobre la calidad del melón tipo Cantaloup

Trabajo final de grado
Ingeniería Alimentaria

Autora:

Judit Ramos González

Tutoras:

Montserrat Pujolà Cunill

Isabel Achaerandio Puente

Castelldefels, julio 2016

RESUMEN

El presente trabajo, tiene por objetivo estudiar el efecto de *Meloidogyne spp*, y del injerto en el melón Cantaloup. Para ello se compararon diferentes tratamientos usando plantas sin injertar e injertadas sobre *Cucumis metuliferus*, y la presencia o no de *Meloidogyne spp* y se evaluó su efecto sobre algunos parámetros de calidad del melón. Se analizaron diferentes parámetros físico-químicos (pH, SST, IM, acidez, MS, MM y contenido de Na, Mg, Ca, Fe y K) así como, color, textura y calibres y pesos de los melones cosechados. Según los resultados obtenidos, se ha constatado que la presencia de nematodos influye negativamente y de forma significativa en todos los parámetros estudiados. En contraposición, la práctica de injerto, mejoró la producción y tuvo repercusiones significativas sobre el pH, SST, contenido mineral, además del peso y los parámetros geométricos del melón (diámetro lateral mayor, diámetro lateral inferior y longitud). En cambio, tanto el injerto como la presencia de *Meloidogyne spp* influenciaron significativamente sobre la firmeza de la fruta. En general, los tratamientos que mejores resultaron dieron, fueron los injertados. Por todo ello, podemos concluir que injertar el melón con la variedad resistente *Cucumis metuliferus*, es una buena práctica para mantener y mejorar las características de calidad del melón, a los ataques de *Meloidogyne spp*.

Palabras clave: color, textura, parámetros geométricos, contenido mineral, índice de madurez.

RESUM

Aquest treball té per objectiu estudiar l'efecte de *Meloidogyne spp*, i de l'empelt en el meló Cantaloup. És per això, que es van comparar diferents tractaments utilitzant plantes sense empelt i empeltats sobre *Cucumis metuliferus*, això com la presència o no, de *Meloidogyne spp* i es va avaluar el seu efecte sobre alguns paràmetres de qualitat del meló. Es van analitzar diferents paràmetres físico-químics (pH, SST, acidesa, MS, MM i contingut de Na, Mg, Ca, Fe i K) així com, color, textura i calibratges i pesos dels melons collits. Segons els resultats obtinguts, es va constatar que la presència de nematodes influeixen negativament i de forma significativa en tots els paràmetres estudiats. En contraposició, la pràctica d'empelt va millorar la producció i va tenir repercussions significatives sobre el pH, SST, contingut mineral, a més a més dels pesos i dels paràmetres geomètrics del meló (diàmetre lateral major, diàmetre lateral menor i longitud). En canvi, tant l'empelt com la presència de nematodes van influenciar significativament sobre la fermesa de la fruita. En general, els tractaments que van donar millors resultats, van ser els empeltats. Amb tot això, podem concloure que empeltar el meló amb la varietat resistent *Cucumis metuliferus*, és una bona pràctica per mantenir i millorar les característiques de qualitat del meló, als atacs per *Meloidogyne spp.*

Paraules clau: color, textura, paràmetres geomètrics, contingut mineral, índex de maduresa.

ABSTRACT

The main objective of this work is to study the effect of *Meloidogyne spp* and grafting onto melon var. Cantalupensis. For this reason, we compared different treatments using plants without graft and grafting plants onto *Cucumis metuliferus*, and the presence or absence of *Meloidogyne spp* into some melon quality parameters. We analyzed several physical and chemical parameters (pH, SST, acidity, MS, MM and content of Na, Mg, Ca, Fe and K), as well as, color, texture and weights and calibration of the harvested melons. According to the results, it was found that the presence of nematodes had a negative and significant effect on all studied parameters. On the contrary, the practice of grafting, improved the production and it had significates repercussion on pH, SST, mineral content, as well as weights and geometric parameters (major lateral diameter, minor lateral diameter and length). Nevertheless, both the graft and the presence of nematodes influenced significantly on the firmness of the fruit. In general, the treatments that had better results were the grafted. We can conclude that the grafted melon with the resistant variety *Cucumis metuliferus*, is a good practice to maintain and improve the quality melon characteristics, to attack by *Meloidogyne spp.*

Key works: color, texture, geometric parameters, mineral content, ripening rate.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS 6

ÍNDICE DE TABLAS 7

ÍNDICE DE GRÁFICOS 9

AGRADECIMIENTOS 10

1. INTRODUCCIÓN 11

1.1. DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO DE MELÓN 11

1.2. EL MELÓN CANTALOUP: COMPOSICIÓN NUTRICIONAL 12

1.2.1. EXIGENCIAS CLIMÁTICAS Y EDAFOLÓGICAS DEL MELÓN CANTALOUP 13

1.2.2. PLAGAS Y ENFERMEDADES MÁS FRECUENTES 13

1.3. NEMATODO *MELOIDOGYNE INCOGNITA* Y SUS EFECTOS EN EL CULTIVO DEL MELÓN 16

1.4. EL USO DEL INJERTO EN EL MELÓN 18

2. OBJETIVOS 21

3. MATERIALES Y MÉTODOS 22

3.1. MATERIAL VEGETAL 22

3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL 22

3.2.1. FERTILIZACIÓN Y RECOLECCIÓN 24

3.3. MÉTODOS ANALÍTICOS 25

3.3.1. CALIBRE Y PESO 25

3.3.2. ACIDEZ TITULABLE 25

3.3.3. pH 26

3.3.4. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (ºBRIX) 26

3.3.5. MATERIA SECA 26

3.3.6. DETERMINACIÓN DE COLOR 26

3.3.7. DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA 27

3.3.8. DETERMINACIÓN DE LA MATERIA MINERAL 27
3.3.9. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO 27

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 28
4.1. PRODUCCIÓN ACUMULADA DE UNA PLANTACIÓN DE MELÓN CANTALOUP. 28
4.2. EFECTO SOBRE EL CALIBRE Y PESO DE MELÓN POR LA PRESENCIA DE *MELOIDOGYNE SPP* E INJERTO DE PLANTA. 29
4.3. EFECTO DE *MELOIDOGYNE SPP* E INJERTO SOBRE EL COLOR DEL EPICARPIO Y MESOCARPIO DE MELÓN CANTALOUP. 31
4.3.1. COLOR DE LA CORTEZA. 31
4.3.2. COLOR DE LA PULPA. 32
4.3.3. ÍNDICE DE COLOR. 34
4.4. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL INJERTO Y LA PRESENCIA DE NEMATODOS SOBRE PH, IM, SST Y ACIDEZ DEL MELÓN. 36
4.5. EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS DE FIRMEZA DE LA PULPA DEL MELÓN CAUSADO POR LA PRESENCIA DE *MELOIDOGYNE SPP* E INJERTO. 37
4.6. EFECTO DE LA PRESENCIA DE *MELOIDOGYNE SPP* E INJERTO EN LA MATERIA SECA Y CONTENIDO MINERAL DEL MELÓN. 38
4.7. CORRELACIONES ENTRE PARÁMETROS 41

5. CONCLUSIONES 43

BIBLIOGRAFÍA 45

WEBS REFERENCIADAS 48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: a) *Raíz de planta de melón a los 40 días de su plantación;* ***b)*** *Sistema aéreo.* _____ 11

Figura 2: *Tipos de melones.* _____ 12

Figura 3: *Melón Cantaloup.* _____ 12

Figura 4: **a)** *Estructura del nematodo.* **b)** *Ciclo biológico de Meloidogyne incognita.* _____ 16

Figura 5: *Ejemplo de nódulos en las raíces producidos por nematodos Meloidogyne incognita*, en el cultivo *de melón Cantaloup en l'Agròpolis).* _____ 18

Figura 6: *Porta-injertos.* _____ 22

Figura 7: *Diseño experimental empleado en el invernadero de l'Agròpolis.* _____ 23

Figura 8: *Medidas utilizadas para calcular las dimensiones del melón Cantaloup.* _____ 25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: *Composición nutricional del melón variedad Cantaloup en 100g de fruta comestible.* __ 13

Tabla 2: *Plagas que afectan a las cucurbitáceas, en especial a la planta del melón Cantaloup.* __ 14

Tabla 3: *Enfermedades que afectan a las cucurbitáceas, en especial a la planta del melón Cantaloup.* 15

Tabla 4: *Estudios sobre el efecto del injerto en parámetros de calidad de cucurbitáceas.* 20

Tabla 5: *Período de aplicación de fertilización para el cultivo de melón Cantaloup.* 24

Tabla 6: *Distribución de las cosechas del cultivo de primavera y verano.* 24

Tabla 7: *Densidades de nematodos inoculados por parcela a 250cc del suelo.* 29

Tabla 8: *Análisis descriptivo de los parámetros geométricos y pesos del melón Cantaloup.* 30

Tabla 9: *Efecto del injerto y la presencia de nematodos sobre los parámetros geométricos y pesos del melón.* 30

Tabla 10: *Evaluación de los parámetros de color del epicarpio del melón Cantaloup, comparando entre tratamientos y entre cultivos.* 31

Tabla 11: *Efecto del injerto y la presencia de nematodos sobre los parámetros de color del epicarpio del melón Cantaloup en ambos cultivos* 32

Tabla 12: *Comparación de medias de los parámetros de color de la pulpa del melón Cantaloup entre cultivos.* 34

Tabla 13: *Efecto del injerto y de la presencia de nematodos sobre los parámetros de color de la pulpa del melón Cantaloup del cultivo de primavera y verano.* 34

Tabla 14: *Índice de color de la corteza y de la pulpa del melón Cantaloup, diferenciado por cultivo y tratamientos.* 35

Tabla 15: *Efecto de la interacción injerto-nematodo sobre los parámetros pH, SST, IM y acidez de los melones Cantaloup, diferenciado entre tratamientos y cultivos.* 36

Tabla 16: *Efecto del injerto y de los nematodos sobre los parámetros de pH, SST, IM y acidez de los melones Cantaloup en ambos cultivos.* 37

Tabla 17: *Contenido de materia seca, materia mineral y minerales de los melones Cantaloup, diferenciado entre tratamientos y cultivos.* 40

Tabla 18: *Efecto del injerto y de la presencia de nematodos sobre materia seca, materia mineral y minerales de los melones Cantaloup del cultivo de primavera y verano.* 40

Tabla 19: *Coeficientes de correlación de Pearson (p<0,05) de diferentes parámetros evaluados en la fruta del melón en ambos cultivos.* 42

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: *Producción acumulada (g) de melón Cantaloup, en los dos cultivo.* _____ 28

Gráfico 2: *Valores de la luminosidad, el Chroma y el Hue de la pulpa del melón Cantaloup, en los dos cultivos en función de los tratamientos realizados.* _____ 33

Gráfico 3: *Evaluación de la firmeza de la pulpa del melón Cantaloup, en los dos cultivos en función de los tratamientos realizados.* _____ 38

AGRADECIMIENTOS

Finalizado este trabajo de investigación, me doy cuenta del tiempo transcurrido, de todo lo vivido, aprendido, con risas, llantos e inquietudes que ha merecido la pena y me ha dado la fuerza para llegar al final de mi meta.

Por ello me gustaría hacer hincapié en la generosa ayuda obtenida en todo momento y su asesoramiento vital de mi profesora y tutora Montserrat Pujolà Cunill.

Agradecer el tiempo que me ha prestado mi tutora Isabel Achaerandio Puente y al profesor Francesc Xavier Sorribas Royo.

No puedo obviar todo el apoyo, ayuda y tiempo compartido de mis compañeras y amigas Sandra Nogales y Laura Bonet.

Por último y no menos importante, agradecer a mi madre y hermano que me han animado y sacado una sonrisa en los malos momentos.

1. Introducción

1.1. Descripción del cultivo de melón

El melón es una planta herbácea con ciclo de vida anual, perteneciente a la familia *Cucurbitaceae*. Se divide en dos subespecies, subsp. *melo* y subsp. *agrestis*. La primera incluye variedades *inodorus* y los de tipo cantaloup, pertenecientes a la variedad *cantalupensis* y *reticulatuses*. La subsp. *agrestis*, por otro lado, incluye varias variedades botánicas *agrestis, conomon, momordica, chinesis, makuwa*, etc (Fita *et al.,* 2011).

Presenta un porte rastrero que se desarrolla a ras de suelo y suele emitir raíces adventicias a medida que progresa (figura 1a). El tallo principal es herbáceo, está recubierto de formaciones pilosas y presenta aristas de color verde. Está compuesto de 3 a 5 ramificaciones que parten de las axilas de las hojas, en donde se desarrollan hojas, zarcillos y flores. Dichas ramificaciones pueden presentar longitudes de 1,0 a 4,0 metros (figura 1b) (Sarita, 1995).

Figura 1: a) *Raíz de planta de melón a los 40 días de su plantación;* ***b)*** *Sistema aéreo.*
*(**a)** Mármol, 2008. Cultivo del melón en invernadero. Junta de Andalucía; **b)** Fotografía del cultivo de melón Cantaloup (Agròpolis).)*

La planta del melón presenta flores solitarias pudiendo tener uno (masculino o femenino) o ambos sexos en la misma flor (hermafrodita). Las masculinas son pequeñas y se encuentran agrupadas en números de 3 a 5; son las primeras en aparecer sobre los entrenudos más bajos, mientras que las femeninas y hermafroditas son mayores que las masculinas y se presentan solitarias, en el extremo de unos pedúnculos cortos y vigorosos en las ramificaciones de segunda y tercera generación.

La polinización puede ser cruzada o por autopolinización y es realizada mayormente mediante la intervención de insectos, como abejas, trips y hormigas. La polinización cruzada se da fácilmente

en las diferentes variedades, siendo generalmente mayor en las de tipo Cantaloup (70-80%) que en las de tipo Honey Dew (65-70%) (Sarita, 1995).

El fruto puede ser de forma variable (esférica, elíptica, aovada, etc.); la corteza de color verde, amarillo, anaranjado, blanco, etc., puede ser lisa, reticulada o estriada. La pulpa también puede tener diferentes coloraciones que van del blanco al verdoso o anaranjado (figura 2).

Figura 2: *Tipos de melones.*
(http://www.horticulturablog.com/2013/05/produccion-y-comercio-de-melones.html)

1.2. El melón Cantaloup: composición nutricional

El melón Cantaloup (*Cucumis melo L. var Cantalupensis Naud*) presenta frutos precoces (85-95 días), esféricos, ligeramente aplastados, de pesos comprendidos entre 700 y 1200 gramos, de piel fina y pulpa de color naranja (figura 3), dulce y de aroma característico (Nevado, 1987). El rango óptimo de sólidos solubles para la recolección oscila entre 12 y 14ºBrix, ya que por encima de 15ºBrix la conservación es bastante corta.

Figura 3: *Melón Cantaloup.*
(Fotografía del cultivo de melón Cantaloup de l'Agròpolis).

El principal componente de la pulpa es agua, alcanzando hasta un 90% del peso total. No contiene apenas grasas ni proteínas, siendo los azúcares el compuesto mayoritario (7,86% del peso total). Esto hace del melón una de las frutas con menor contenido calórico.

De los componentes bioactivos destacan las vitaminas C, B6, B1 y folatos. En su composición mineral destacan el hierro, el potasio, el magnesio, el calcio, el sodio y el fósforo, siendo mayoritario el potasio (tabla 1).

Tabla 1: *Composición nutricional del melón variedad Cantaloup en 100g de fruta comestible.*

Parámetro		Minerales		Vitaminas	
Agua (g)	90,15	Calcio (mg)	9	Vitamina C (mg)	36,7
Energía (kcal)	34	Hierro (mg)	0,21	Vitamina B1 - tiamina (mg)	0,041
Proteínas (g)	0,84	Magnesio (mg)	12	Vitamina B2 - riboflavina (mg)	0,019
Grasas totales (g)	0,19	Fósforo (mg)	15	Vitamina B3 - niacina (mg)	0,734
Carbohidratos (g)	8,16	Potasio (mg)	267	Vitamina B6 - piridoxina (mg)	0,072
Fibra total (g)	0,9	Sodio (mg)	16	Folatos (µg)	21
Azúcar total (g)	7,86	Zinc (mg)	0,18	Vitamina A (UI)	3382
				Vitamina E (mg)	0,05
				Vitamina K (µg)	2,5

USDA (Departamento de Agricultura de USA-National Database)

1.2.1. Exigencias climáticas y edafológicas del melón cantaloup

El melón cantaloup es de climas cálidos y no excesivamente húmedos. La temperatura óptima para su desarrollo oscila entre 20ºC y 25ºC. Es poco exigente en cuanto a humedad del suelo en la etapa de maduración, y más exigente en la fase de engrosamiento del fruto. Con humedades relativamente altas aparecen enfermedades criptogámicas (Nevado, 1987). La luz sólo perjudica a la planta cuando va acompañada de exceso de calor. El fotoperiodo junto con la temperatura incide tanto en el crecimiento de la planta, como en la inducción floral, la fecundación de las flores y el ritmo de absorción de los elementos nutritivos.

Según el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina, la planta del melón se adapta a diferentes tipos de suelos, pero para su mayor desarrollo requiere de suelos con consistencia media de textura franco-arenosa, bien aireados, con buen drenaje y ricos en materia orgánica. Deben evitarse suelos muy húmedos y/o arcillosos ya que presentan problemas de drenaje y encharcamiento, tampoco le convienen los suelos salinos ya que, puede reducirse la producción si la salinidad del suelo sobrepasa los 5 dS/m.

1.2.2. Plagas y enfermedades más frecuentes

El melón cantaloup es un cultivo que está expuesto al ataque de diferentes plagas y enfermedades que afectan directamente a la producción y a la parte estética de los frutos con

repercusiones en la calidad de los mismos (tabla 2) (Gómez *et al.,* 1982; Obregón, 2006; Antón, 2014; Nevado, 1987; Zamora *et al.,* 1992).

Tabla 2: *Plagas que afectan a las cucurbitáceas, en especial a la planta del melón Cantaloup.*

Plaga	Daño	Foto
Mosca blanca *(Trialeurodes vaporariorum)* **Grupo:** Hemíptero	– Entorpece el crecimiento de la planta – Reducción de la calidad. – Disminución de sólidos solubles y cantidad de fruta.	 *(http://agriculturers.com/todo-sobre-la-mosca-blanca-de-los-invernaderos-trialeurodes-vaporariorum/).*
Araña roja *(Oligonychus mexicanus)* **Grupo:** Ácaro	– Decoloraciones. – Desecación e incluso defoliación.	 *(http://jardineriaonline.blogspot.com.es/2012/03/arana-roja-tetranicus-urticae.html).*
Pulgón *(Aphis gossypii Glover)* **Grupo:** Hemíptero	– Marchitez y decoloración de la hoja. – Pérdida de vigor. – Disminución del crecimiento – Eventualmente muerte de la planta.	 *(http://www.nbair.res.in/Aphids/Aphis-gossypii.php)*
Minador de la hoja *(Liriomyza spp).* **Grupo:** Díptero	– Reducción de la eficacia fotosintética. – Defoliación. – Reducción del rendimiento y tamaño del fruto.	 *(http://www.horticom.com/pd/imagenes/54/164/54164.html).*
Trips *(Frankliniella occidentalis)* ***Grupo:*** Tisanópteros	– Manchas plateadas en las hojas y posterior necrosis – Si la infección es muy alta puede dañar el fruto. (cicatrices en la superficie además de deformaciones). – Retraso generalizado del crecimiento de la planta.	 (Zamora *et al.,* 1992)

En lo referente a las enfermedades, sus síntomas tienen una alta incidencia sobre el follaje, mientras que otras afectan a raíces y tallos (tabla 3) (Gómez *et al.,* 1982; Obregón, 2006; Antón, 2014; Nevado, 1987).

Tabla 3: *Enfermedades que afectan a las cucurbitáceas, en especial a la planta del melón Cantaloup.*

Enfermedad	Daño	Foto
Mildiu velloso *(Pseudonospora cubensis).* **Grupo:** Hongo	– Aparición de manchas amarillas irregulares en las hojas. – Reducción del contenido de sólidos solubles. – Disminución de la calidad del fruto.	 *Daños causados por Mildiu velloso (Pseudonospora cubensis). (https://elhuerto20.wordpress.com/tag/erysiphe-cichoracearum/).*
Oido o ceniza *(Erysiphe cichoracearum y Sphaerotheca fuliginea).* **Grupo:** Hongo	– Aparición de manchas cloróticas en las hojas. – Defoliación. – Producción de quemaduras por el sol en los frutos debido a la falta de follaje.	 *Daños causados por Oido o ceniza (Erysiphe cichoracearum y Sphaerotheca fuliginea). (https://elhuerto20.wordpress.com/tag/erysiphe-cichoracearum/)*
Antracnosis *(Colletotrichum lagenarium).* **Grupo:** Hongo	– Aparición de manchas amarillentas circulares en las hojas. – Producción de marchitez en las guías. – Aparición de lesiones hundidas circulares y negras de 1-2cm ϕ en el fruto.	 *Daños causados por Antracnosis (Colletotrichum lagenarium). (https://www.ncsu.edu/project/cucurbitkeys/Anthracnose.htm).*
Marchitez por *Fusarium* *(Fusarium oxyporum sp.).* **Grupo:** Hongo	– Marchitez temprana del fruto (marchitez "wilt"). – En tallos se observan estrías necróticas longitudinales. – Producción de amarillez en las hojas (marchitez "yellow").	 *Marchitez por Fusarium (Fusarium oxyporum sp.). (http://www.fitodiagnostico.com/Elemento/4f87048233bd4799a60737ca1ac27218)*
Nematodos (*Meloidogyne incognita*). **Grupo:** Thylenchida	– Aparición de nódulos en las raíces. – Reducción del crecimiento de la planta. – Marchitez, clorosis y enanismo.	 *Daños causados por nematodos (Meloidogyne incognita). (Fotografía cultivo melón de Agròpolis)*

1.3. Nematodo *Meloidogyne incognita* y sus efectos en el cultivo del melón

El nematodo *Meloidogyne incognita* es un parásito obligado, requiere de un hospedero susceptible para crecer, alimentarse y reproducirse. Según su alimentación, se clasifica en nematodo endoparásito sedentario ya que, penetra totalmente en la raíz y tiene un sitio fijo de alimentación. Su ciclo de vida presenta 6 etapas (figura 5): huevo, cuatro estadios larvarios o juveniles (J1-J4) y adultos, delimitados por sucesivas mudas. (Pinochet *et al.,* 1990).

1. Los huevos se encuentran en una matriz gelatinosa (ooteca) adheridos a la raíz o en el suelo.
2. El huevo eclosiona dando lugar al primer estadio juvenil (J1).
3. Se produce la primera muda dentro del huevo, dando lugar al segundo estadio larvario (J2) siendo este, el estadio infectivo.
4. La larva deja la masa de huevos y busca una raíz para alimentarse y reproducirse.
5. Con el estilete perforan las células epidérmicas e inyectan secreciones de sus glándulas esofágicas, causando la formación de células gigantes y por consecuente la aparición de agallas.
6. La larva va alimentándose y aumenta de tamaño, pasando a través de sucesivas mudas a larva de tercera fase (J3) y cuarta fase (J4).

La duración del ciclo de vida varía según hospedador, especie de nematodo y condiciones ambientales. En hospedadores favorables y suelos cálidos (25-30ºC), el ciclo de vida dura de 3 a 4 semanas (Parrilla, 1984).

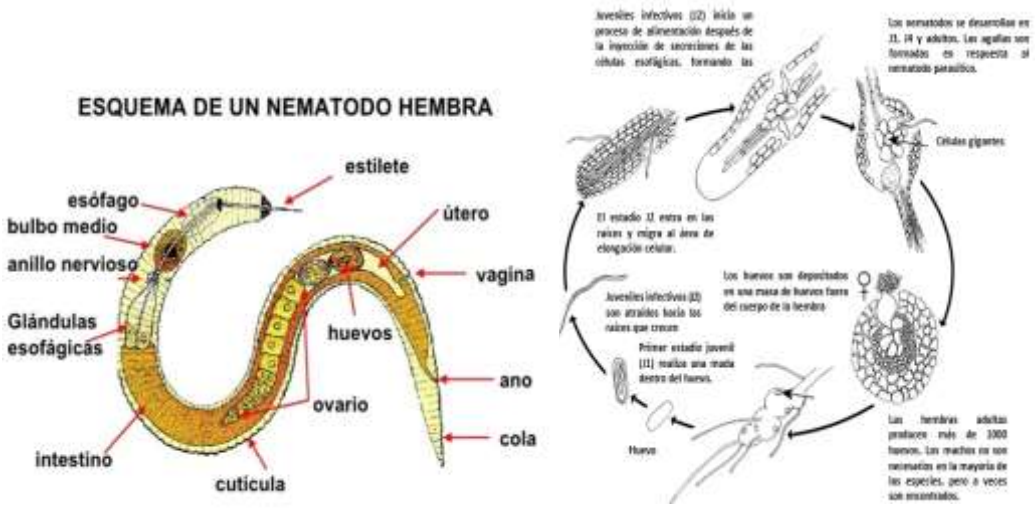


Figura 4: **a)** *Estructura del nematodo.* **b)** *Ciclo biológico de Meloidogyne incognita.*

(**a)** *http://es.slideshare.net/AVJEICA/nematodos-9030188.*
b) *http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/Nematodes/Pages/RootknotNematodePort.aspx).*

El desarrollo de las larvas y la reproducción de los nematodos en las raíces, vienen determinados por su habilidad para interaccionar compatiblemente con el hospedero. Se diferencian dos tipos de plantas, plantas hospederas, en la cual el nematodo infecta, se desarrolla y se reproduce, y las plantas no hospederas, en la cual no se reproduce (Taylor *et al.,* 1983). De plantas hospederas, hay diferentes grupos: susceptibles, resistentes y pobres, además de sensibles y tolerantes, en función de la mayor o menor habilidad que tenga el nematodo de reproducirse y de afectar al desarrollo de la planta. La planta de melón, es una hospedera susceptible.

Se presentan muchos grados de susceptibilidad, pero las más importantes son las altamente y moderadamente susceptibles (la reproducción del nematodo es normal, es decir, un gran porcentaje de las larvas logran el estadio adulto como hembras, produciendo muchos huevos). Las plantas que son menos que moderadamente susceptibles son llamadas resistentes (acorde con el porcentaje de reproducción entre 50% y 2%, según la resistencia).

1.3.1.1. Efecto del ataque de *Meloidogyne spp* sobre el crecimiento de las plantas

Un factor limitante en los cultivos de melones reticulados, es la incidencia de nematodos del grupo *Meloidogyne*. Los daños manifestados en la parte aérea de la planta son, amarillez y reducción de las hojas (Galatti *et al*., 2013), crecimiento escaso, acortamiento de la vida útil de las plantaciones y disminución del tamaño y calidad de las frutas. En el sistema radicular, se presentar deformaciones y acortamientos de las raíces, tienen menos raíces laterales y menos pelos radiculares, provocando la rotura y la deformación de los elementos vasculares en los nódulos, interrumpiendo mecánicamente el flujo normal de agua y nutrientes. También produce la disminución de la eficiencia radicular (paralización del crecimiento y marchitez en climas secos) (Taylor *et al.,* 1983).

El daño asociado con los nematodos endoparásitos sedentarios, son los cambios en la anatomía y fisiología de los tejidos asociados, causados por las sustancias secretadas por el nematodo y probablemente por las sustancias producidas por la reacción de la planta. En el tejido vascular, las células radicales se transforman en células gigantes multinucleadas cuya función es transferir nutrientes al nematodo. Los productos elaborados en la fotosíntesis son movilizados a estas células en las raíces, por lo que es afectado el desarrollo y rendimiento de la planta. Los tejidos radicales alrededor del nematodo y de las células gigantes, sufren hipertrofia e hiperplastia, resultando en la formación de agallas (figura 5) (Rivera, 1999). Estos pueden ser de tamaño

variables, de forma redondeada o amorfa. En las raíces muy pequeñas, los nódulos pueden ser de 1 a 2 mm de diámetro y en las raíces de 1 centímetro o más. Los nudos grandes pueden contener más de una hembra, en cambio, los pequeños solos pueden contener una hembra.

Figura 5: *Ejemplo de nódulos en las raíces producidos por nematodos Meloidogyne incognita*, en el cultivo *de melón Cantaloup en l'Agròpolis).*

La mayor parte del daño que los nematodos causan a la plantas está relacionado con el proceso de alimentación, pues disminuye la capacidad de las raíces para captar y transportar nutrientes al resto de la planta, traduciéndose en un debilitamiento general y en pérdidas de producción (Talavera, 2003).

En un estudio de Kumar *et al*., (2014), sobre el contenido de proteína y azúcares en calabaza amarga (*Momordica charantia*), encontraron un aumento en los niveles de azúcar en la cuarta semana, que coincide con la formación de agallas en el tejido de la raíz causado por el nematodo, indicando una mayor afluencia de azúcares en el tejido atacado, para proporcionar nutrición a los nematodos para su crecimiento y supervivencia. *Meloidogyne* infecta la planta, provocando una disminución de azúcares en la fruta ya que, los absorbidos por el sistema radicular son utilizados mayoritariamente como fuente de energía por los nematodos.

1.4. El uso del injerto en el melón

El injerto, como método de manejo de patógenos y parásitos del suelo tiene, como finalidad, obtener una planta sana y con determinadas características (por ejemplo, un aumento del tamaño del fruto) al evitar el contacto de la planta sensible con estos organismos. En los sistemas de producción protegidos de hortalizas se utiliza esta técnica en solanáceas (tomate, pimiento y berenjena) y cucurbitáceas (melón, pepino y sandía) para combatir enfermedades causadas por

hongos y bacterias del suelo, así como las infecciones provocadas por nematodos (González *et al*., 2008).

El cultivo del melón está cada vez más limitado por los problemas relacionados con el agotamiento de los recursos del suelo, nutrientes y agua, y por los problemas fitosanitarios, debido a la repetición de cultivos y a la limitación del empleo de fumigantes de amplio espectro, por su peligrosidad e impacto medioambiental. El injerto supone una estrategia de manejo del cultivo que permite superar estas limitaciones y que puede utilizarse en distintos sistemas de cultivo incluyendo la agricultura ecológica (Sirvent *et al.,* 2015).

El uso de porta-injertos resistentes ofrece uno de los mejores métodos para evitar enfermedades del suelo. Muchos estudios han confirmado que el injerto produce cambios en la calidad de la fruta. Estas alteraciones en el sistema radicular del melón injertado, son la causa de las variaciones de crecimiento y calidad de la fruta a partir del metabolismo del sistema radicular de la planta injertada (Liu *et al.,* 2015) ya que, al modificar el sistema radicular de la planta, alterará el flujo y el contenido de la savia, la cual es el mecanismo de transporte de componentes orgánicos e inorgánicos, tales como minerales, azúcares, etc., a través del xilema y floema.

El injerto puede afectar al crecimiento vegetativo, a la floración, la fecha de madurez del fruto y a la calidad, y proporciona altos rendimientos, especialmente bajo condiciones de temperaturas bajas. La combinación de porta-injertos-tallo afecta al pH, flavor, azúcares, color, contenido de carotenos y textura del fruto (Davis *et al*., 2008). Se ha mostrado que el injerto también mejora la tolerancia al estrés abiótico y la absorción de agua y nutrientes (Guan *et al*., 2014). Bai *et al*., (2014), encontró que injertar *Cucumis melo L. cv* Zhongmi 1 sobre tres tipos de calabaza *Cucurbita máxima X moschata cv.* Riben Strong, Qianwang y Shengzhen 1, mejoraba la capacidad de suministro de potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, y zinc a las partes aéreas del sistema de raíces.

El injerto, también influye en la absorción y translocación de fósforo, nitrógeno, magnesio y calcio. El mejoramiento de absorción de nutrientes en plantas injertadas, incrementa la fotosíntesis, la cual es particularmente notable bajo menores condiciones óptimas de crecimiento (menor luz solar y mejor concentración de CO_2) en invernaderos durante los meses de invierno. Se ha

sugerido que estas condiciones permiten a las plantas injertadas, producir altos rendimientos y a veces mejora la calidad de la fruta (Davis *et al*., 2008).

Actualmente a nivel mundial el interés general de esta técnica se basa en la siembra de porta-injertos específicos de origen silvestre resistentes a determinados patógenos del suelo. Entre los principales patógenos del suelo que ha creado problemas en el cultivo de solanáceas y cucurbitáceas se encuentran los nematodos formadores de agallas (González *et al*., 2008).

A continuación se muestran alteraciones en parámetros de calidad de diferentes cucurbitáceas, que se han mostrado en diversos estudios sobre la afectación del injerto en la calidad del fruto (tabla 4).

Tabla 4: *Estudios sobre el efecto del injerto en parámetros de calidad de cucurbitáceas.*

Cultivo	Patrón/Injerto	pH	SST	IM	Acidez	Firmeza
Melón (Guan *et al.*, 2014)	– Honey Yellow (*C. melo var. Inodorus)/ C. metulifer*		NS			NS
	– Arava *(C. melo var. Reticulatus)/ C. metulifer*		↓			↓
Melón (Guan, Zhao, Huber *et al.*, 2014)	– Arava/ *C. metulifer*		NS			NS
	– Arava/ Strong tosa (*C. máxima Duchesne X C. moschata Duchesne*).		↓			NS
	– Honeydew/ *C. metulifer*		NS			NS
	– Honeydew/ Strong tosa		NS			NS
Melón (Jang *et al.*, 2014)	– Homerunstar(*C. melo var. Inodorus*)/ Shintozwa(*Cucurbita maxima D. × C. moschata D*)					
	– Cultivo verano		↑	NS	↑	↓
	– Cultivo otoño		NS	NS	NS	NS
Cultivo	**Patrón/Injerto**	**Fe**	**Ca**	**Mg**	**K**	**Na**
Sandía (Yuan *et al.*, 2016)	– *Citrullus lanatus*/ Jingxinzhen 1' (*L. siceraria Standl.*)	↓	↓	NS	NS	
	– *Citrullus lanatus*/ Qingyanzhen 1' (*C. maxima × C. moschata*).	NS	NS	NS	NS	
Melón (Jang *et al.*, 2014)	– Homerunstar(*C. melo var. Inodorus*)/ Shintozwa(*Cucurbita maxima D. × C. moschata D*)					
	– Cultivo verano		↓		↑	↓
	– Cultivo otoño		↓		NS	↓
Sandía (Yetisir *et al.*, 2013)	– Crimson Tide/ Ferro y RS841 (*Cucurbita maxima x C. moschata*)	↑/↑	↓/↑	NS/NS	↓/↓	
	– Crimson Tide/ Argentario y Macis (*Lagenaria hybrid*)	↓/↑	NS/↑	NS/NS	↓/↓	
	– Crisby/ Ferro y RS841 (*Cucurbita maxima x C. moschata*)	↓/↓	↓/↓	↑/↑	↑/↑	
	– Crisby/ Argentario y Macis (*Lagenaria hybrid)*	↓/↓	↓/↓	↓/↓	↑/↑	

NS: No significativo; ↓: Implica disminución en comparación con el control (sin injertar); ↑: Implica incremento en comparación con el control.

2. Objetivos

El objetivo general de este trabajo es estudiar el efecto de *Meloidogyne spp* y del injerto de melón *Cucumis metuliferus,* sobre la calidad del melón tipo Cantaloup cultivado en invernadero. Para llevarlo a cabo será necesario:

- Estudiar el efecto que produce el injerto sobre los parámetros de calidad del melón.
- Estudiar las repercusiones de *Meloidogyne spp* sobre los parámetros de calidad del melón.
- Evaluar el efecto de la interacción injerto-nematodo sobre los parámetros de calidad del melón, así como, las posibles correlaciones entre los diferentes parámetros estudiados.

3. Materiales y métodos

3.1. Material vegetal

El material vegetal empleado en el presente trabajo fue la especie *Cucumis melo*, perteneciente al grupo de *Cantalupesis*. Dicha variedad, es un melón reticulado que presenta una red que cubre todo el fruto, de color amarillo-verde, verticalmente acanalado y de carne anaranjada.

Figura 6: *Porta-injertos.*

El porta-injertos empleado fue una entrada de germoplasma de la especie *Cucumis metuliferus* (perteneciente a la familia de las *Cucurbitáceas*), proporcionada por la Dra Gisbert y la Dra Picó del COMAV de la UPV (figura 6). Se utilizó esta especie debido a que, injertar melones susceptibles con *C. metuliferus* como porta-injertos, reduce los niveles de formación de agallas, previene pérdidas de peso del sistema aéreo y disminuye significativamente los niveles de nematodos en la cosecha (Yarsi *et al.,* 2012). *Cucumis metuliferus* es altamente resistente a *M. hapla, M. incognita, M. javanica y M. arenaria* (Galatti *et al.,* 2013). El hecho de emplear un patrón de la misma especie que la variedad, es más favorable porque se evitan problemas de incompatibilidad e impacto negativo en la calidad del fruto.

3.2. Diseño experimental

El cultivo se llevó a cabo en un invernadero en las instalaciones de l'Agròpolis (Viladecans). Se usó un diseño multifactorial con cuatro tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento. Los factores de los tratamientos fueron: injertar (o no) y la presencia (o no) de nematodos formadores de agallas, *Meloidogyne spp*. Por tanto, los tratamientos realizados fueron los siguientes:

- Tratamiento 1: injerto – sin nematodos (parcelas **D10-D6 primavera y B10-B6 verano**).
- Tratamiento 2: sin injerto – sin nematodos (parcelas **D5-D1 primavera y B5-B1 verano**).
- Tratamiento 3: injerto – con nematodos. (parcelas **E10-E6 primavera y C10-C6 verano**).
- Tratamiento 4: sin injerto – con nematodos (parcelas **E5-E1 primavera y C5-C1 verano**).

El experimento constaba de 20 parcelas elementales, divididas en dos sectores en función del tratamiento, con una separación entre sectores de 1 m.

El sector E, estaba formado por 10 parcelas con presencia de nematodos y el sector D, por 10 parcelas sin nematodos. Ambos sectores fueron subdivididos de la misma manera: las parcelas numeradas de la 1 a la 5 presentaban plantas sin injerto y las parcelas de la 6 a la 10 contenían plantas con injertos. En cada parcela había un total de 8 plantas, 4 plantas por fila, cada una separadas 50 cm en la fila y 1,1 m entre filas (figura 7).

Nomenclatura utilizada:

- Parcelas sin nematodos D(1-10) y B(1-10) y parcelas con nematodos E(1-10) y C(1-10), primavera y verano respectivamente.
- De 1 a 8 (nº de plantas en cada parcela).

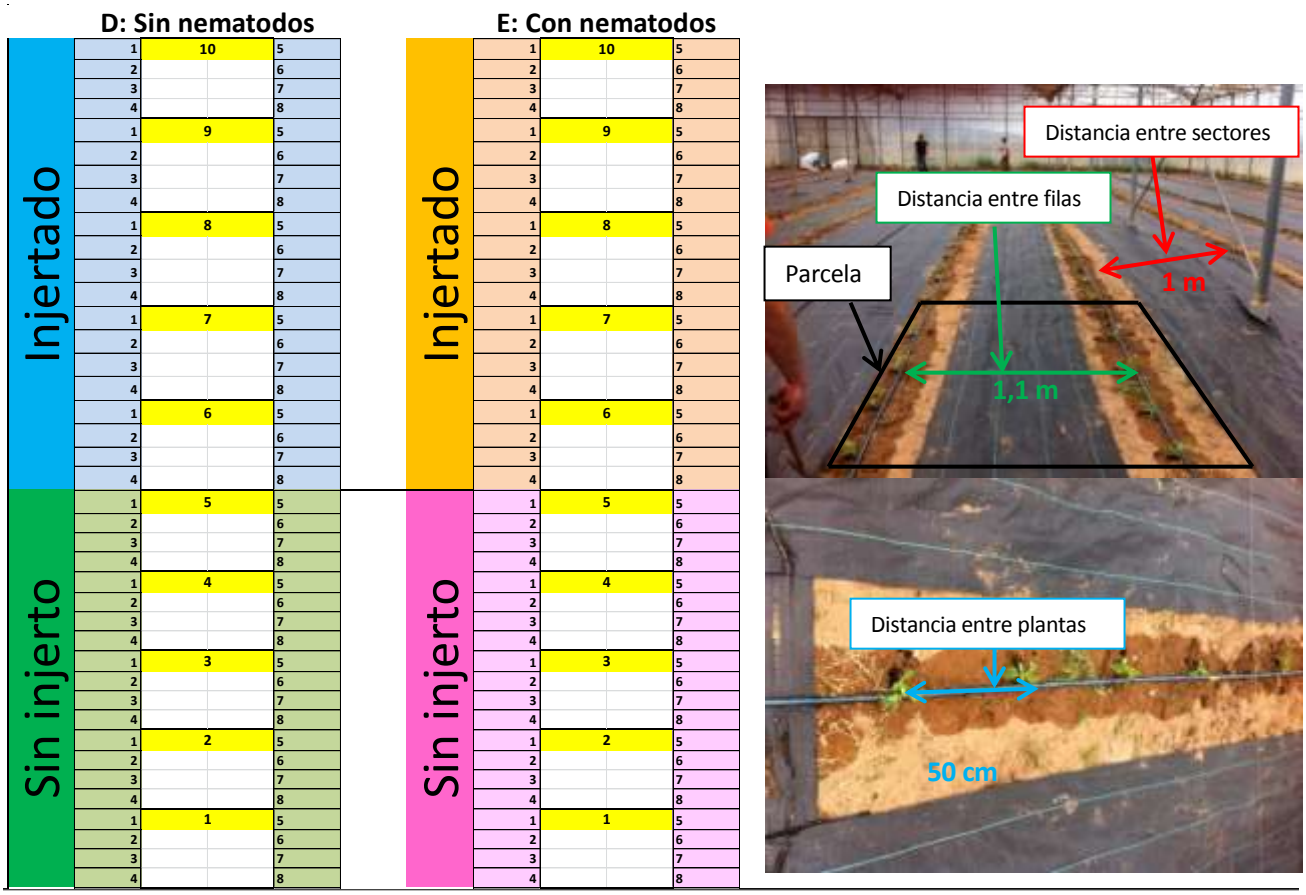


Figura 7: *Diseño experimental empleado en el invernadero de l'Agròpolis. (Elaboración propia)*

3.2.1. Fertilización y recolección

El cultivo fue rastrero. Se realizó la siembra en semillero y posterior trasplante a las 6-7 semanas, cuando las plántulas tenían las dos hojas verdaderas bien formadas y la tercera y cuarta mostradas.

La fertilización para los dos períodos de cultivo estudiados (primavera y verano), se llevó a cabo siguiendo las pautas de la publicación Cultivo del melón en invernadero de la Junta de Andalucía (Mármol, 2008), para un cultivo en suelo enarenado y riego localizado. La fertirrigación finaliza entre 7-10 días antes de arrancar las plantas (tabla 5).

Tabla 5: *Período de aplicación de fertilización para el cultivo de melón Cantaloup.*

Período	Compuesto	Proporción	Cantidad
1º Desde el enraizamiento de la planta hasta la primera floración femenina: – Abonado: 10-12 después de plantación. – Duración: 2 semanas. – Aplicación: 10-12 riegos mínimo.	– Nitrato amónico – Fosfato monoamónico – Nitrato potásico – Sulfato magnésico	(33%) (12-61-0) (13-0- 46)	6,5 kg 2,5 kg 3,5 kg 1,25 kg
2º Desde el inicio de la floración hasta la fecundación de los primeros frutos: – Abonado: 50 días después del trasplante. – Duración: 15 o 20 días. – Aplicación: 10-12 riegos.	– Nitrato potásico – Nitrato cálcico – Fosfato monoamónico – Sulfato magnésico	(13-0-46) (15,5%) (12-61-0)	7 kg 2 kg 2,5 kg 2,5 kg
3º Desde el cuaje de los primeros frutos hasta el inicio de la maduración: – Abonado: 2,5 meses después del trasplante. – Duración: 1 mes. – Aplicación: 25 riegos.	– Nitrato potásico – Nitrato cálcico – Fosfato monoamónico – Sulfato magnésico	(13-0-46) (15,5%) (12-61-0)	5 kg 6 kg 1 kg 2,5 kg
4º Hasta la completa maduración: – Abonado: 3,5 meses después del trasplante. – Duración: 1-1,5 meses. – Aplicación: 20-25 riegos.	– Nitrato potásico – Fosfato monoamónico – Sulfato magnésico	(13-0-46) (12-61-0) (16%)	9 kg 1 kg 2 kg

Los dos cultivos realizados, primavera y verano (tabla 6) tuvieron la siguiente duración:

- Cultivo de primavera: duración del 24 de marzo al 16 de julio.
- Cultivo de verano: duración del 22 de julio a 28 de octubre. Para este cultivo, se emplearon las parcelas en las que hubo cultivo de tomate anteriormente.

En el cultivo de primavera, se realizaron 4 cosechas en total, mientras que en el de verano solo se realizaron dos.

Tabla 6: *Distribución de las cosechas del cultivo de primavera y verano.*

Cultivo de primavera				Cultivo de verano	
1º cosecha	**2º cosecha**	**3º cosecha**	**4º cosecha**	**5º cosecha**	**6º cosecha**
Cosecha 1 22- junio	Cosecha 2 26 y 29-junio	Cosecha 3 2 y 7-julio	Cosecha 4 11 y 14- julio	Cosecha 5 25-set	Cosecha 6 8-oct

3.3. Métodos analíticos

Las muestras se recogieron en el punto óptimo atendiendo a la coloración de la corteza. Una vez recolectadas y pesadas, se llevaron al laboratorio y se mantuvieron en refrigeración (7-8ºC) hasta su análisis.

A partir de fruta fresca, se determinaron el calibre y peso, acidez titulable, pH, sólidos solubles totales (ºBrix), humedad y parámetros del color y la textura, y a partir de la materia seca, se evaluó el contenido de materia mineral y de los minerales mayoritarios (Na, Ca, Mg, K y Fe).

3.3.1. Calibre y peso

Se determinó el calibre ecuatorial (diámetro lateral mayor y diámetro lateral inferior) y longitudinal (figura 8) de cada melón recolectado tanto de la corteza como de la cavidad seminal, mediante un pie de rey digital con un rango de medición de 0-300mm. El peso de los melones se realizó en el momento de la cosecha. Un total de 128 melones en el cultivo de primavera y 15 melones en el cultivo de verano.

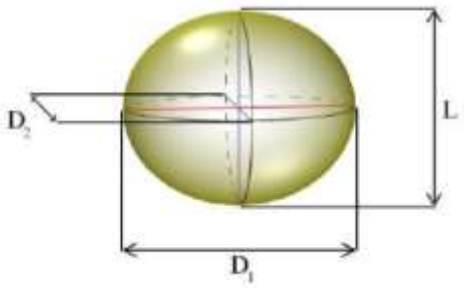


Figura 8: *Medidas utilizadas para calcular las dimensiones del melón Cantaloup.*
D_2= *Diámetro lateral menor;* ***D_1=*** *Diámetro lateral mayor;* ***L=*** *Longuitud.*
Fuente: *Rashidi et al., 2007*

3.3.2. Acidez titulable

La determinación de la acidez total titulable, se realizó a partir de 25g de muestra triturada e homogeneizada, mediante una volumetría acido-base (el método oficial AOAC 942.15). A 20ml del homogeneizado, una vez centrifugado y enrasado a 100ml con agua destilada, se le añadieron 2-3 gotas de Fenolftaleína y se valoraron con NaOH 0,1M. Los resultados se expresaron en gr de ácido cítrico/Kg MF. Todas las muestras se hicieron por duplicado.

3.3.3. pH

El pH se determinó por medio del método AOAC 981.12, mediante un pH-metro (*Crison, GLP 22*), usando muestra licuada. Se realizó una medida de pH de cada melón recolectado.

3.3.4. Sólidos solubles totales (ºBrix)

Se siguió el método AOAC 932.12., utilizando el refractómetro modelo ATAGO PR-101α. A partir de la relación existente entre SST y acidez titulable, se calculó el índice de madurez (IM = SST/AT).

3.3.5. Materia seca

Se determinó por el método gravimétrico AOAC 931.04. Se pesaron 50g de muestra fresca y cortada, se mantuvieron en una estufa a 65ºC, hasta peso constante (aprox 48h). El contenido de materia seca se calculó por diferencia de peso y se expresó $gr \cdot 100g^{-1}$. Se realizaron dos repeticiones por muestra.

3.3.6. Determinación de color

El color de la pulpa y de la superficie externa del melón se determinó utilizando un colorímetro modelo KONICA MINOLTA CR-400 con tamaño de apertura de 8mm e iluminate D65. Los diferentes parámetros de color se determinaron a partir de las coordenadas en el espacio CIE-LAB, L* (luminosidad, grado de claridad, 0= negro y 100= blanco), a* (cromaticidad de verde (-a) a rojo (+a)) y b* (cromaticidad de azul (-b) a amarillo (+b)). La medición se realizó por duplicado tanto en la parte externa como en la parte interna del melón. A partir de los datos a* y b*, se calcularon el Chroma y el ángulo Hue.

El Chroma (saturación):

$$\text{Chroma } (C^*) = \sqrt{(a^2 + b^2)} \qquad \text{(Ecuación 1)}$$

El Hue, es el ángulo (matiz):

$$\text{Hue } (h) = \text{tang}^{-1}(a^*/b^*) \qquad \text{(Ecuación 2)}$$

También se calculó el índice de color:

$$IC = \frac{(b^* \cdot 1000)}{(a^* \cdot L^*)} \qquad \text{(Ecuación 3)}$$

3.3.7. Determinación de la textura

La textura, expresada como firmeza, se determinó con un texturómetro TA-XT2, con capacidad de carga máxima de 30Kg y una precisión de 0,1g. Las pruebas se realizaron con una sonda P/4 de 4mm de diámetro. La pulpa de la fruta fresca se cortó en cuadrados (1x1 cm) y se efectuaron 6 repeticiones por muestra. Se determinó la fuerza máxima en N.

3.3.8. Determinación de la materia mineral

Para la determinación de la materia mineral, se siguió el método AOAC 971.33. Partiendo de la materia seca, se pesaron 1,5 $\pm$0,0001g y se calcinaron a 475ºC hasta la obtención de cenizas blancas. A las 4 horas como las cenizas aun no eran blancas, se les añadió 2mL de agua destilada y 3 gotas de ácido nítrico 3N. Una vez evaporado, se introdujeron nuevamente a la mufla por 1 hora. El residuo obtenido, se pesó para obtener el % de materia mineral y %MO. Posteriormente se redisolvieron las cenizas en 15mL de ácido nítrico 3N y calor; se filtraron con papel de filtro sin cenizas y se enrasaron a 50 mL con agua destilada. A partir de este extracto ácido, se determinaron los elementos minerales: Calcio, Magnesio y Hierro (con dilución 1/5) mediante espectroscopia de absorción atómica y Sodio (con dilución 1/5) y Potasio (con dilución 1/50) por fotometría de llama.

3.3.9. Tratamiento estadístico

Los resultados se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA) utilizando un modelo factorial, evaluando de esta manera el efecto individual y en conjunto (interacción) de los factores aplicados (injerto (o no) e infestación (o no), además de las diferencias significativas entre cultivos, es decir, en función de la época de cultivo (primavera y verano). Además se llevó a cabo el Test de Tukey, un test de comparaciones múltiples o por parejas, mediante el cual se comparan todas las medias entre sí, tomándolas como pares para ver cuáles son las diferencias significativas existentes, regido por un nivel de confianza del 95%. Por último se realizó el estudio de correlaciones de Pearson entre todos los parámetros, para determinar las relaciones lineales existentes entre ellos. Para todo ello, el programa estadístico empleado fue Minitab 17, (versión v.17, minitab Inc, State Collage PA).

4. Resultados y discusión

4.1. Producción acumulada de una plantación de melón Cantaloup.

Se mostraron producciones superiores en el cultivo de primavera (61,38%) en comparación con el cultivo de verano (38,62%) (Gráfico 1). La producción mayor para el cultivo de primavera, fue en melones de tratamientos injerto-con nematodos (2970g) y para el cultivo de verano (2141g), los tratamientos de sin injerto-sin nematodos. En global (primavera y verano en conjunto), los tratamientos que presenciaban nematodos, conllevaron una disminución de la producción reflejado en un 36,42% del total. Mientras que los tratamientos con injerto mejoraron la tolerancia del cultivo ya que, representaron un 61,15% de la producción total. Debido a ello, se muestran diferencias significativas en ambos cultivos, entre el tratamiento de sin injerto-nematodos con respecto los otros tres tratamientos.

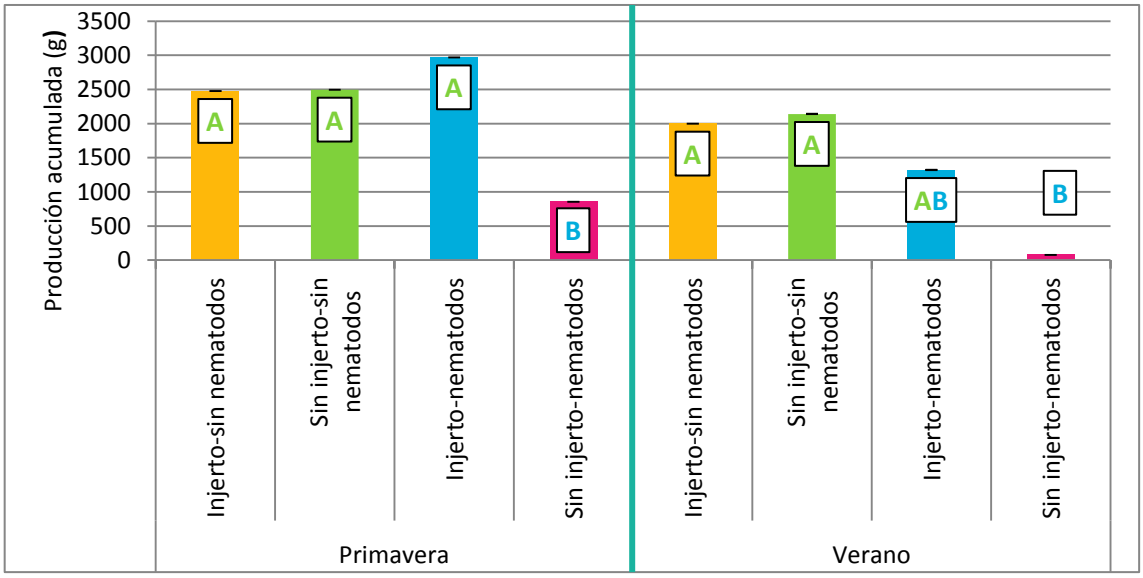


Gráfico 1: *Producción acumulada (g) de melón Cantaloup, en los dos cultivo.*
Media ± error estándar (n=20). Comparaciones en parejas por el método Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0,05).

Comparando las producciones acumuladas de los dos períodos de cultivos, hay una notoria diferencia entre tratamientos con nematodos ya que difieren en las densidades (tabla 7). En el cultivo de primavera, las parcelas de tratamiento sin injerto-con nematodos, tuvieron una población inicial de nematodos en pre-trasplante del cultivo de 248 nematodos/250cc, siendo en verano una densidad media de 2435 nematodos/250cc. Mientras que para tratamientos de injerto-nematodos fueron de 465 y 252 nematodos/250cc, en primavera y verano

respectivamente. La disminución en la densidad de nematodos en las parcelas con plantas injertadas, corrobora la resistencia de la especie *Cucumis metuliferus* hacia este patógeno.

Tabla 7: *Densidades de nematodos inoculados por parcela a 250cc del suelo.*

Tratamiento	Cultivo de primavera		Cultivo de verano	
	Parcela	Densidad nematodos (Pi)	Parcela	Densidad nematodos (J2)
Sin injerto-nematodos	E1	9	C1	3038
	E2	709	C2	934
	E3	162	C3	1798
	E4	289	C4	4413
	E5	72	C5	1990
Injerto-nematodos	E6	209	C6	277
	E7	132	C7	186
	E8	1134	C8	481
	E9	502	C9	95
	E10	349	C10	219

Pi: *población inicial de nematodos en pre-trasplante del cultivo;* ***J2:*** *segundo estadio juvenil del nematodo*

4.2. Efecto sobre el calibre y peso de melón por la presencia de *Meloidogyne spp* e injerto de planta.

La forma de la fruta está influenciada por la variabilidad genotípica y además por las condiciones ambientales durante el crecimiento de la planta (Rashidi *et al*., 2007). Se encontraron diferencias significativas ($p<0,05$) en los parámetros geométricos del melón entre los dos cultivos. Los de verano, fueron de mayor diámetro y longitud (tabla 8).

El tratamiento injerto-sin nematodos dio melones con mayor longitud y diámetro en el cultivo de primavera, sin embargo los melones control (sin injerto-sin nematodos) fueron los de mayor peso (1313,60g) y no se obtuvieron diferencias significativas con los melones de injerto-sin nematodos (1247,00g). En el cultivo de verano, los melones solo fueron significativamente diferentes en el diámetro lateral mayor, siendo superior los de tratamiento injerto-sin nematodos (130,88mm).

La relación entre la longitud y el diámetro lateral mayor, fue de 1,02 para melones de primavera y 0,99 para melones de verano, valores que nos corroboran la forma esférica del melón, siendo acordes con los encontrados por Parra *et al.,* (2006).

Tabla 8: *Análisis descriptivo de los parámetros geométricos y pesos del melón Cantaloup.*

Comparación de medias		Diámetro lateral mayor (mm)	Diámetro lateral menor (mm)	Longitud (mm)	Peso (g)
Tratamientos primavera	Sin injerto/ sin nematodos	108,47±1,38 C	49,93±1,08 A	110,82±1,12 BC	1313,60±88,80 A
	Sin injerto/ nematodos	108,00±1,67 BC	45,02±1,22 B	108,82±1,38 C	647,40±69,70 C
	Injerto/ sin nematodos	115,38±1,20 A	50,91±0,85 A	116,91±0,85 A	1247,00±65,40 AB
	Injerto/ nematodos	114,81±2,02 A B	48,87±1,20 A B	114,59±1,21 AB	947,90±77,20 B
Tratamientos verano	Sin injerto/ sin nematodos	127,34±2,78 AB	73,06±5,48 A	121,50±2,99 A	1329,90±12,40 A
	Sin injerto/ nematodos	-	-	-	-
	Injerto/ sin nematodos	130,88±2,48 A	74,48±2,44 A	128,31±2,46 A	1213±151 A
	Injerto/ nematodos	117,80±1,75 B	67,89±2,67 A	118,24±2,55 A	1059,30±62,70 A
Diferencia entre cultivos	Primavera	110,84±0,71 B	49,14±0,48 B	113,84±0,56 B	1045,70±69,60 A
	Verano	122,58±1,93 A	75,32±2,48 A	122,87±1,71 A	904,00±150 A

Media±Error estándar (n=128 primavera y n= 15 verano); Comparaciones en parejas por el método Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0,05).

En el cultivo de primavera, al injertar las plantas, los melones fueron de mayor diámetro y longitud, pero no se diferenciaron en pesos. En cambio, la presencia de nematodos comportó una disminución del diámetro lateral menor (46,95mm) y del peso (811,10g) en comparación con los melones de plantas sin nematodos (50,54mm y 1280,30g respectivamente) (tabla 9). En general, tanto el injerto como la presencia de nematodos, comportaron diferencias significativas en todos los parámetros evaluados (p<0,05), pero con tendencias inversas, es decir, el injerto produjo melones con mayor diámetro, longitud y peso, mientras que la presencia de nematodos causó la disminución de estos parámetros.

Tabla 9: *Efecto del injerto y la presencia de nematodos sobre los parámetros geométricos y pesos del melón.*

Comparación de medias			Diámetro lateral mayor (mm)	Diámetro lateral menor (mm)	Longitud (mm)	Peso (g)
Primavera	**Efecto del Injerto**	Con injerto	115,21±1,03 A	50,42±0,71 A	116,26±0,71 A	1111,00±65,80 A
		Sin injerto	108,30±1,06 B	48,26±0,88 B	110,11±0,88 B	980,00±123,00 A
	Efecto de los nematodos	Con nematodos	111,67±1,43 A	46,95±0,91 B	111,94±1,02 A	811,10±73,40 B
		Sin nematodos	112,73±0,98 A	50,54±0,66 A	114,61±0,75 A	1280,30±53,20 A
Verano	**Efecto del Injerto**	Con injerto	121,72±2,41 A	69,87±2,17 A	121,90±2,34 A	1110,50±64,40 A
		Sin injerto	95,50±31,90 B	54,80±18,70 B	91,10±30,40 B	887,00±443,00 B
	Efecto de los nematodos	Con nematodos	103,10±18,80 B	59,40±8,79 B	103,50±14,90 B	847,00±217,00 B
		Sin nematodos	129,11±1,84 A	73,77±2,70 A	125,39±2,21 A	1271,50±70,50 A

Media±Error estándar (n=128 primavera y n= 15 verano); Comparaciones en parejas por el método Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0,05).

4.3. Efecto de *Meloidogyne spp* e injerto sobre el color del epicarpio y mesocarpio de melón Cantaloup.

Para la evaluación del color, se decidió estudiar el color de la corteza de los melones ya que, nos da idea del estado de madurez del melón y es una medida válida a utilizar para saber el momento óptimo de cosecha y el color de la pulpa, por ser un indicador de calidad post-cosecha del melón.

4.3.1. Color de la corteza.

Únicamente se encontraron diferencias significativas para el parámetro L* (tabla 10). En el cultivo de verano no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los parámetros de color. Pero, si se mostraron diferencias significativas entre cultivos, en L*, C* y H* (p<0,05). Los epicarpios de los melones de verano fueron de coloración ligeramente más intensa.

En el cultivo de primavera, el tratamiento de injerto-sin nematodos es el óptimo según la cantidad de azucares para la recolección de los melones, de acuerdo con ello, los valores de L*, C* y H* se corresponderían con 73,56, 35,77 y 274,76 respectivamente. En el caso del cultivo de verano, disminuyeron la luminosidad (L*) y la intensidad de color (C*) mientras que aumentó la tonalidad del color (H*) debido a la sobre-maduración de los melones (ºBrix>15).

Tabla 10: *Evaluación de los parámetros de color del epicarpio del melón Cantaloup, comparando entre tratamientos y entre cultivos.*

Comparación de medias	Primavera			Verano		
	Luminosidad (L*)	Chroma (C*)	Hue (H*)	Luminosidad (L*)	Chroma (C*)	Hue (H*)
Diferencias entre tratamientos						
Sin injerto/ sin nematodo	71,16±0,63 B	33,15±0,94 A	274,05±0,34 A	70,75±0,33 A	27,96±1,78 A	277,25±1,28 B
Sin injerto/ nematodos	73,84±0,78 A	35,86±1,47 A	275,87±0,68 A	-	-	-
Injerto/sin nematodos	73,56±0,47 A	35,77±1,35 A	274,76±0,36 A	69,21±1,04 A	27,03±1,07 A	278,37±1,70 B
Injerto/ nematodos	74,11±0,42 A	35,74±1,09 A	275,49±0,51 A	71,62±0,74 A	29,52±1,47 A	277,95±1,12 B
Diferencias entre cultivos						
Primavera	72,93±0,31 A	34,86±0,57 A	274,41±0,18 B			
Verano	66,43±4,79 B	27,20±2,19 B	278,59±0,78 A			

Media±Error estándar (n=128 primavera y n= 15 verano); Comparaciones en parejas por el método Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0,05).

Si evaluamos el efecto del injerto y de los nematodos sobre el color de la piel, observamos solamente diferencias significativas en L* y H en el cultivo de primavera y de L*, C* y H* en el

cultivo de verano (P<0,05). El injertar o no, tiene menor repercusión en el color del epicarpio, que el hecho de haber o no nematodos. En ambos casos, el comportamiento del injerto y de los nematodos en el cultivo de verano, tienen afectaciones opuestas en el C* y un comportamiento no definido en el H* (tabla 11).

Tabla 11: *Efecto del injerto y la presencia de nematodos sobre los parámetros de color del epicarpio del melón Cantaloup en ambos cultivos*

Comparación de medias	Primavera			Verano		
	Luminosidad (L*)	Chroma (C*)	Hue (H*)	Luminosidad (L*)	Chroma (C*)	Hue (H*)
Efecto del Injerto						
Con injerto	73,86±0,32 A	35,75±0,85 A	275,17±0,33 A	70,66±0,70 A	28,53±1,02 A	278,11±0,89 B
Sin injerto	72,13±0,52 B	34,13±0,81 A	274,71±0,35 A	53,10±17,70 B	20,97±7,10 B	297,90±20,70 A
Efecto de los nematodos						
Con nematodos	74,02±0,38 A	35,76±0,88 A	274,42±0,41 A	61,40±10,30 B	25,31±4,40 B	288,20±10,30 A
Sin nematodos	72,38±0,42 B	34,50±0,84 A	275,60±0,25 B	69,87±0,65 A	27,43±0,90 A	277,89±1,05 B

Media±Error estándar (n=128 primavera y n= 15 verano); Comparaciones en parejas por el método Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0,05).

4.3.2. Color de la pulpa.

En el gráfico 2, se muestra el efecto de la interacción injerto-nematodo, sobre los parámetros de color estudiados de la pulpa de los melones Cantaloup, para los dos cultivos.

No se encontraron diferencias significativas (p<0,05) para L*en los cuatro tratamientos en ambos cultivos. Las pulpas de los melones de primavera, fueron de color anaranjado más intenso en el tratamiento injerto-nematodos (36,70), y este fue diferente del tratamiento injerto-sin nematodos y sin injerto-nematodos (33,89 en ambos casos). Para la tonalidad (H*), solo se encontraron diferencias en el cultivo de verano, entre los tratamientos injerto-sin nematodos e injerto-con nematodos, siendo los primeros los que presentaron mayor tonalidad (72,34º).

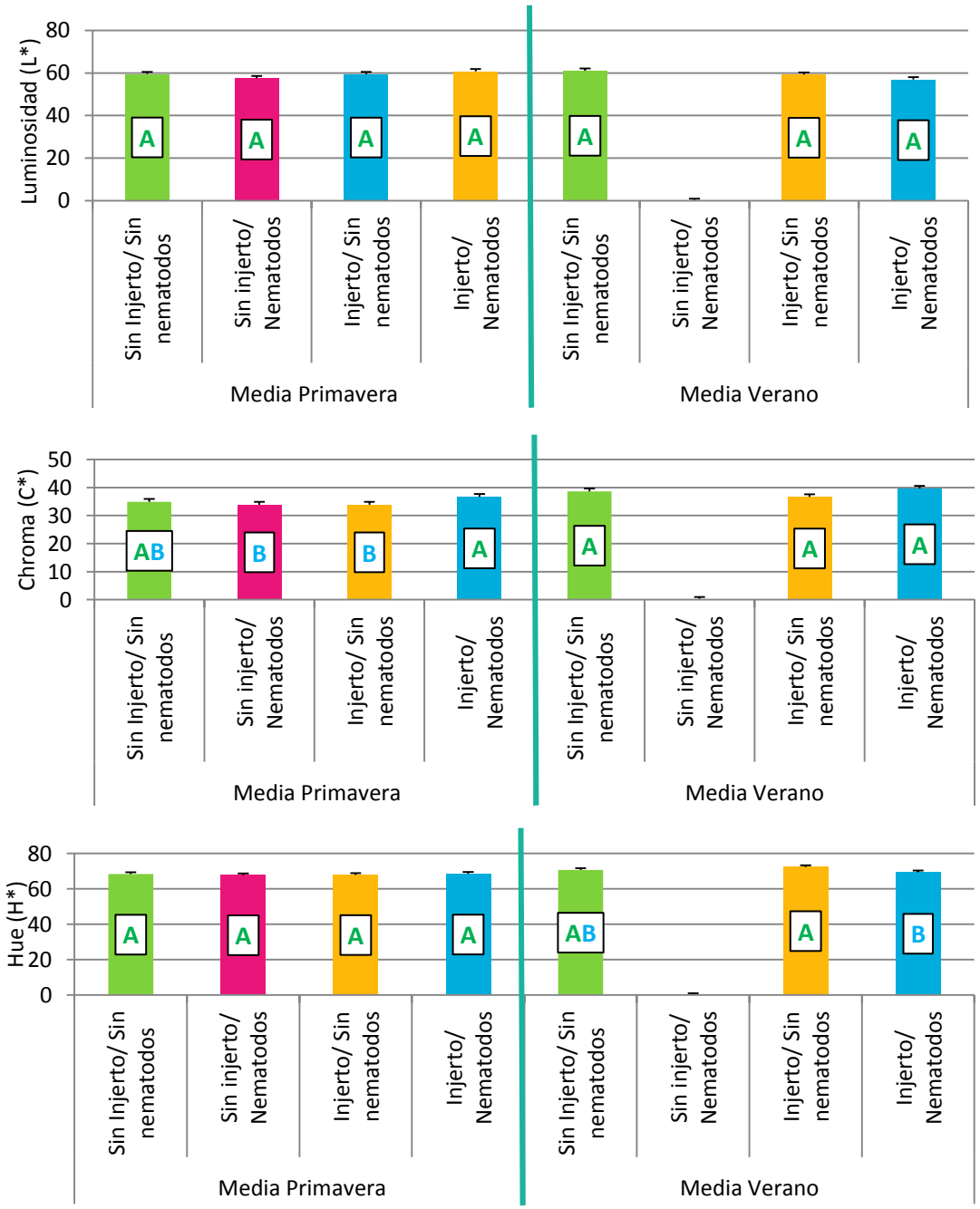


Gráfico 2: *Valores de la luminosidad, el Chroma y el Hue de la pulpa del melón Cantaloup, en los dos cultivos en función de los tratamientos realizados.*
Media±Error estándar (n= 128 primavera y n= 15 verano); Comparaciones en parejas por el método Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0,05)

Los parámetros de color estudiados en la pulpa de los melones, son estadísticamente diferentes, según la época de cultivo (tabla 12). Por lo general, la pulpa de los melones de primavera fue más luminosa (59,88), en comparación con los de verano (54,62), pero presentó menor C* (35,16) y tonalidad (H*) (68,12), con respecto a las de verano (38,66 y 70,73 respectivamente).

Tabla 12: *Comparación de medias de los parámetros de color de la pulpa del melón Cantaloup entre cultivos.*

Comparación de medias	Luminosidad (L*)	Chroma (C*)	Hue (H*)
Primavera	59,88±0,44 A	35,16±0,28 B	68,12±0,13 B
Verano	54,62±4,02 B	38,66±0,55 A	70,73±0,46 A

Media±Error estándar (n= 135); Comparaciones en parejas por el método Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (P<0,05).

La evaluación del efecto injerto o presencia de nematodos, no tiene repercusión en los parámetros de color estudiados en el cultivo de primavera, en cambio sí que afectó (p<0,05) a los melones del cultivo de verano (tabla 13), observándose un incremento significativo de L*, C* y H* de la pulpa cuando los melones son procedentes de plantas injertadas y una disminución cuando hay presencia de nematodos.

Tabla 13: *Efecto del injerto y de la presencia de nematodos sobre los parámetros de color de la pulpa del melón Cantaloup del cultivo de primavera y verano.*

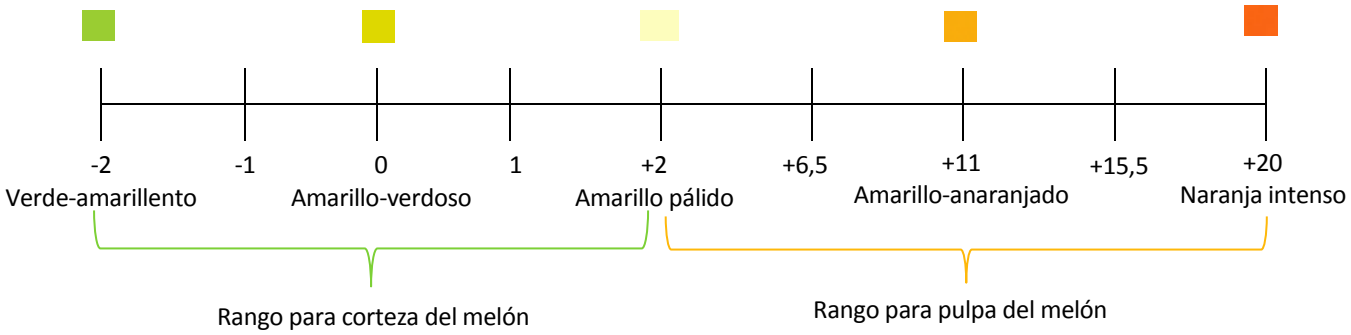
Comparación de medias		Primavera			Verano		
		Luminosidad (L*)	Chroma (C*)	Hue (H*)	Luminosidad (L*)	Chroma (C*)	Hue (H*)
Efecto	Con injerto	60,21±0,56 A	35,46±0,43 A	68,26±0,26 A	57,82±1,10 A	39,13±0,55 A	70,38±0,56 A
	Sin injerto	58,83±0,72 A	34,59±0,47 A	68,16±0,28 A	45,80±15,40 B	28,98±9,67 B	47,10±23,50 B
	Con nematodos	59,84±0,68 A	35,76±0,49 A	68,30±0,27 A	49,88±7,18 B	33,03±6,61 B	59,48±9,92 B
	Sin nematodos	59,51±0,59 A	34,50±0,41 A	68,15±0,27A	60,03±1,69 A	38,14±0,72 A	71,68±0,57 A

Media±Error estándar (n=123 primavera y n= 12 verano); Comparaciones en parejas por el método Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0,05).

4.3.3. Índice de color.

El IC*, por sus características de variación, puede utilizarse como variable de control de la calidad organoléptica de alimentos. Se realizó el índice de color de la corteza del melón ya que, es una medida válida a utilizar para saber el momento óptimo de cosecha de este. También se calculó para la pulpa (tabla 14). Los rangos en los que se encuentran tanto la pulpa como la corteza son:

- IC* entre -2 a +2, (representa el amarillo verdoso), para la corteza.
- IC* entre +2 a +20, (colores que van desde el amarillo pálido al naranja intenso), para la pulpa.



Todos los melones analizados independientemente de la cosecha y del tratamiento aplicado, se encuentran dentro de los rangos óptimos para esta variedad, tanto para la corteza como la pulpa (tabla 14).

Los melones de primavera del tratamiento con nematodos (con y sin injerto), fueron de epicarpios más verde-amarillento, -0,94 y -1,26 respectivamente, mientras que el injerto y la ausencia de nematodos dieron a cortezas amarillo-verdoso. Los melones de verano siguieron el mismo patrón, siendo más verdosos que los de primavera. Las pulpas de los melones de primavera fueron más anaranjados que los de verano ya que, su IC* se encuentra entre 6 y 7 y entre 5 y 6, respectivamente.

Tabla 14: *Índice de color de la corteza y de la pulpa del melón Cantaloup, diferenciado por cultivo y tratamientos.*

Cultivo	Tratamiento	IC*(pulpa)	Rango de color
Primavera	Injerto/ nematodos	6,54±0,14	Amarillo pálido- naranja intenso
	Injerto/ sin nematodos	6,96±0,23	Amarillo pálido- naranja intenso
	Sin injerto/ nematodos	7,26±0,33	Amarillo pálido- naranja intenso
	Sin injerto/ sin nematodos	6,71±0,17	Amarillo pálido- naranja intenso
Verano	Injerto/ nematodos	6,48±027	Amarillo pálido- naranja intenso
	Injerto/ sin nematodos	5,67±0,48	Amarillo pálido- naranja intenso
	Sin injerto/ nematodos	-	-
	Sin injerto/ sin nematodos	5,51±0,43	Amarillo pálido- naranja intenso

Media ± Error estándar *(n=128 primavera y n= 15 verano).*

4.4. Evaluación del efecto del injerto y la presencia de nematodos sobre pH, IM, SST y acidez del melón.

En el cultivo de primavera se encontraron diferencias significativas (p<0,05) para pH, IM y SST (tabla 15). Los tratamientos de injerto-sin nematodos dieron mayor pH, IM y SST. Solo hubo diferencias entre tratamientos en los SST para el cultivo de verano. Los tratamientos de injerto-sin nematodos sobrepasaron el rango de ºBrix contenidos en melones comerciales (11-15ºBrix); en cambio se obtuvieron menor concentraciones dentro del rango en melones de plantas con injerto (con nematodos) (13,28ºBrix). Si comparamos entre cultivos, se encontraron diferencias significativas en el pH, SST e IM. En general, los melones de verano presentaron mayor índice de madurez (22,95) y SST (14,89) y menor pH (6,01) ya que, cuando las frutas están más maduras, tienden a pérdidas de acidez y a ganancias de SST. Este incremento de los SST en los melones del cultivo de verano, puede estar relacionado con una mayor cantidad de K en el fruto, en comparación con los melones de primavera. Resultados que coinciden con los descritos por Molina, (2006).

Tabla 15: *Efecto de la interacción injerto-nematodo sobre los parámetros pH, SST, IM y acidez de los melones Cantaloup, diferenciado entre tratamientos y cultivos.*

Comparación de medias		pH	SST (ºBrix)	IM (Índice de madurez)	Acidez (gr ác.cítrico·KgMF^{-1})
Tratamientos primavera	Sin injerto/ sin nematodos	6,22±0,05 B	12,60±0,17 A	16,64±0,86 AB	0,74±0,04 A
	Sin injerto/ nematodos	6,26±0,03 B	10,10±0,23 C	15,00±1,04 B	0,68±0,05 A
	Injerto/ sin nematodos	6,47±0,05 A	12,64±0,18 A	20,08±1,40 A	0,67±0,03 A
	Injerto/ nematodos	6,26±0,03 B	11,70±0,14 B	17,66±0,91 AB	0,77±0,04 A
Tratamientos verano	Sin injerto/ sin nematodos	6,50±0,04 A	17,05±0,15 A	20,41±1,53 A	0,82±0,09 A
	Sin injerto/ nematodos	-	-	-	-
	Injerto/ sin nematodos	6,36±0,08 A	15,20±0,27 B	21,47±2,15 A	0,67±0,07 A
	Injerto/ nematodos	6,52±0,05 A	13,28±0,21 C	23,37±1,36 A	0,54±0,05 A
Diferencia entre cultivos	Primavera	6,34±0,03 A	11,96±0,13 B	16,92±0,41 B	0,73±0,02 A
	Verano	6,01±0,43 B	14,89±0,43 A	22,95±1,12 A	0,62±0,06 A

Media±Error estándar (n=128 primavera y n= 15 verano); Comparaciones en parejas por el método Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0,05).

El injerto comportó variaciones significativas (p<0,05) de pH, SST y IM en ambos cultivos. La presencia de nematodos, repercutió sobre todos los parámetros en melones de verano y únicamente SST en melones de primavera (tabla 16). El injerto repercutió por igual en ambos cultivos, causando aumento en pH, SST y IM, en comparación con plantas sin injertar, coincidiendo con los resultados de Jang *et al.,* (2014), en melón Homerunstar (*C. melo* var.

Inodorus) con injerto Shintozwa (*Cucurbita maxima D. × C. moschata D*). Afectación inversa se produjo con la presencia de nematodos, que causó la disminución de pH, SST, IM y acidez en melones de verano y solo en SST en melones de primavera.

Tabla 16: *Efecto del injerto y de los nematodos sobre los parámetros de pH, SST, IM y acidez de los melones Cantaloup en ambos cultivos.*

Comparación de medias			pH	SST (ºBrix)	IM (Índice de madurez)	Acidez (gr ác.cítrico·KgMF^{-1})
Primavera	Efecto injerto	Con injerto	6,35±0,03 A	12,11±0,13 A	18,74±0,81 A	0,73±0,03 A
		Sin injerto	6,23±0,04 B	11,65±0,24 B	16,06±0,67 B	0,72±0,03 A
	Efecto nematodos	Con nematodos	6,26±0,02 A	11,20±0,16 B	16,89±0,73 A	0,74±0,03 A
		Sin nematodos	6,35±0,04 A	12,62±0,12 A	18,44±0,86 A	0,71±0,03 A
Verano	Efecto injerto	Con injerto	6,46±0,05 A	14,13±0,37 A	22,80±1,12 A	0,59±0,04 A
		Sin injerto	4,33±2,17 B	11,37±5,68 B	15,30±5,21 B	0,61±0,21 A
	Efecto nematodos	Con nematodos	5,70±0,82 B	11,07±2,22 B	20,45±3,15 B	0,46±0,09 B
		Sin nematodos	6,40±0,06 A	15,83±0,43 A	20,94±1,20 A	0,73±0,06 A

Media±Error estándar (n=128 primavera y n= 15 verano); Comparaciones en parejas por el método Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0,05).

4.5. Evaluación de los cambios de firmeza de la pulpa del melón causado por la presencia de *Meloidogyne spp* e injerto.

Se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento control (sin injerto-sin nematodos) y los tratamientos injertados (p<0,05) en el cultivo de primavera (gráfico 3). Los melones que procedían de plantas injertadas fueron de menor firmeza que los procedentes de plantas sin injertar. En contraposición, en el cultivo de verano no se mostraron diferencias entre el tratamiento control y el tratamiento de injerto-sin nematodos, pero si se vio una disminución pronunciada de la firmeza en melones de injerto-con nematodos; similares resultados fueron obtenidos con el estudio de melón Arava (*C. melo* var. *Reticulatus*) injertado en *C. metulifer* de Guan *et al*., (2014) y con el estudio de melón Homerunstar (*C. melo* var. *Inodorus*) injertado sobre Shintozwa (*Cucurbita maxima D. × C. moschata D*) de Jang *et al.,* (2014). En comparación, los melones de primavera fueron de mayor firmeza (3,49N), que los de verano (1,92N).

Estos resultados podrían estar relacionados con la deficiencia de calcio ya que, la firmeza está estrechamente relacionada con la aplicación de este mineral. Dicho nutriente, se ocupa principalmente de proporcionar vigor a la planta (junto a otros minerales). Si se produce un

crecimiento desequilibrado, el calcio tenderá a irse a las partes vegetativas en vez de acumularse en la fruta. Según Molina, (2006), el mejoramiento de la firmeza y la resistencia al ablandamiento de la fruta de melón logrado con aplicaciones de Ca, se atribuye a la estabilización de la membrana celular y la formación de pectatos de Ca, que incrementan la rigidez de la lámina media y la pared celular.

En el cultivo de primavera, tanto el injerto como *Meloidogyne spp* disminuyen este nutriente, por ello, la fruta de los tratamientos sin injerto (con y sin nematodos) presenta mayor firmeza. Por el contrario, los melones del cultivo de verano procedentes de plantas injertadas, tuvieron un aumento de calcio, esto se reflejó en que las frutas de tratamientos con injerto-sin nematodos fueron más firmes

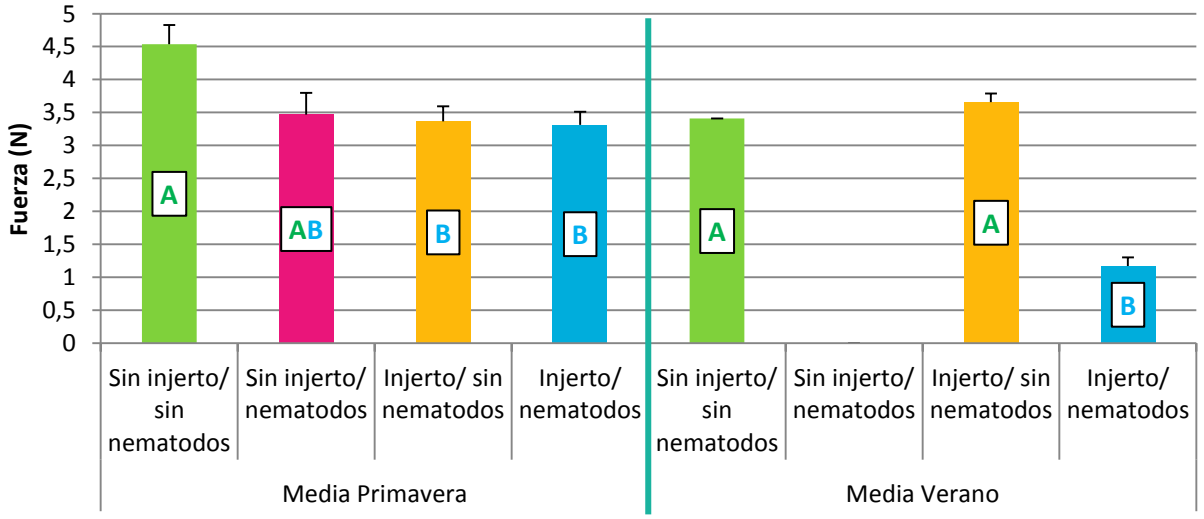


Gráfico 3: *Evaluación de la firmeza de la pulpa del melón Cantaloup, en los dos cultivos en función de los tratamientos realizados.*
Media±Error estándar (n=128 primavera y n= 15 verano); Comparaciones en parejas por el método Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0,05).

4.6. Efecto de la presencia de *Meloidogyne spp* e injerto en la materia seca y contenido mineral del melón.

Se encontraron diferencias significativas (p<0,05) en el contenido de ms y en concentraciones de Ca y Na en melones del cultivo de primavera (tabla 17). La materia seca, en plantas sin injertar (con nematodos) fue inferior (9,39%) con respecto a los otros tratamientos. Esto puede estar influenciado por la presencia de nematodos y la susceptibilidad de la planta al no estar injertada.

El Ca disminuyó tanto por el injerto como por la presencia de nematodos, mientras que el efecto sobre el contenido de Na, disminuyó en tratamientos con injerto pero aumento en tratamientos con nematodos.

Se observaron diferencias significativas en el contenido de ms y mm y concentraciones de K y Na ($p<0,05$), en melones del cultivo de verano (tabla 17). Los melones procedentes de plantas sin injertar (sin nematodos) dieron mayor contenido de ms que en los tratamientos con injerto (con nematodos). La interacción injerto- *Meloidogyne spp*, produjo melones con mayor contenido de materia mineral. Las concentraciones de Na y K siguieron la misma tendencia, dando lugar a mayores concentraciones en melones de tratamiento injerto-nematodo (456,71mgK/kg ms y 64,42mgNa/kg ms).

En general, el contenido de materia seca y las concentraciones de hierro, potasio y sodio, fueron más elevadas en el cultivo de verano y solo las concentraciones de calcio fueron mayores en el cultivo de primavera (tabla 17). Esto último puede ser debido, a la menor densidad de nematodos en el cultivo de primavera; ya que esto podría comportar una mayor absorción de Ca (reflejada en la cantidad mineral de la fruta). De Melo *et al*., (2013) observaron que el suministro de calcio aumentó la resistencia de las células, disminuyendo la infección de la raíz por nematodos (*Heterodera glycines*) en habas de soja. También se encontró que la aplicación de carburo de calcio (CaC2), fue efectivo en la reducción del número de agallas, masas de huevos y juveniles de *M. incognita* en calabacín (*Cucurbita pepo* var. *Melopepo*), independientemente de la concentración usada, incrementando el rendimiento.

En el cultivo de primavera, el injerto comportó un aumento significativo de la materia seca y una disminución de las concentraciones de Ca, Mg, K y Na ($p<0,05$), mientras que la presencia de nematodos afectó significativamente al contenido de Ca y materia seca (disminución) y Na (incremento) (tabla 18). En cultivo de verano, el injerto aumentó el contenido de materia seca y materia mineral y las concentraciones de Fe, Ca, Mg, K y Na. La presencia de nematodos repercutió, en todos los parámetros exceptuando el Na (tabla 18).

La influencia del injerto en el contenido mineral (Fe, Ca, Mg, K y Na) en melones y sandias no dieron resultados concluyentes (Yuan *et al.,* (2016) y Yetisir *et al*., (2013) en el caso de sandía) y (Jang *et al*., (2014) para el melón).

Tabla 17: *Contenido de materia seca, materia mineral y minerales de los melones Cantaloup, diferenciado entre tratamientos y cultivos.*

Comparación de medias		%ms	%mm	Fe[1]	Ca[1]	Mg[1]	K[1]	Na[1]
tratamientos primavera	Sin injerto/ sin nematodos	12,38±0,09 A	8,94±0,25 A	0,77±0,06 A	26,67±1,16 A	23,46±0,93 AB	416,30±10,60 A	46,74±2,32 B
	Sin injerto/ nematodos	9,39±0,19 B	8,98±0,26 A	0,68±0,04 A	17,93±0,90 B	24,93±1,93 A	403,30±16,80 AB	80,10±5,69 A
	Injerto/ sin nematodos	12,47±0,09 A	9,78±0,24 A	0,78±0,06 A	17,12±1,05 B	20,04±1,13 AB	395,60±10,30 AB	36,33±2,23 C
	Injerto/ nematodos	12,52±0,10 A	9,02±0,22 A	0,72±0,05 A	16,18±0,90 B	19,52±1,40 B	361,40±16,10 B	36±93±2,37 C
tratamientos verano	Sin injerto/ sin nematodos	15,61±0,52 A	7,61±0,32 C	1,36±0,04 A	16,00±1,38 A	19,43±1,23 A	448,80±0,33 A	46,33±1,84 AB
	Sin injerto/ nematodos	-	-	-	-	-	-	-
	Injerto/ sin nematodos	14,07±0,61 AB	9,09±0,33 B	1,35±0,07 A	15,19±0,70 A	23,30±1,56 A	439,83±2,46 B	37,94±4,58 B
	Injerto/ nematodos	11,94±0,55 B	11,14±0,20 A	1,26±0,04 A	13,04±0,84 A	20,44±0,61 A	456,71±0,73 A	64,42±6,21 A
Diferencias entre cultivos	Primavera	12,47±0,05 B	9,42±0,15 A	0,70±0,02 B	19,12±0,66 A	22,98±0,71 A	396,15±5,69 B	39,40±1,54 B
	Verano	15,40±0,35 A	8,55±0,73 A	1,33±0,04 A	13,79±1,18 B	19,69±1,72 A	466,20±10,80 A	53,74±4,63 A

Media±Error estándar (n=128 primavera y n= 15 verano en %ms; n= 73 primavera y n= 15 verano en %mm y minerales); Comparaciones en parejas por el método Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferente (p<0,05).[1]Expresados en mg/kgms.

Tabla 18: *Efecto del injerto y de la presencia de nematodos sobre materia seca, materia mineral y minerales de los melones Cantaloup del cultivo de primavera y verano.*

Comparación de medias			%ms	%mm	Fe[1]	Ca[1]	Mg[1]	K[1]	Na[1]
Primavera	**Efecto injerto**	Con injerto	12,50±0,07 A	9,38±0,17 A	0,74±0,04 A	16,61±0,68 B	19,75±0,92 B	376,70±10,30 B	36,66±1,62 B
		Sin injerto	11,63±0,25 B	8,96±0,18 A	0,73±0,04 A	22,75±1,11 A	24,13±1,00 A	410,46±9,45 A	58,28±3,99 A
	Efecto nematodo	Con nematodos	11,84±0,23 B	9,001±0,17 A	0,70±0,03 A	16,89±0,66 B	21,77±1,22 A	378,20±12,10 A	49,88±4,35 A
		Sin nematodos	12,42±0,06 A	9,40±0,19 A	0,77±0,04 A	21,90±1,15 A	21,85±0,77 A	405,94±7,51 A	41,54±1,82 B
Verano	**Efecto injerto**	Con injerto	12,65±0,50 A	10,46±0,38 A	1,29±0,04 A	13,90±0,65 A	21,51±0,82 A	449,48±3,56 A	55,59±5,69 A
		Sin injerto	11,71±3,92 B	5,71±1,92 B	1,01±0,34 B	12,00±4,12 B	14,57±4,93 B	299,00±150,00 B	34,80±11,70 B
	Efecto nematodo	Con nematodos	10,61±1,41 B	9,55±1,60 B	1,10±0,16 B	11,17±1,99 B	17,03±3,44 B	365,40±91,30 B	57,26±9,01 A
		Sin nematodos	14,73±0,49 A	8,35±0,39 A	1,35±0,04 A	15,54±0,66 A	21,36±1,24 A	443,41±2,58 A	41,54±3,06 A

Media±Error estándar (n=128 primavera y n= 15 verano en %ms; n= 73 primavera y n= 15 verano en %mm y minerales); Comparaciones en parejas por el método Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0,05).[1]Expresados en mg/kgms.

4.7. Correlaciones entre parámetros

Las correlaciones más relevantes que se han encontrado (tabla 19) son:

1. Correlaciones altamente positivas ($p<0,05$) entre:

   - **%MM con contenido mineral y elementos minerales entre ellos; encontrándose las correlaciones más altas entre MM, K, Mg y Ca,** es decir, un aumento del contenido mineral en la pulpa comporta un incremento de los elementos minerales estudiados. Por otra parte, hay que destacar la alta correlación **entre Ca y Mg y entre Mg, K y Na.**

   - **Otras correlaciones positivas las podemos encontrar entre SST con pH, IM con pH y SST y firmeza con pH, SST y IM.** Estos parámetros están estrechamente ligados entre ellos ya que, cuando la fruta madura se produce un incremento de los SST causando la disminución de ácidos orgánicos, aumentando así el pH de la pulpa. Correlaciones positivas similares, se pueden encontrar **entre los parámetros geométricos (Diámetros laterales mayor y menor y longitud) con pH, SST, IM y firmeza.**

   - Otras relaciones encontradas nos corroboran la correlación entre los **distintos parámetros geométricos entre sí, así podemos encontrar correlaciones altamente positivas entre la longitud y el diámetro lateral mayor y el diámetro lateral menor con diámetro lateral mayor y longitud**; a medida que va creciendo el melón se van incrementando estos parámetros**.**

   - A nivel de color**, se observa que la tonalidad de la pulpa (H*) está altamente correlacionada con la luminosidad (L*) de la corteza, y que esta tonalidad de la pulpa (H*) se correlaciona positivamente con luminosidad (L*) y la saturación (C*) pulpa.**

Tabla 19: *Coeficientes de correlación de Pearson (p<0,05) de diferentes parámetros evaluados en la fruta del melón en ambos cultivos.*

				Corteza		Pulpa									
	ΦMa	**L(cm)**	**ΦMe**	**L***	**H***	**L***	**C***	**pH**	**SST**	**IM**	**%MM**	**Fe**	**Ca**	**Mg**	**K**
L(cm)	**0,997**														
ΦMe	**0,986**	**0,989**													
H*corteza	-0,068	-0,072	-0,073	**-0,738**											
L*pulpa	0,095	0,089	0,103	0,489	**-0,591**										
H*pulpa	0,079	0,078	0,085	**0,742**	**-0,804**	**0,709**	**0,535**								
pH	**0,976**	**0,980**	**0,968**	0,044	-0,072	0,078	0,039								
SST	**0,966**	**0,969**	**0,952**	0,044	-0,069	0,083	0,063	**0,976**							
IM	**0,876**	**0,880**	**0,862**	0,054	-0,060	0,073	-0,067	**0,896**	**0,887**						
Fe	0,068	0,064	0,050	0,118	-0,061	-0,002	0,019	0,061	0,090	0,125	**0,784**				
Ca	0,001	-0,004	-0,010	0,145	-0,111	-0,007	-0,044	0,001	0,012	0,065	**0,794**	**0,746**			
Mg	0,031	0,027	0,016	0,154	-0,096	-0,013	-0,087	0,032	0,036	0,112	**0,841**	**0,825**	**0,926**		
K	0,010	0,008	-0,013	0,175	-0,088	-0,034	-0,028	0,008	0,037	0,080	**0,901**	**0,874**	**0,874**	**0,933**	
Na	0,032	0,029	0,010	0,164	-0,064	-0,062	-0,095	0,033	0,035	0,105	**0,785**	**0,781**	**0,808**	**0,908**	**0,882**
Firmeza	**0,800**	**0,802**	**0,807**	0,025	-0,054	0,087	0,086	**0,815**	**0,795**	**0,690**	-0,094	-0,049	-0,065	-0,072	-0,105

ΦMa: *diámetro lateral mayor;* ***ΦMe:*** *diámetro lateral menor;* ***L (cm):*** *longitud;* ***SST:*** *sólidos solubles totales (ºBrix);* ***IM:*** *SST/Acidez.*

2. También se han encontrado algunas correlaciones negativas (p<0,05) entre algunos parámetros del color como **L* y H*pulpa con H*corteza,** El H* de la pulpa y de la corteza del melón tienen correlaciones negativas ya que, cada uno tiende a colores situados opuestamente en el círculo cromático.

Comparando nuestros resultados con las correlaciones halladas por Obando, (2008), se puede observar que las correlaciones altamente positivas encontradas en los melones cruce de melón español piel de sapo y melón exótico coreano Shongwan Charmi con MS y SST (p<0,05 r=0,82) no se ha encontrado en nuestro estudio; en cambio, la correlación entre acidez y MS (p<0,05 r =0,37) es similar a la obtenida en este trabajo (p<0,05 r=0,308)

5. Conclusiones

Atendiendo a los resultados obtenidos se puede concluir que:

El efecto del injerto:

- Produjo un aumento de la producción en ambos cultivos.
- Incrementó los pesos y los parámetros geométricos del melón en ambos cultivos.
- Del color de la corteza de los melones, el injerto aumentó significativamente el parámetro L*en primavera e incrementó L*, C* y disminuyó H* en verano; y también aumentó L*, C* y H* en la pulpa de los melones de verano.
- En ambos cultivos (primavera y verano), aumentó SST, pH e IM.
- En general, incrementó el contenido de Fe, Ca, Mg, K y Na, aunque en algunos elementos fue dependiente de la época del cultivo.
- Disminuyó la firmeza en la pulpa del melón en el cultivo de primavera, siendo los melones con injerto los de mayor firmeza en el cultivo de verano.

La presencia de *Meloidogyne spp* repercutió negativamente en la mayoría de los parámetros analizados:

- Disminuyó la producción y el tamaño del fruto en ambos cultivos.
- En la corteza aumento los valores de L* y H* en el cultivo de primavera, e incremento H* y disminuyó L* y C* en el cultivo verano. En el caso de la pulpa, disminuyó L*, C* y H* en el cultivo de verano, no encontrándose diferencias significativas en el cultivo de primavera.
- En el cultivo de primavera, la presencia de nematodos indujo una reducción en SST, %ms y Ca, en cambio incrementó la concentración de Na, mientras que en el cultivo de verano, tuvo repercusiones significativamente negativas sobre pH, SST, IM, acidez, contenido de %ms y %mm, y minerales (Fe, Ca, Mg y K).
- En ambos cultivos, la firmeza de la pulpa se vio disminuida.

Interacciones injerto- no injerto vs nematodos-no nematodos:

- El tratamiento de sin injerto-con nematodos dio diferencias significativas respecto los otros tres tratamientos, siendo el que dio menor producción en ambos cultivos.

- El Tratamiento de injerto-con y sin nematodos dio melones con mayor calibre y menor peso mientras que los melones de tratamiento sin injerto-nematodos disminuyeron en tamaño y peso en comparación con el tratamiento control.
- Respecto a los parámetros de pH, SST e IM, el tratamiento de injerto-sin nematodos obtuvo mayores resultados en el cultivo de primavera. En contraposición, el tratamiento de injerto-nematodos, fue el único que produjo melones con SST dentro del rango óptimo en el cultivo de verano.
- La firmeza de la pulpa, se vio afectada negativamente en el tratamiento de injerto- con y sin nematodos en el cultivo de primavera, siendo los melones del tratamiento de injerto-sin nematodos de mayor firmeza en el cultivo de verano.
- El tratamiento de injerto-nematodo disminuyó significativamente el contenido mineral en el cultivo de primavera, siendo el de injerto-sin nematodos en el cultivo de verano. Los melones de tratamiento sin injerto-con y sin nematodos fueron los que dieron mejores resultados en los elementos minerales.
- Independientemente del tratamiento efectuado hay correlaciones altamente positivas entre el contenido mineral y los diferentes elementos estudiados así como entre la firmeza y parámetros geométricos (diámetros laterales mayor y menor y longitud) con IM, pH y SST. A nivel de color, también se han encontrado correlaciones positivas entre el color de la pulpa (H*) con la luminosidad (L*) y la saturación (C*) de la pulpa.

En conclusión, según los resultados obtenidos, injertar melón variedad Cantaloup sobre *Cucumis metuliferus*, disminuye el efecto de *Meloidogyne spp*. sobre la calidad y mejora los rendimientos de producción frente a este parásito.

Bibliografía

- Antón, D. A. (2014). Evaluación de tres ácidos húmicos en el cultivo de melón tipo cantaloupe, en estanzuela, Zacapa. Universidad Rafael Landívar, facultad de ciencias ambientales y agrícolas. http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/09/Anton-Abel.pdf

- Bai, M. B., Song, Q. B., Han, X. R., Li, T. L., Cen, Z. X., Liu, Y. F. (2014). Rootstock Grafting Helps Improve Main Metal Nutrient Translocation of Bleeding Sap in Muskmelon. *Revista Advanced Materials Research,* Vol. 926-930, p. 1018-1023. DOI 10.4028/www.scientific.net/AMR.926-930.1018.

- Davis, A. R., Perkins-Veazie, P., Sakata, Y., López-Galarza, S., Maroto, J. V., Lee, S., Huh, Y., Sun, Z., Miguel, A., King, S. R., Cohen, R., Lee, J. (2008). Cucurbit Grafting. *Revista Plant Sciences*, vol. 27, No. 1, p. 50-74. http://dx.doi.org/10.1080/07352680802053940

- De Melo, S. S., Regina, C. D., Roldi, M., Santo, T. D., Meiriele, P. M., De Oliveire, DA. B. (2013). Mineral nutrition in the control of nematodes. *Revista African Journal of Agricultural Researc*, vol. 8, No. 21, p. 2413-2420. DOI: 10.5897/AJARx12.008. ISSN: 1991-637X.

- Fita, A., Nuez, F., Pico, B. (2011). Adaptación del sistema radicular del melón (*Cucumis melo* L.) frente a la deficiencia en fósforo. *Revista Agrícola Vergel,* No. 4, p. 151-154. http://hdl.handle.net/10251/36873.

- Galatti, F., Franco, A. J., Ito, L. A., Charlo, H., Gaion, L. A., Braz L. T. (2013). Rootstocks resistant to Meloidogyne incognita and compatibility of grafting in net melon. *Revista Ceres, Viçosa*, vol. 60, No. 3, p. 432-436.

- Gómez, IM. C., Vázquez, JM. G. (1982). Enfermedades criptogámicas de la sandía y el melón. *Revista Horticultura,* No. 3, p. 23-28.

- González, FM., Hernández, A., Casanova, A., Despestre, T., Gómez, L., Rodríguez, M. G. (2008). El injerto herbáceo: alternativa para el manejo de plagas del suelo. *Revista protección vegetal*, vol. 23, No. 2, p. 69-74.

- Guan, W., Zhao, X., Dickson, D. W., Mendes M. L., Thies, J. (2014). Root-knot nematode resistance, yield, and fruit quality of specialty melons grafted onto *Cucumis metulifer. Revista HortScience,* vol. 49, No. 8, p. 1046-1051.

- Guan, W., Zhao, X., Huber, D. J., Sims C. A. (2014). Instrumental and sensory analyses of quality attributes of grafted specialty melons. *Revista Journal of the Science of Food and Agriculture,* vol. 95, p. 2989-2995. (wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/jsfa.7050.

- Huang, Y., Zhao, L., Kong, Q., Cheng, F., Niu, M., Xie, J., Nawaz, M.A., Bie, Z. (2014). Comprehensive mineral nutrition analysis of watermelon grafted onto two different rootstocks. *Revista Horticultural Plant Journal.* DOI: 10.1016/j.hpj.2016.06.003

- Jang, Y., Huh, Y-C., Park, D-K., Mun, B., Lee, S., Um, Y. (2014). Greenhouse evaluation of melón rootstock resistance to *Monosporascus* root rot and vine decline as well as of yield and fruit quality in grafted "Inodours" melons. *Revista Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, vol. 32, No. 5, p. 14-622. ISSN 1226-8763. DOI: 10.7235/hort.2014.14065.

- Kumar, S. G., Niyogi, A. P. (2014). Study on protein and sugar content in *Meloidogyne incognita* infested roots of bitter gourd. *Revista International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, Vol. 3, No. 5, p. 470-478. http://www.ijcmas.com.

- Liu, Y. F., Song, Q. B., Liu, H. J., Qi, H. Y., Han, X. R., Li, T. L. (2015). Effects of dissimilar rootstocks on major nutrients translocation of bleeding sap in muskmelon. P. 413-417. ISBN: 978-1-138-02654-4.

- Mármol, J. R. (2008). Cultivo del melón en invernadero. Junta de Andalucía, conserjería de agricultura y pesca. ISBN: 978-84-8474-243-2.

- Molina, E. (2006). Efecto de la nutrición mineral en la calidad del melón. *Revista informaciones agronómicas*, No. 63, p. 1-16.

- Nevado, M. A. (1987). El cultivo del melón Cantaloup. *Revista horticultura,* No. 34, p. 66-72.

- Obando, J., Fernández-Trujillo, JP. (2008). Identification of melon fruit quality quantitative trait loci using near-isogenic lines. *Revista Journal of the American Society for Horticultural Science*. Vol. 133, No. 1, p. 139-151.

- Obregón, R. D. (2006). Principales plagas del cultivo de melon y sus enemigos naturales. *En el valle de la Fragua, Zacapa, Guatemala.* Universidad Rafael Landívar y Universidad de Vicosa de Brasil. https://martinurbinac.files.wordpress.com/2011/08/melon-plagas.pdf

- Parra, A.C., Hernandez, JE. H., Camachi-Tamayo, J. H., (2006). Estudio de algunas propiedades físicas y fisiológicas precosecha de la pera variedad Triunfo de Viena. *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 28, No. 1 p. 55-59. ISSN 0100-2945. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452006000100017.

- Parrilla, R. R. (1984). Meloidogyne (Nemátodo de los nódulos radiculares). *Revista horticultura,* vol. 13, p. 41-47.

- Pinochet J., Soler A., Verdejo S., Marull J. (1990). Los nematodos agalladores en frutales. *Revista fruticultura profesional,* No. 31, p. 19-26.

- Rashidi, M., Seyfi, K. (2007). Classification of fruit shape in Cantaloupe using the analysis of geometrical attributes. *Revista World Journal of Agricultural Sciences.* IDOSI Publications. vol. 3, No. 6, p. 735-740. ISSN 1817-3047.

- Rivera, G. C. (1999). Conceptos introductorios a la fitopatología. EUNED, p. 308. ISBN 9968310425, 9789968310420.

- Sarita, V. (1995). Cultivo de melón. Boletín técnico No 7, segunda edición. Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc . http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/melon.pdf

- Sirvent, MB. S., Doménech, C G. (2015). Estrategias de selección de portainjertos para variedades de melón. ETSIAMN, Universitat Politècnica de València, departamento de biotecnología.

- Talavera, M. R. (2003). Manual de nematología agrícola: Introducción al análisis y al control nematológico para agricultores y técnicos de agrupaciones de defensa vegetal. Institut de recerca i formació agraria i pesquera, conselleria d'Agricultura i pesca de les Illes Balears.

- Taylor, A. L., Sasser, J. N. (1983).Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de Meloidogyne). Publicación cooperativa entre el Departamento de Fitopatología de la Universidad del Estado de California del Norte y la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAQ245.pdf

- Yarsi, G., Sari, N., Yetisir, H. (2012). Effect of Different Rootstocks on the Yield and Quality of Grafted Melon Plants. *Revista Acta horticulturae,* vol. 936. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.936.54.

- Yetisir, H., Özdemir, A. E., Aras, V., Candır, E., Aslan, Ö. Rootstocks (2013) .Effect on plant nutrition concentration in different organ of grafted watermelon. *Revista Agricultural Science*, Vol. 4, No. 5, 230-237. http://dx.doi.org/10.4236/as.2013.45033.

- Zamora, JE. G., García-Marí, F., Benages, E., Orenga, S. (1992). Control biológico del trips *Frankliniella occidentails* (Pergande) en fresón. *Revista Boletín de sanidad vegetal. Plagas.* Vol. 18, No. 1, p. 265-288. ISSN: 0213-6910.

Webs referenciadas

- Agriculturers- Red de especialistas en agricultura. http://agriculturers.com/todo-sobre-la-mosca-blanca-de-los-invernaderos-trialeurodes-vaporariorum/ [Consultado 03/05/2016].

- Aphis gossypii Glovere. http://www.nbair.res.in/Aphids/Aphis-gossypii.php [Consultado 03/05/2016].

- Cortez, SB. (2011). Cultivo de melón: Selección y preparación del suelo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Serie de Producción Agropecuaria No. 5. http://inta.gob.ar/documentos/cultivo-de-melon-seleccion-y-preparacion-del-suelo [Consultado 28/04/2016].

- Diagnosing Postharvest. https://www.ncsu.edu/project/cucurbitkeys/Anthracnose.htm [Consultado 03/05/2015].

- El huerto 2.0. https://elhuerto20.wordpress.com/tag/erysiphe-cichoracearum/ [Consultado 03/05/2016].

- El huerto 2.0. https://elhuerto20.wordpress.com/tag/erysiphe-cichoracearum/ [Consultado 03/05/2016].

- FitoDiagnóstico. http://www.fitodiagnostico.com/Elemento/4f87048233bd4799a60737ca1ac27218 [Consultado 03/05/2016].

- FONAIP DIVULGA No. 48. http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd48/texto/manejo.htm [Consultado 03/05/2016].

- Grupo Tecnologías de horticultura mediterránea (THM). http://www.horticulturablog.com/2013/05/produccion-y-comercio-de-melones.html [Consultado 03/05/2016].

- Horticom. http://www.horticom.com/pd/imagenes/54/164/54164.html [Consultado 03/05/2016].

- Jardineria online. Blog en español sobre plantas, tratamientos, jardines, viveros. http://jardineriaonline.blogspot.com.es/2012/03/arana-roja-tetranicus-urticae.html [Consultado 03/05/2016].

- SlideShare. http://es.slideshare.net/AVJEICA/nematodos-9030188 [12/04/2016].

- The American Phytopathological Society (APS). http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/Nematodes/Pages/RootknotNematodePort.aspx [Consultado 15/04/2016].

- ZonaDiet.com. http://www.zonadiet.com/comida/melon.htm [Consultado 03/05/2016].