



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

ESTUDIO DEL EFECTO DE LA PRESENCIA DE NEMATODOS EN EL SUELO Y EL USO DE INJERTO EN LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL MELÓN CANTALOUPE

Trabajo Final de Grado

Ingeniería Alimentaria

Autor: Anna Costa Villanueva

Tutoras: Isabel Achaerandio Puente
Montserrat Pujolà Cunill

18 / Julio / 2020

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo el estudio del efecto del injerto, la presencia o no de nematodos (*Meloidogyne spp.*) y la virulencia de estos en la calidad del melón Cantaloup cultivados en el invernadero.

Los parámetros de calidad estudiados en este trabajo fueron el peso, calibre, color, pH y sólidos solubles totales. La utilización del injerto mejoró las características de calidad de los melones y tuvo repercusiones significativas sobre los sólidos solubles totales (SST) y sobre el color de la pulpa ($p < 0,05$). Según los resultados obtenidos la presencia de nematodos influye negativamente en los parámetros estudiados. Sin embargo, la presencia de *Meloidogyne spp.* y la virulencia que presenta la población, influenciaron significativamente en parámetros de color y sólidos solubles totales (SST) provocando una disminución de estos en poblaciones virulentas. En general, se puede ver que los tratamientos con mejores resultados han sido en aquellos donde la planta estaba injertada y la población de nematodos no presentaba virulencia.

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.

Palabras clave: *Meloidogyne spp.*, injerto, color, grados Brix, virulencia.

Resum

Aquest treball té com objectiu l'estudi del efecte del portaempelt , la presencia o no de nematodes (*Meloidogyne spp.*) i la virulència d'aquests en la qualitat del meló Cantaloup cultivats en l'hivernacle.

Els paràmetres de qualitat estudiats en aquest treball van ser el pes, calibre, color, pH i sòlids solubles totals. La utilització del portaempelt va millorar les característiques de qualitat dels melons i va tenir repercussions significatives sobre sòlids solubles totals (SST) i sobre el color de la polpa. Segons els resultats obtinguts la presencia de nematodes influeix negativament en els paràmetres estudiats. Però, la presencia de *Meloidogyne spp.* i la virulència que presenta la població, van influenciar significativament en els paràmetres de color i sòlids solubles totals (SST) provocant una disminució d' aquests melons conreats en poblacions virulentes. En general, es pot observar que els tractaments amb millors resultats van ser aquells on la planta presentava portaempelt i la població de nematodes no presentava virulència.

Per tot això, podem concloure que el portaempelt en el meló amb la varietat resistent *Cucumis metuliferus*, es una bona pràctica per mantenir i millorar les característiques de la qualitat del meló.

Paraules clau: *Meloidogyne spp.*, portaempelt, color, graus Brix, virulència.



Abstract

The objective of this work is to study the effect of the graft, the presence or not of nematodes (*Meloidogyne spp.*) and their virulence in the quality of the Cantaloup melon in the greenhouse.

The quality parameters studied in this work were weight, caliber, color, pH, and total soluble solids. The use of the graft improved the quality characteristics of the melons and had significant repercussions on the total soluble solids (SST) and on the color of the pulp. According to the results obtained, the presence of nematodes negatively influences the parameters studied. However, the presence of *Meloidogyne spp.* and the virulence that the population presents significant effect on color parameters and total soluble solids (SST), causing a decrease in these in virulent populations. In general, it can be seen that the treatments with the best results have been in those where the plant was grafted and the nematode population did not show virulence.

For all these reasons, we can conclude that grafting the melon with the resistant variety *Cucumis metuliferus*, is a good practice to maintain and improve the quality characteristics of the melon.

Key words: *Meloidogyne spp.*, graft, color, degrees Brix, virulence.

Sumario

ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
AGRADECIMIENTOS	10
INTRODUCCIÓN	11
1.1 Melón Cantaloup.....	11
1.1.1 Cultivo del melón	14
1.1.2 Contenido nutricional.....	15
1.1.2.1 Componentes bioactivos.....	16
1.1.3 Factores que afectan la calidad del melón	17
1.1.3.1 Efectos de los nutrientes del suelo en la calidad del melón.....	18
1.1.3.2 Plagas y enfermedades que afectan al desarrollo de la planta y a la calidad del fruto.	19
1.2 Meloidogyne incognita.....	23
1.2.1 Virulencia.....	24
1.2.2 Daños causados y efectos sobre la calidad del melón Cantaloup	25
1.3 Uso del injerto	27
OBJETIVOS	29
MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1 Material vegetal	30
3.2 Diseño experimental	30
3.3 Métodos analíticos	32
3.3.1 Calibre y peso	33
3.3.2 pH	33
3.3.3 Sólidos Solubles Totales, (SST) (°Brix)	33
3.3.4 Determinación del color.....	33
3.4 Análisis estadísticos.....	34
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1 Efecto del injerto en la calidad del melón Cantaloup.....	35
4.1.1 Efecto del injerto sobre el peso y calibre del melón.....	35
4.1.2 Efecto del injerto sobre el melón en SST y pH.....	38
4.1.3 Efecto del injerto sobre el color de la pulpa en el melón.....	40

4.2	Efecto de la infestación de nematodos en la calidad del melón Cantaloup	43
4.2.1	Efecto de la infestación de nematodos sobre el peso y calibre del melón.....	43
4.2.2	Efecto de la infestación de nematodos sobre el pH y SST del melón.	47
4.2.3	Efecto de la infestación de nematodos sobre el color de la pulpa en el melón.	49
4.3	Comparativa con los resultados de cultivos de melón de primavera en campañas anteriores	55
CONCLUSIONES		57
BIBLIOGRAFIA		59
	Referencias bibliográficas	59

Índice de figuras

Figura. 1: Raíz de planta de melón _____	11
Figura. 2: Tallos y hojas de planta de melón _____	12
Figura. 3: Melón Cantaloup _____	13
Figura. 4: Producción de Melones, otros (incl. Cantaloup) _____	13
Figura.5: Producción/Rendimiento de Melones, otros (incl. Cantaloup) en el Mundo _____	14
Figura. 6: Clasificación de los principales bioactivos en vegetales _____	17
Figura. 7: Ciclo de vida de <i>Meloidogyne incognita</i> _____	24
Figura. 8: Injerto melón _____	27
Figura. 9: Invernadero Agrópolis, Viladecans (Baix Llobregat) _____	30
Figura. 10: Diagrama de los análisis realizados _____	32
Figura. 11: Peso en melones variedad (planta no injertada) (n=14) y patrón (planta injertada) (n=70) _____	36
Figura. 12: Calibre en melones variedad (planta no injertada) (n=13) y patrón (planta injertada) (n=70) _____	37
Figura. 13: Sólidos Solubles Totales, SST (°Brix) en melones variedad (planta no injertada) (n=17) y patrón (planta injertada) (n= 110) _____	38
Figura. 14: pH en melones variedad (planta no injertada) (n=10) y patrón (planta injertada) (n=72) _____	39
Figura. 15: Luminosidad (L*) en melones variedad (planta no injertada) (n=12) y patrón (planta injertada) (n=59) _____	40



- Figura. 16:** Saturación (C*) y matiz (Hue) en melones variedad (planta no injertada) (n=12) y patrón (planta injertada) (n=59) _____ 41
- Figura. 17:** índice de color en los melones variedad (planta no injertada) (n=12) y patrón (planta injertada) (n=59) _____ 42
- Figura. 18:** Niveles de índice de color _____ 42
- Figura. 19:** Melón patrón DD6D-P3- población 0. _____ 43
- Figura. 20:** Peso en melones variedad (n=14) y patrón (n=70) _____ 44
- Figura. 21:** Calibre horizontal y vertical en melones variedad (planta no injertada) (n=13) y patrón (planta injertada) (n=70) según el tipo de tratamiento y densidad de población de nematodos. _____ 45
- Figura. 22:** Dimensiones melón patrón (EDE) según diferentes densidades de población inicial de nematodos. _____ 46
- Figura. 23:** Solidos Solubles totales en melones variedad (planta no injertada) y patrón (planta injertada) según la población inicial de nematodos, virulencia de la población y tipo de tratamiento. _____ 47
- Figura. 24:** pH en melones Cantaloup según el tipo de tratamiento, virulencia y densidad de población inicial. (Variedad (planta no injertada) (n=10) y patrón (plantainjertada) (n=72)) _____ 48
- Figura. 25:** Luminosidad (L*) en melones Cantaloup según el tipo de tratamiento, virulencia y densidad de población inicial. (Variedad (planta no injertada) (n=12) y patrón (planta injertada) (n=59)) _____ 49
- Figura. 26:** Saturación (C*) en melones Cantaloup según el tipo de tratamiento, virulencia y densidad de población inicial. (variedad (planta no injertada) (n=12) y patrón (planta injertada) (n=59)) _____ 50

Figura. 27: Matiz (Hue) en melones Cantaloup según el tipo de tratamiento, virulencia y densidad de población inicial. (variedad (planta no injertada) (n=12) y patrón (planta injertada) (n=59)) _____ 51

Figura. 28: Diagrama cromático. Se indica, de manera aproximada, mediante un círculo la posición que ocuparía la media en melón variedad (planta no injertada) (color azul) y patrón (planta injertada) (color naranja). _____ 52

Figura. 29: Índice de color en melones Cantaloup según el tipo de tratamiento, virulencia y densidad de población inicial. _____ 53

Figura. 30: Niveles de índice de color _____ 54



Índice de tablas

Tabla. 1: Composición nutricional del melón <i>Cantaloup</i> en 100g _____	16
Tabla. 2: Efecto de los nutrientes en la calidad del melón _____	18
Tabla. 3: Efecto de las plagas en la calidad del melón _____	19
Tabla. 4: Efecto de las enfermedades en la calidad del melón _____	21
Tabla. 5: Resumen de las conclusiones de trabajos anteriores _____	26
Tabla. 6: Tabla distribución plantas en Agrópolis _____	32
Tabla. 7: Tabla de valores de los calibres en melón Cantaloup en población inicial 0, 66 y 319. __	47
Tabla. 8: Coloración de los melones según tipo de tratamiento y densidad del cultivo de nematodos. _____	54
Tabla. 9: Tabla comparativa de los parámetros estudiados respecto al tipo de tratamiento (variedad-patrón) durante los 3 años de cultivo _____	56

Agradecimientos

Finalizado mi Trabajo Final de Grado, echo la vista atrás y pienso en todo el tiempo que ha transcurrido. Solo me quedan todos los buenos momentos vividos y todo el aprendizaje adquirido en estos cuatro años.

Me gustaría mostrar mi gratitud a mi tutora Isabel Achaerandio, por guiarme y ayudarme en circunstancias que pensábamos que nunca viviríamos durante el transcurso de este trabajo y por su inmejorable trato conmigo.

Agradecer el tiempo dedicado de mi segunda tutora Montserrat Pujolà.

Por último, agradecer a mi familia y compañeros por el apoyo, la motivación y el tiempo al final de esta etapa.



Introducción

Este presente trabajo de fin de grado se centra en el estudio de la caracterización de la calidad del melón Cantaloup. Se enmarca en el proyecto de investigación AGL2017-89785-R (EGRES-AVIRULENT) del grupo de investigación GINEMQUAL- Gestió Integrada de Nematodes Fitoparàsits i dels Efectes sobre el Rendiment i Qualitat de la Collita del Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Para ello, es importante el estudio de las características del melón en condiciones óptimas y poder hacer una comparación con plantas que han estado infectadas por una población de nematodos que provocan alteraciones en el fruto.

1.1 Melón Cantaloup

La planta de melón es herbácea, anual, rastrera o trepadora si se le facilita un entutorado apropiado mediante zarcillos sencillos de 20-30 cm de longitud que nacen en las axilas de las hojas, junto a los brotes.

La raíz adulta (**Figura.1**) de la planta de melón contiene un sistema radicular secundario extenso que puede alcanzar hasta 1,5 metros de profundidad, pero puede ser superficial en cultivos enarenados donde el agua y fertilizantes están muy próximos, no sobrepasando, generalmente, los 50 cm de profundidad (Reche 2008).



Figura. 1: Raíz de planta de melón

Fuente: (Reche 2008)

Los tallos (**Figura.2**) son de colores verdes, flexibles y ramificados. Debido al tipo de crecimiento rastrero estos se desarrollan a ras del suelo, pero también pueden ser trepador y con zarcillos en variedades de cultivo entutorado. En el tallo principal están las hojas de donde las axilas brotarán las ramificaciones de la segunda y tercera generación (Reche 2008).



Figura. 2: Tallos y hojas de planta de melón

Fuente: (Reche 2008)

La flor del melón puede presentar sexo masculino, es el que suele aparecer primero y es más pequeño, o femenino que suele aparecer más tarde y aparece en los brotes hijos en las axilas de las hojas. También puede presentar ambos sexos en la misma flor (hermafrodita). La fecundación es entomófila (por abejas principalmente). El fruto tiene una gran velocidad de crecimiento dependiendo de la variedad y las condiciones climáticas en las que se presente (Nevado, M. A. (1987).

El melón (*Cucumis melo* L.) perteneciente a la familia de las Cucurbitácea. Es una planta herbácea anual. Una de las variedades cantaloupensis y reticulatus da como fruto el Melón Cantaloup (**Figura.3**), este presenta una forma casi esférica de apariencia uniforme, son frutos de pequeño tamaño entre los 0,75-2kilos de peso. Por dentro, el fruto presenta una pulpa suave, dulce de color naranja y con unas semillas planas localizadas en el centro del fruto (Mejía 2006).



Figura. 3: Melón Cantaloup

Fuente: (Megan Ware, RDN,2019)

En un principio los melones eran muy diferentes a como lo conocemos ahora. Derivados de las especies silvestres, su tamaño era mucho más pequeño. Con el tiempo fueron mejorando las variedades hasta llegar a las actuales.(Mejía 2006)

Uno de los mayores productores a nivel mundial es China, tal y como se muestra en el **Figura.4**, en los últimos 10 años hasta 2018, donde hay más producción es en Asia. Se puede observar en los datos de FAOSTAT que con el tiempo la producción ha crecido aunque la superficie de cultivo ha ido disminuyendo, tal y como puede observarse en la **Figura.5**. Esto puede indicar que se empieza a dar la utilización de otras variedades o variedades híbridas de mayor rendimiento y una mejora en el cultivo, además las variedades de melón típicas de cultivo entutorado, como son los tipos cantalupos han reducido la superficie cultivada (FAOSTAT).

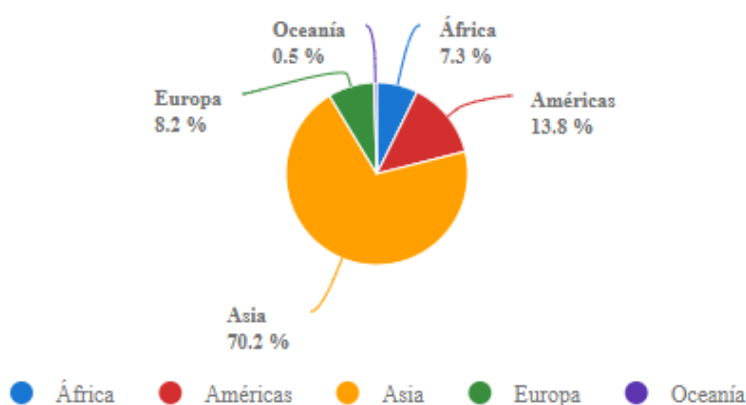


Figura. 4: Producción de Melones, otros (incl. Cantaloup)

Fuente: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>

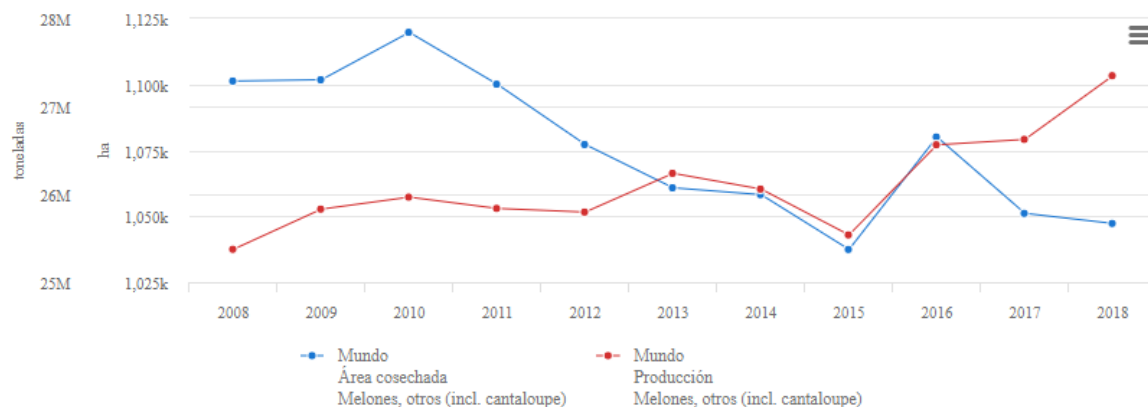


Figura.5: Producción/Rendimiento de Melones, otros (incl. Cantaloupe) en el Mundo

Fuente: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>

1.1.1 Cultivo del melón

El cultivo del melón es de climas cálidos, con temperaturas altas y no necesariamente húmedos. Es un fruto de verano donde durante el día se llegan a temperaturas hasta de 27°C y por la noche no bajan de los 10°C. Es una planta exigente de calor, su temperatura óptima de germinación es de 25-30°C y la mínima de 16-17°C. A Temperaturas de menos de 14°C las plantas limitan su crecimiento y desarrollo, y con valores por debajo de 0°C se produce la destrucción del cultivo.

El cultivo de melón necesita luz durante ciertas horas del día para poder florecer, la aparición de flores femeninas se da en días cortos y temperaturas más bajas.

La recolección se realiza normalmente entre los 60-70 días después de la siembra dependiendo de la variedad con la que se trabaje. El inicio de la maduración de las variedades del melón Cantaloupe se reconoce por la fácil separación del pedúnculo y a veces, con la aparición seca de los zarcillos cercanos al fruto al cosechar y marchitez del pedúnculo (Fundacion de Desarrollo Agropecuario 1995).

1.1.2 Contenido nutricional

Los frutos de la planta de melón Cantaloup tienen un peso entre 1 - 3 kg de media, estas a medida que van madurando, emite esencias aromáticas al desprenderse del pedúnculo. El melón tiene una forma redonda y ligeramente ovalada. En la corteza no presenta ninguna sutura prácticamente y la superficie es uniforme. Este tipo de fruta presenta una pulpa gruesa, más o menos firme, de color anaranjado, muy dulce debido a la concentración de azúcares presentes, sabor y aromas agradables y además presenta semillas en el medio del fruto de pequeñas a grandes (Fornaris 2001).

Dentro de la variedad Cantaloup, a nivel nutricional cabe destacar que es una fruta de valor calórico bajo y ésta aporta una gran cantidad de agua debido a que es el principal elemento por el que está formada. El contenido de azúcares presentes en el melón oscila entre 7-18%; esto hace que sea una fruta apta para personas diabéticas debido a que su contenido en una porción comestible es bajo. Dependiendo de la variedad el contenido vitamínico es distinto, en el caso de la variedad Cantaloup se destaca su contenido en betacaroteno o provitamina A (que se transforma a vitamina A en el organismo) y vitamina C. En la composición mineral se destaca el potasio, magnesio y calcio con concentraciones elevadas. Estas características le dan propiedades diuréticas (Zapata Nicolas et al. 1989).

En la **Tabla.1**, se muestra la composición nutricional del melón Cantaloup.

Tabla. 1: Composición nutricional del melón *Cantaloup* en 100g

Parámetro		Minerales		Vitaminas	
Agua (g)	90,15	Calcio (mg)	9	Vitamina C (mg)	36,7
Energía (kcal o kJ)	34kcal/1 41 kJ	Hierro (mg)	0,21	Vitamina B1 (mg)	0,041
Proteínas(g)	0,84	Magnesio (mg)	12	Vitamina B2 (mg)	0,019
Grasas totales(g)	0,19	Fósforo (mg)	15	Vitamina B3 (mg)	0,734
Carbohidratos(g)	8,16	Potasio (mg)	267	Vitamina B6 (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
				VitaminaK (µg)	2,5

Fuente: USDA <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169092/nutrients>

1.1.2.1 Componentes bioactivos

En los últimos tiempos se ha desarrollada todavía más el estudio en alimentación /nutrición relacionado con la salud de las personas desarrollándose una gran cantidad de estudios referentes a composición en los alimentos, modelos analíticos, experimentales y estadísticos entre otros, para la identificación de determinados componentes en los alimentos como factores implicados en la prevención de enfermedades. Actualmente se ha desarrollado todo un campo en la investigación de compuestos bioactivos aislados para ver su eficacia.

Un compuesto bioactivo es aquel que proporciona una mejora en la condición de salud humana, en general estos se encuentran en cantidades pequeñas dentro de los alimentos (Chalé 2014).



Los principales compuestos bioactivos de las plantas se clasifican según sus características y funciones principales y estos a su vez son divididos en subclases, tal y como muestra la **Figura.6**, los que se presentan en color amarillo son simplemente nutrientes, en color verde fotoquímicos y en color azul son aquellos que tienen las dos funciones. La gran mayoría se encuentran en frutas y verduras.(García Mayordomo 2016)

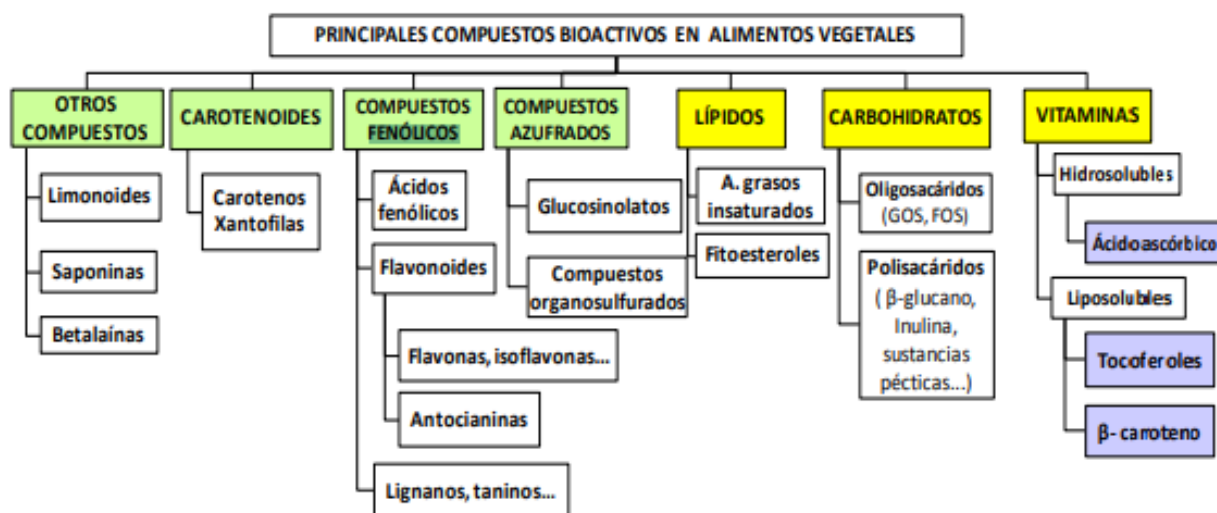


Figura. 6: Clasificación de los principales bioactivos en vegetales

Fuente: (García Mayordomo 2016)

1.1.3 Factores que afectan la calidad del melón

Los cultivos de melones pueden tener diferentes factores que afectan a la calidad final del producto. Para ello, es importante hacer unas buenas técnicas de cultivo, teniendo un buen manejo y cuidado del cultivo durante el crecimiento y desarrollo de este y en la postcosecha.

Uno de los factores que pueden alterar la calidad final del producto son las condiciones ambientales a las que está expuesto. Este cultivo, necesita de temperaturas altas y de una humedad determinada (un 70% en la fase inicial y con una humedad más reducida durante el proceso de maduración), para ello es importante saber en qué tipo de suelo se está trabajando y el nivel de riego que es necesario, el más común en un sistema de riego por gravedad de surcos. Además de la utilización de abonos ricos en nutrientes dependiendo de la fase de desarrollo y nivel de maduración de la planta (Nevado, 1987).

1.1.3.1 Efectos de los nutrientes del suelo en la calidad del melón

Es importante conocer las funciones de los nutrientes para obtener rendimientos más altos a nivel de calidad de la fruta. En la **Tabla.2**, se puede observar que función realiza cada nutriente en la planta y que puede provocar tener un déficit de este.

Tabla. 2: Efecto de los nutrientes en la calidad del melón		
Nutriente	Función	Deficiencia
Nitrógeno	Esencial para el crecimiento de la planta, debido a que es un nutriente imprescindible para la formación de órganos vegetativos ya que forma parte de numerosos compuestos orgánicos.	Presencia de un color verde pálido o amarillento en hojas inferiores, en las hojas más viejas aparecen necrosis. Si se extiende en toda la planta, los síntomas pueden ser una reducción de la floración, muerte de las hojas y alteraciones en el crecimiento de la planta. Todo esto conlleva a un fruto pequeño, con cáscara delgada, un color no uniforme, sensibles al sol y con una maduración temprana.
Fósforo	Es imprescindible en los procesos bioquímicos celulares en las plantas, interviene en el proceso de fotosíntesis y respiración. Por ello, es esencial para el crecimiento de raíces y tallos.	Un déficit de este nutriente provoca al inicio un color oscuro en hojas y en hojas viejas la necrosis. Obtención de plantas con un sistema radicular pequeño, un número de frutas menor y hay un retroceso en la maduración del fruto.
Potasio	Interviene en el proceso de fotosíntesis, activando enzimas, en la síntesis de proteínas y en el metabolismo oxidativo de la planta. Además, también interviene en el flujo de agua, índice en la floración y fructificación.	Se obtienen plantas de aspecto flácido, poco turgentes, hojas pequeñas. Hojas jóvenes onduladas y con manchas cloróticas, además de presentar una coloración rojiza y las adultas con coloración oscura o con necrosis.

Tabla. 2: Efecto de los nutrientes en la calidad del melón		
Calcio	Es un nutriente importante para mantener la firmeza de la planta. Además interviene en diversos procesos químicos en la planta.	Los síntomas del déficit de calcio se presentan sobretodo en tejidos nuevos donde hay división celular. Puede presentar necrosis en tejidos de crecimiento como brotes nuevos, inflorescencias o puntas de raíces. Hojas de color amarillento y con la punta hacia arriba. Provoca una reducción en el crecimiento de la planta y frutos pequeños y sin sabor.

Fuente: (Molina 2006)

1.1.3.2 Plagas y enfermedades que afectan al desarrollo de la planta y a la calidad del fruto.

El melón Cantaloup puede presentar afectación por diferentes tipos de plagas produciendo una mala calidad del fruto. También, pueden presentar diferentes enfermedades dependiendo del origen por el que son producidas. Estas causaran diferentes tipo de sintomatología en la planta y tendrán diferentes tipos de tratamiento. Tal y como se muestra en la **Tabla.3 y 4**, se puede observar el daño causado en la planta y en el fruto, repercutiendo en la calidad de este, por las plagas y enfermedades más frecuentes.


Tabla. 3: Efecto de las plagas en la calidad del melón		
Plaga	Daños	Fotografía
Mosca blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del crecimiento de la planta. - Transmisión de virus. - Se alimenta de la savia de las plantas. 	 <p>Fuente: https://agriculturers.com/mosca-blanca-en-tomate/</p>

Tabla. 3: Efecto de las plagas en la calidad del melón




<p>Araña roja</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Decoloración en hojas - Desección - Defoliación 	 <p>Fuente: https://www.nostoc.es/arana-roja-informacion-soluciones-y-tratamiento-de-la-plaga/</p>
<p>Pulgón</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Debido a que se alimenta de la savia, las hojas adquieren una tonalidad clorótica y se enrollan. - Daño en las flores y tallos tiernos. - Puede transmitir enfermedades virales. 	 <p>Fuente: https://www.ecured.cu/Pulg%C3%B3n de los melones</p>
<p>Minador</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Daño en la estructura de las hojas. - Reducción capacidad fotosintética de la planta. 	 <p>Fuente: http://www.hortoinfo.es/index.php/plagas/568-minador-hojas-trifolii-09-02-14</p>



Tabla. 4: Efecto de las enfermedades en la calidad del melón		
Enfermedades	Daños	Fotografía
Mildiu o añublo lanoso (<i>Pseudoperonospora cubensis</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Defoliación de las plantas. - Frutos pequeños y quemados por el sol. - Hojas secas. 	 <p>Fuente: http://www.alvinutrientes.com/blog/cuatro-enfermedades-del-melon-y-la-sandia-en-primavera/</p>
Tizón temprano (<i>Alternaria cucumerina</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Manchas circulares de color marrón en las hojas y en la planta. 	 <p>Fuente: https://es.slideshare.net/19920920/enfermedades-del-melon</p>

Tabla. 4: Efecto de las enfermedades en la calidad del melón		
<p>Putridión o marchitamiento</p> <p>(<i>Fusarium solani cucurbitae</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> Schl., <i>F. melonis</i> Sydner et Hansen)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Semillas de germinación podridas. - Marchitamiento y amarilleamiento, exudaciones gomosas y necrosis de las partes atacadas. 	 <p>Fuente: http://elhocinoadra.blogspot.com/2011/01/fusariumoxysporum-f-sp-cucumerinum.html</p>
<p>Mosaico del pepino (CMV)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Hojas cloróticas y enrolladas en sí mismas. - Plantas enanas - Frutos muestran mosaico y usualmente pueden presentar deformaciones. 	 <p>Fuente: https://es.slideshare.net/DrNelson/enfermedades-del-meln?next_slideshow=1</p>
<p>Nematodos de agalla (<i>Meloidogyne spp.</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Produce agallas o nodulaciones en las raíces del fruto, provocando la muerte de la planta. 	 <p>Fuente: https://es.slideshare.net/DrNelson/enfermedades-del-meln?next_slideshow=1</p>

Fuente 1: (Fundacion de Desarrollo Agropecuario 1995)

Fuente 2: (Nevado, 1987)

1.2 *Meloidogyne incognita*

Entre las especies del género, *Meloidogyne incognita* tiene importancia la afectación en cultivos de gran importancia económica. Según el tipo de alimentación, se clasifica como nematodo endoparásito sedentario, penetrando totalmente en la raíz y manteniendo un lugar fijo de alimentación.

El ciclo de vida de este nematodo es simple incluyendo seis estadios: huevo, cuatro estadios juveniles (J1-J4) y un estadio adulto. Se inicia con la puesta de huevos en una matriz gelatinosa que eclosionan a los 7 días (**Figura.7**). Penetran por la raíz por debajo de la cofia y migran hasta alcanzar el floema primario o células del parénquima, lo hacen de manera intercelular. La alimentación la inician una vez llegan a las células del parénquima. En el estadio juvenil 2, se produce la diferenciación por dimorfismo sexual. (Andrés Yeves y Verdejo Lucas, 2011) Los machos una vez dejan de alimentarse en el tercer estadio, realizan la cuarta muda y salen de la raíz, por lo que suelen encontrarse en los suelos, y después del acoplamiento mueren. En cambio, las hembras adquieren forma de pera y siguen alimentándose, manteniéndose sedentarias hasta que mueren. Detrás de las hembras, en la superficie de la raíz, se depositan los huevos en matrices gelatinosas.

El ciclo de vida depende de la temperatura del suelo y el tipo de planta a la que infectan. Generalmente se completa entre 21 y 28 días (*Meloidogyne incognita* - EcuRed).

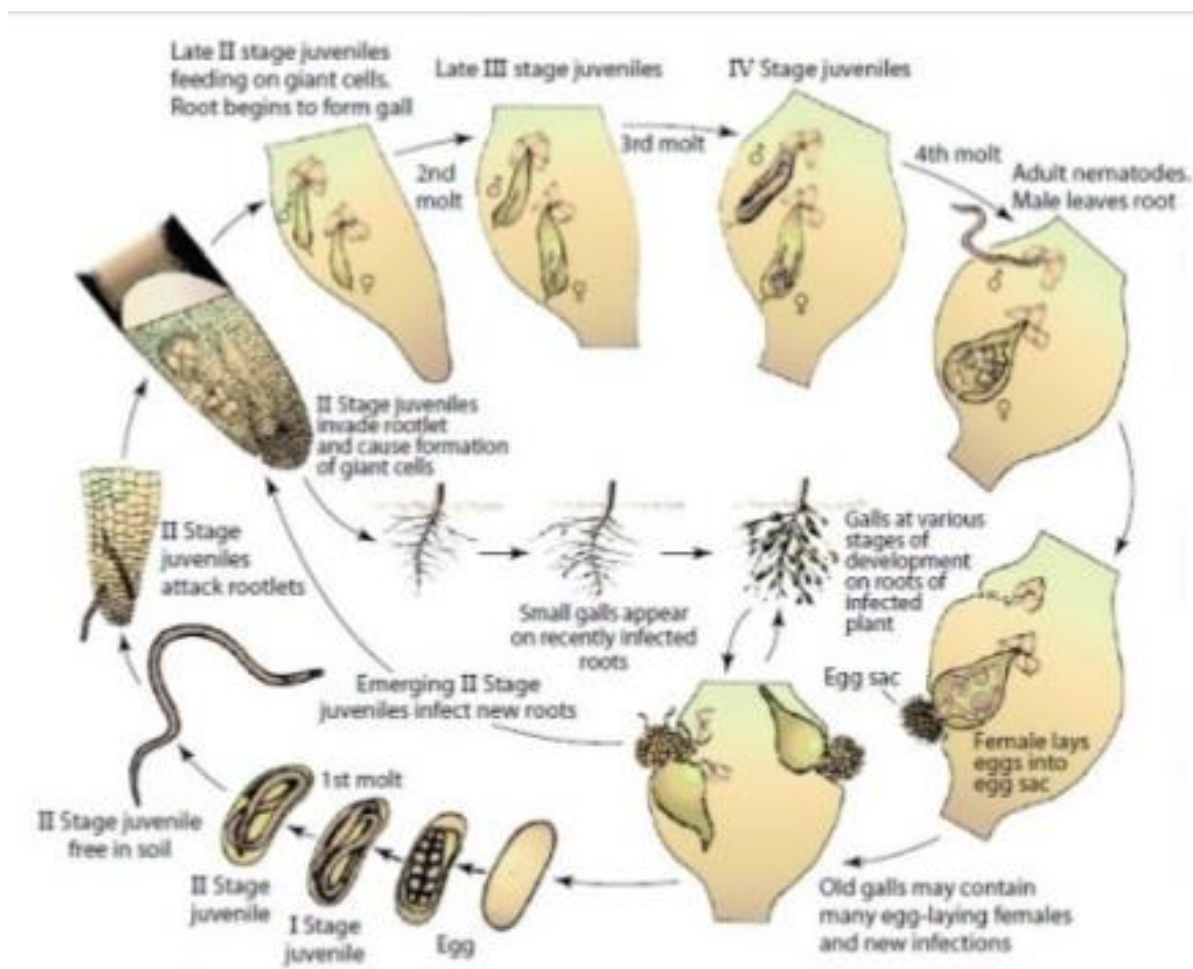


Figura. 7: Ciclo de vida de *Meloidogyne incognita*

Fuente: <https://prezi.com/n-djcmrwwby/incognita/>

1.2.1 Virulencia

La interacción de los nematodos fitoparásitos con la planta huésped se basa en el modelo gen a gen, según el cual un gen de avirulencia (gen *Avi*) en el nematodo se corresponde con un gen de resistencia (gen *R*) en la planta. Si la planta no posee un gen *R* específico para el nematodo se produce una reacción compatible. En una interacción compatible, la planta no activa una respuesta de defensa frente al nematodo, permitiendo el desarrollo y crecimiento de este en sus tejidos, produciendo síntomas generalizados característicos del fitoparásito.

En base a este modelo, la virulencia de los nematodos se define como la capacidad de reproducirse en una planta huésped con un gen de resistencia específico. El carácter de virulencia viene dado por la pérdida o alteración de un gen Avir en la planta. (Andrés Yeves y Verdejo Lucas, 2011)

Si la población de nematodos presenta mayor virulencia puede afectar a la planta con más facilidad, causando mayor daños al cultivo y por consecuencia a la producción.

1.2.2 Daños causados y efectos sobre la calidad del melón Cantaloup

Los síntomas más importantes aparecen en la formación de agallas en la raíz. El tamaño dependerá del tipo de planta y de nematodo. Si la población de nematodos en el suelo no se controla adecuadamente puede provocar daños severos en las plantas y la pérdida de la cosecha.

- Raíces de las plantas afectadas más abundantes de lo normal, tanto el daño vascular como el de agallas. El daño vascular hace que no haya un buen flujo de agua, tampoco de sustancias minerales, provocando síntomas en la parte aérea de la planta.
- Puede producir daños indirectos, ya que la infección con este nematodo provoca una alta probabilidad de que la planta sea atacada por bacterias u hongos, provocando la pudrición de la raíz.
- En la parte aérea de la planta puede observarse enanismo y clorosis
- Otros síntomas son plantas marchitas o moribundas, reducción del número y tamaño de hojas, plantas deficientes de agua y nutrientes sin que haya problemas en el suelo, calidad de los frutos pobre y bajo rendimiento de la cosecha.(Roldán,2020)

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).

Los estudios realizados anteriormente en la Universitat Politècnica de Catalunya a través del proyecto AGL2013-49040-C2-1-R "Efecto de la resistencia de genes R y la inducida por hongos endoparásitos en la epidemiología de *Meloidogyne* y la producción y calidad de la cosecha en solanáceas-cucurbitáceas." se obtuvieron los siguientes resultados y conclusiones (**Tabla.5**):

Tabla. 5: Resumen de las conclusiones de trabajos anteriores

Cultivo	Título del trabajo	Conclusión	Autor (año)
Melón	Efecto de la rotación de patrones resistentes y de la resistencia inducida sobre <i>Meloidogyne spp.</i> en la calidad del melón Cantaloup	La afirmación de Nogales, S. (2016) es corroborada por Ramos, J. (2016), donde se indica que injertar melón variedad <i>Paloma</i> (<i>Cucumis melo</i> var. <i>cantalupensis</i>) sobre <i>Cucumis metuliferus</i> disminuye la afección de <i>Meloidogyne spp.</i> sobre la calidad y mejora los rendimientos de producción frente a esta plaga.	(Ramos , J.2016)
Tomate y melón	Efectos del injerto y densidades de nematodos sobre la calidad del tomate y melón Cantaloup cultivado en invierno	La utilización de injertos propina diferencias en algunos de los parámetros estudiados, reduciendo los efectos producidos por la presencia de nematodos, en algunos de los casos. Tenemos que tener en cuenta que la población de nematodos es un factor clave de estos efectos. Por lo tanto, podemos decir que los injertos utilizados no son la solución definitiva para mantener la calidad en presencia de <i>Meloidogyne incognita</i> en ninguno de los dos cultivos estudiados.	(Marín, M. 2017)
Tomate y melón	Efecto de los nematodos y el injerto en la composición nutricional del melón y tomate.	Los melones variedad Cantaloup de las plantas injertadas sobre <i>Cucumis metuliferus</i> ven incrementado su tamaño y peso en gradiente creciente de agallamiento. Sin embargo, este factor provoca una disminución en acidez total, índice de color, porcentaje de materia seca, potasio, sodio y magnesio. Por otra parte, en gradiente creciente de población inicial de nematodos, los frutos sufren una reducción de sólidos solubles totales, pH y porcentaje de materia mineral.	(Guerra, D. 2018)

1.3 Uso del injerto

El uso del injerto aparece a causa de la necesidad de combatir daños en los cultivos y poder adaptar y desarrollar estos a condiciones ambientales y de suelo con el fin de obtener una buena cosecha. Es una técnica utilizada sobre todo en solanáceas (pimiento, tomate...) y en cucurbitáceas (melón, pepina, sandía...) (**Figura.8**) para combatir enfermedades que pueden estar causadas por bacterias, hongos o infecciones por nematodos (Osuna Avila et al. 2013).

Es un método que ha cambiado la actividad agrícola y económica, además de satisfacer las demandas de los consumidores con cultivos de calidad.

El injerto se basa en la sustitución de la raíz, por otra que sea resistente a determinadas condiciones o enfermedades. Destacar que no todos los patrones que se utilizan son adecuados para cada variedad. Para que sea idóneo el uso de un patrón, tiene que germinar correctamente además de disponer de un diámetro entre las plántulas del patrón y la copa que sea el correcto para llevar a cabo una unión de injerto adecuada para el buen desarrollo de la planta. Además, también es necesario una buena compatibilidad del portainjerto con la copa durante el desarrollo y que el portainjerto no influya negativamente en la productividad y/o calidad de los frutos de la planta injertada (Gisbert y Picó, 2019).



Figura. 8: Injerto melón

Fuente: <https://injertoshortcolas.com/injerto-melon/>

Hay diferentes métodos de injerto, en hortalizas se han desarrollado dos tipos, uno es el injerto por aproximación en cucurbitáceas donde se conserva el sistema del patrón, como el de la variedad y el otro es el método de empalme utilizado en solanáceas donde el brote de variedad se une a la planta patrón. Hay otros tipos de injertos en cucurbitáceas pero son menos utilizados.

El injerto por aproximación se realiza primero haciendo la siembra de la variedad y a los 7 días se siembra el portainjerto. En el momento en el que patrón tenga la primera hoja y la variedad muestre la hoja verdadera en desarrollo es el momento de hacer el injerto. Después el tallo del patrón y la variedad, se hacen cortes de 2-3 cm en dirección opuesta de manera que puedan quedar encajados y se unen sujetándose con cinta o con pinzas para mantener unidas a las dos plantas firmemente. Una vez tenemos las plantas injertadas, se colocan en el invernadero a una temperatura de 22-30°C y humedad relativa de 95% durante 3 días. Se va reduciendo estas condiciones paulatinamente. Después a los 15-20 días, se hace un corte de tallo en el portainjerto y corte de raíz en la variedad, de manera que obtenemos la raíz del portainjerto. Antes de llevarlas al campo estas plantas deben de aclimatarse previamente durante 4-7 días (Osuna Avila et al. 2013).

La resistencia de las plantas injertadas está condicionada tanto por el patrón como por la variedad. La utilización de patrones de la misma variedad favorece el injerto debido a que no hay tantos problemas de compatibilidad.

Además cabe destacar que es una técnica que no genera residuos, por lo que es respetuoso con el medio ambiente, y es empleada como alternativa frente a otras técnicas que necesitan productos químicos. Además, el uso de injerto produce un aumento en los rendimientos de producción (Montalvo,2012).

Cabe mencionar, que en los estudios realizados en los últimos años del grupo de recerca UPC (2016, 2017 y 2018), los resultados obtenidos de manera general son favorables. El uso del injerto favorece la calidad y mejora de los frutos, así como su rendimiento. También permite soportar una mayor densidad de población de nematodos en los cultivos. Algunas de las diferencias en parámetros estudiados anteriormente, pueden atribuirse a diferencias en los métodos de producción, tipos de combinación patrón/variedad utilizados y en las fechas de cosecha.



Objetivos

El objetivo general del presente trabajo es el estudio y la evaluación del efecto de la población de nematodos (*Meloidogyne incognita*) y el uso del injerto en la composición del melón Cantaloup variedad paloma (*Cucumis melo* var. *Cantalupensis*) cultivado en invernadero.

Este trabajo tiene como objetivos específicos:

- Estudio del efecto del injerto en los parámetros físico-químicos del melón.
- El estudio de los efectos de la presencia de nematodos (*Meloidogyne incognita*) y la virulencia de la población inicial con el uso o no del injerto en la calidad de los frutos y los parámetros físico-químicos del melón.

Materiales y métodos

3.1 Material vegetal

EL material vegetal empleado en este trabajo fue melón variedad Paloma (*Cucumis melo* var. cantalupensis). Conreado en la primavera del 2019, y recolectado entre el mes de julio y agosto. El fruto de esta variedad de melón presenta una forma redondeada y ligeramente ovalada, con una piel fina y la pulpa de color anaranjada y con un aroma agradable.

El injerto empleado en la variedad de melón Cantaloup fue *Cucumis metuliferus*. El uso de emplear un patrón de la misma especie que la variedad de estudio, es más favorable porque se evitan problemas de incompatibilidad e impacto negativo en la calidad del fruto.

La virulencia que presentaba la población de nematodos del Agrópolis, era frente al gen Mi-1. La resistencia conferida por este gen se caracteriza por una respuesta hipersensible al tejido radical donde el estadio juvenil J2 del nematodo establece sitio de alimentación. Este gen imposibilita la alimentación y desarrollo del nematodo creando una respuesta defensiva de la planta (Andrés Yeves y Verdejo Lucas, 2011).

3.2 Diseño experimental

El experimento se llevó a cabo en una parcela de 700 m² de un invernadero sobre suelo en el Agrópolis de la Universitat Politècnica de Catalunya situado en Viladecans (Baix Llobregat, Barcelona) (Figura.9).



Figura. 9: Invernadero Agrópolis, Viladecans (Baix Llobregat)

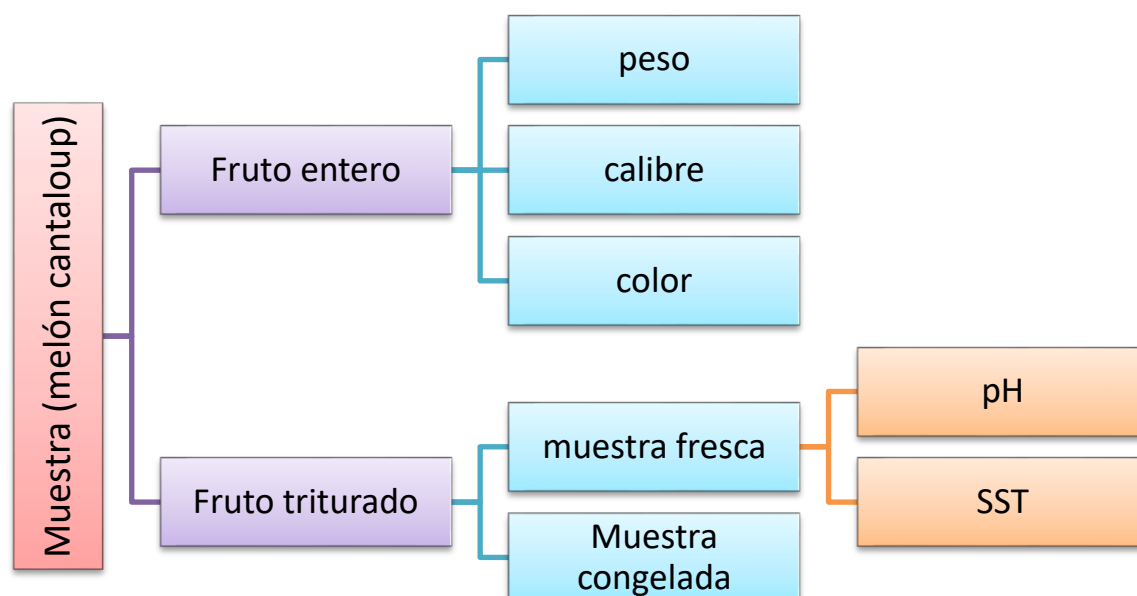
Nave	Virulencia	Parcela	Orinetación	Tratamiento	Injerto	Pi (J2/250cc suelo)
D	avir	D1	D	Melón Patrón	Si	527
D	avir	D2	D	Melón Patrón	Si	319
D	avir	D3	D	Melón Patrón	Si	627
D	avir	D4	D	Melón Patrón	Si	306
D	avir	D5	D	Melón Patrón	Si	15
D	vir	D6	D	Melón Patrón	Si	0
D	vir	D7	D	Melón Patrón	Si	8
D	vir	D8	D	Melón Patrón	Si	0
D	vir	D9	D	Melón Patrón	Si	10
D	vir	D10	D	Melón Patrón	Si	0
E	avir	E1	D	Melón Patrón	Si	70
E	avir	E2	D	Melón Patrón	Si	38
E	avir	E3	D	Melón Patrón	Si	47
E	avir	E4	D	Melón Patrón	Si	66
E	avir	E5	D	Melón Patrón	Si	0
E	vir	E6	D	Melón Patrón	Si	68
E	vir	E7	D	Melón Patrón	Si	230
E	vir	E8	D	Melón Patrón	Si	390
E	vir	E9	D	Melón Patrón	Si	110
E	vir	E10	D	Melón Patrón	Si	59
D	avir	D1	E	Melón variedad	No	680
D	avir	D2	E	Melón variedad	No	315
D	avir	D3	E	Melón variedad	No	39
D	avir	D4	E	Melón variedad	No	194
D	avir	D5	E	Melón variedad	No	32
D	vir	D6	E	Melón variedad	No	143
D	vir	D7	E	Melón variedad	No	30
D	vir	D8	E	Melón variedad	No	0
D	vir	D9	E	Melón variedad	No	14
D	vir	D10	E	Melón variedad	No	19
E	avir	E1	E	Melón variedad	No	1092
E	avir	E2	E	Melón variedad	No	488
E	avir	E3	E	Melón variedad	No	530
E	avir	E4	E	Melón variedad	No	481
E	avir	E5	E	Melón variedad	No	126
E	vir	E6	E	Melón variedad	No	59
E	vir	E7	E	Melón variedad	No	184
E	vir	E8	E	Melón variedad	No	413
E	vir	E9	E	Melón variedad	No	380
E	vir	E10	E	Melón variedad	No	416

Tabla. 6: Tabla distribución plantas en Agrópolis

3.3 Métodos analíticos

Las muestras de melón Cantaloup se recolectaron y se realizó un procedimiento de selección de las muestras según el peso y el calibre de estas. Tal y como se muestra en la **Figura.10**, se describe el diagrama que se realizó para realizar los análisis.

Aunque en este trabajo se haya determinado el calibre y peso, pH, sólidos solubles totales (°Brix) y parámetros del color y la textura instrumental (realizadas por parte de los miembros del grupo de investigación de UPC), además de algunas analíticas realizadas de ácido ascórbico, también se han tenido en cuenta datos de otros años para poder hacer una comparativa y realizar el tratamiento estadístico.

**Figura. 10:** Diagrama de los análisis realizados

3.3.1 Calibre y peso

La primera selección de melón se realizó con las medidas de calibre y peso. Para ello, se midió el calibre vertical y horizontal de cada melón. La medida se realizó con un pie de rey digital con un rango entre 0-300mm. En cuanto al peso, un requisito que se determinó para las piezas fue que estas deberían de tener un valor superior a 500g debido a que es un parámetro de calidad para ser comercializado.

3.3.2 pH

La medida de pH se realizó en cada melón recolectado y preseleccionado. La medida de pH se hizo con un pH-metro Crison GLP-22 con el método AOAC 981.12, se tritura la muestra, se centrifuga y se hace una medición del pH del extracto.

Todas las muestras se analizaron por duplicado.

3.3.3 Sólidos Solubles Totales, (SST) (°Brix)

Para la determinación de los sólidos solubles totales, se realizó a partir del extracto usado para hacer la medición de pH. Utilizando el método AOAC 981.12 mediante un refractómetro modelo ATAGO PR-101 α .

Todas las muestras se analizaron por duplicado.

3.3.4 Determinación del color

La determinación del color del melón se realizó en la pulpa. Para ello, se empleó un colorímetro modelo KONICA MINOLTA CR-400 con tamaño de apertura de 8mm e iluminante D65, 10°.

Los parámetros determinados fueron:

- L*: luminosidad, grado de claridad; 0= negro y 100= blanco

- a*: cromaticidad de verde (-a) a rojo (+a)

- b*: cromaticidad de azul (-b) a amarillo (+b)

A partir de los datos a* y b*, se calculó el Chroma, el ángulo Hue y el índice de color, con las siguientes ecuaciones: (ecuación 1, 2 y 3)

El chroma, es la saturación:
$$\text{Chroma (C}^*) = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (\text{Eq.1})$$

El Hue, es el ángulo (matriz):
$$\text{Hue (h)} = \text{tang}^{-1} (a^*/b^*) \quad (\text{Eq.2})$$

Índice de color:
$$\text{IC} = \frac{(b^* \cdot 1000)}{(a^* \cdot L^*)} \quad (\text{Eq.3})$$

Todas las muestras se analizaron cuatro veces.

3.4 Análisis estadísticos

Los resultados se analizaron mediante un análisis de variancia (ANOVA) a partir del modelo lineal general (GML) para estudiar el efecto del tipo de tratamiento (uso o no de injerto), población de nematodos y virulencia de la población sobre los parámetros de calidad del fruto.

También, se realizó el test de Pearson entre todos los parámetros, para determinar las relaciones lineales existentes entre ellos.

El nivel de significancia elegido para determinar si existía relación significativa entre las diferentes variables fue del 95%. Previamente se vio cuáles eran las variables que tenían una relación significativa y se eliminaron valores atípicos.

Para todo este estudio se utilizó el programa Minitab 18 (Minitab, Inc.).



4. Resultados y discusión

4.1 Efecto del injerto en la calidad del melón Cantaloup

4.1.1 Efecto del injerto sobre el peso y calibre del melón

Para poder estudiar si hay un efecto en la utilización del injerto sobre las características del melón, se ha realizado un análisis estadístico con los resultados de los melones obtenidos donde no hay población de nematodos (población inicial, $P_i=0$).

El peso mínimo de los melones debía de ser superior o igual a 500g, límite según el peso comercial de este fruto. Como durante la recolección se determinaron pesos inferiores en el tratamiento de variedad, se decidió coger todos los valores de peso para el tratamiento estadístico debido a que si no, no había suficiente muestra para poder realizar el análisis.

En la **Figura.11**, se puede observar que en el caso de melón patrón (injertado) se obtuvieron frutos con mayor peso, además de presentar un mayor número de muestra, en comparación al melón variedad. El modelo de regresión explica el 12,08% (R^2) de la variación en tratamiento. Sin embargo, no presenta un aumento significativo ($p>0,05$) del peso del melón según el tipo de tratamiento.

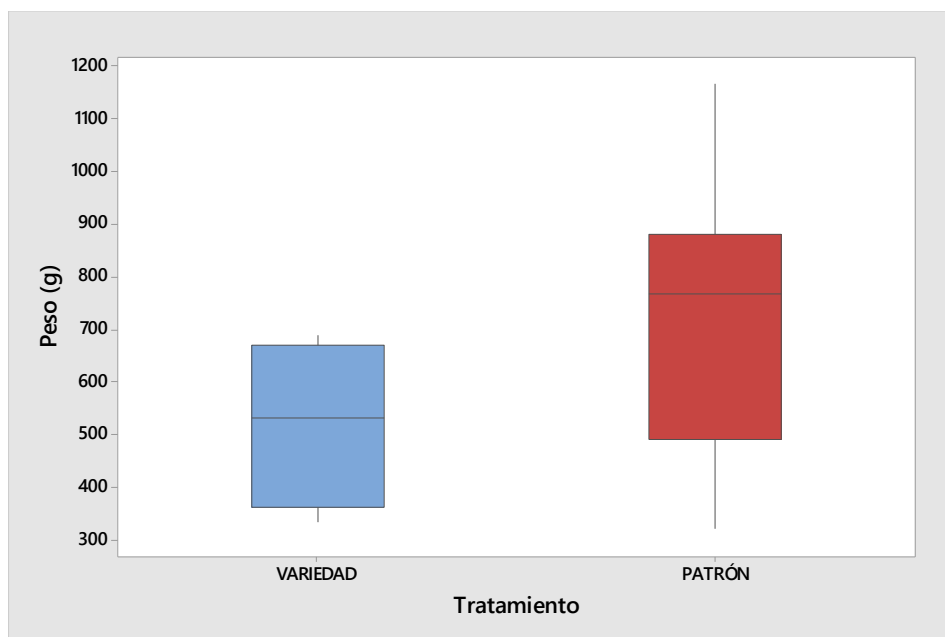


Figura. 11: Peso en melones variedad (planta no injertada) (n=14) y patrón (planta injertada) (n=70)

Como se puede observar en la **Figura.12**, los melones que presentan un tratamiento de variedad (sin injertar), presentan unos calibres más pequeños que los melones patrón (con injerto), observándose una diferencia más clara en el calibre vertical.

Los modelos de regresión lineal explican el 11,84% en el calibre vertical y 0,83% en el calibre horizontal. La relación entre los dos tipos de calibre y los dos tipos de tratamiento en melones fue no significativa ($p>0,05$).

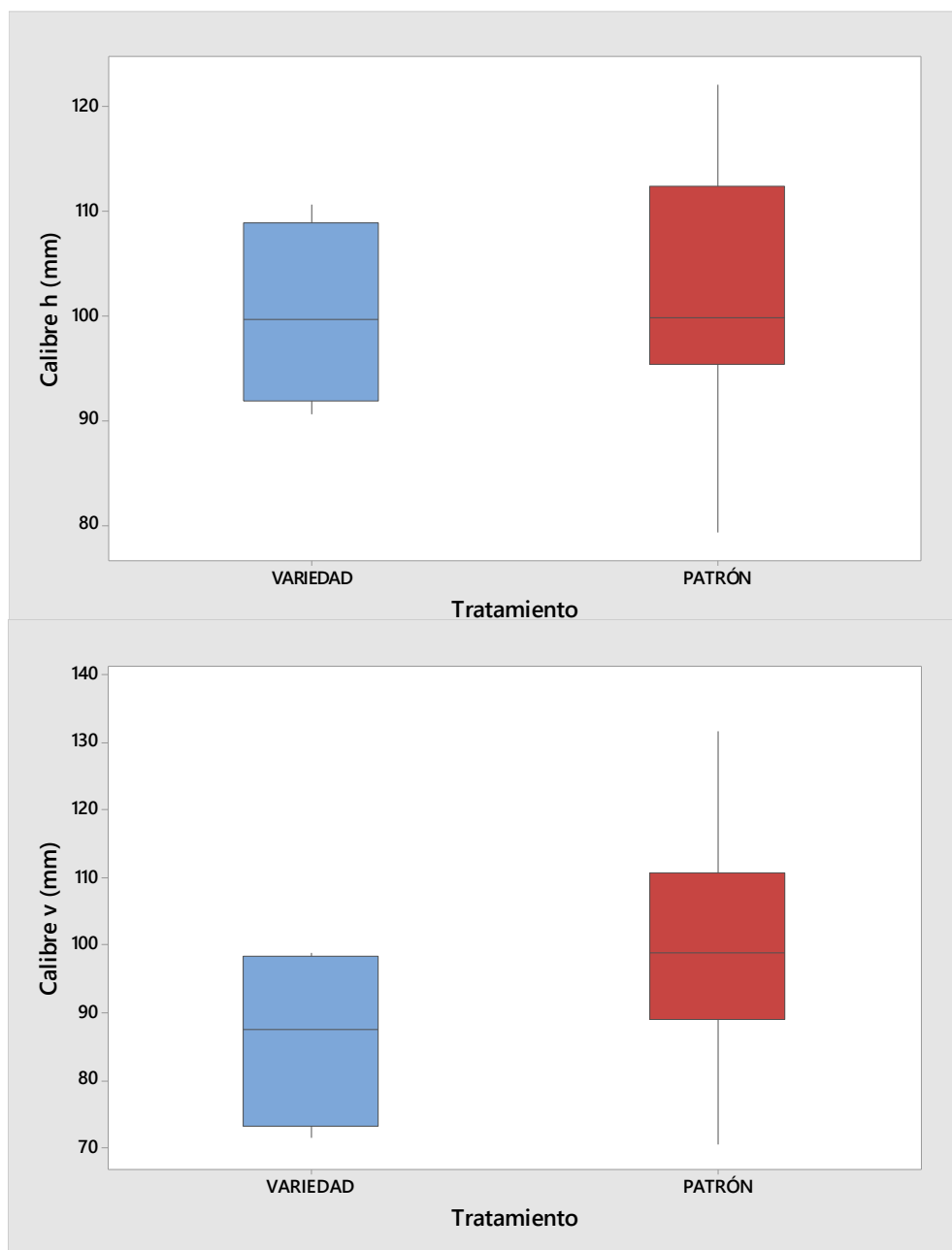


Figura. 12: Calibre en melones variedad (planta no injertada) (n=13) y patrón (planta injertada) (n=70)

NOTA: izquierda: calibre vertical respecto al tratamiento en melones y derecha: calibre horizontal respecto al tratamiento en melones.

4.1.2 Efecto del injerto sobre el melón en SST y pH.

La **Figura.13**, muestra que los dos tipos de tratamiento presentan valores similares en sólidos solubles totales (SST). El modelo de regresión explica el 25,56% (R^2) de la variación en sólidos solubles totales.

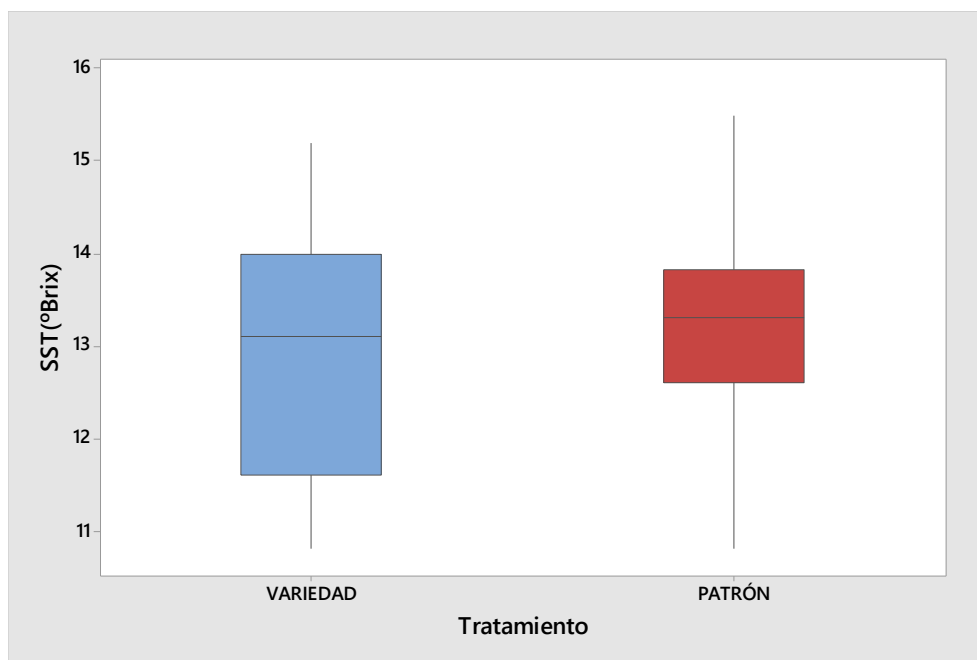


Figura. 13: Sólidos Solubles Totales, SST (°Brix) en melones variedad (planta no injertada) (n=17) y patrón (planta injertada) (n= 110)

Los promedios de SST (°Brix) para melones variedad y patrón fue de $12,3 \pm 1,5$ y $13,5 \pm 0,7$, respectivamente. Aunque los dos tipos de tratamiento obtuvieron valores similares de sólidos solubles totales, cabe destacar que los melones patrón (con injerto) dieron un valor superior. Hay diferentes opiniones respecto a si el injerto afecta o no la calidad del melón. En este estudio la calidad del fruto respecto a azúcares aumentó significativamente. Una buena selección de injerto puede ayudar al rendimiento y mejorar la calidad de la fruta, para ello es importante hacer una buena combinación entre la selección del injerto y las condiciones a las que se somete el cultivo (Yetisir et al. 2013).

En la **Figura.14**, podemos observar que el tratamiento en melones patrón hace que los melones tengan un pH menor a los melones variedad. Sin embargo, esta relación no presenta una disminución significativa ($p>0,05$). Por lo que respecta al modelo de regresión, este explica el 6,68% (R^2) de la variación en pH.

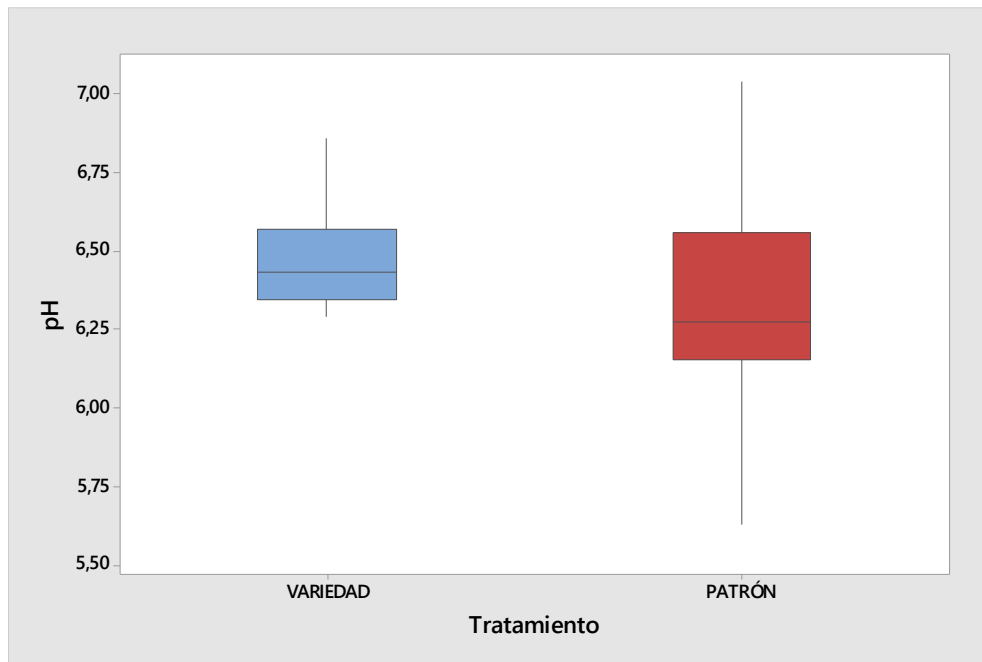


Figura. 14: pH en melones variedad (planta no injertada) (n=10) y patrón (planta injertada) (n=72)

Los promedios de pH para melones variedad y patrón fue de $6,6 \pm 0,3$ y $6,4 \pm 0,3$, respectivamente. En los dos tipos de tratamiento se obtuvieron valores de pH similares por lo que no se puede decir que el tratamiento provoque un cambio en el pH.

4.1.3 Efecto del injerto sobre el color de la pulpa en el melón.

La **Figura.15**, muestra que el tipo de tratamiento aumentó significativamente ($p < 0,05$) la luminosidad de los melones. El modelo de regresión explica el 41,19% (R^2) de la variación en luminosidad.

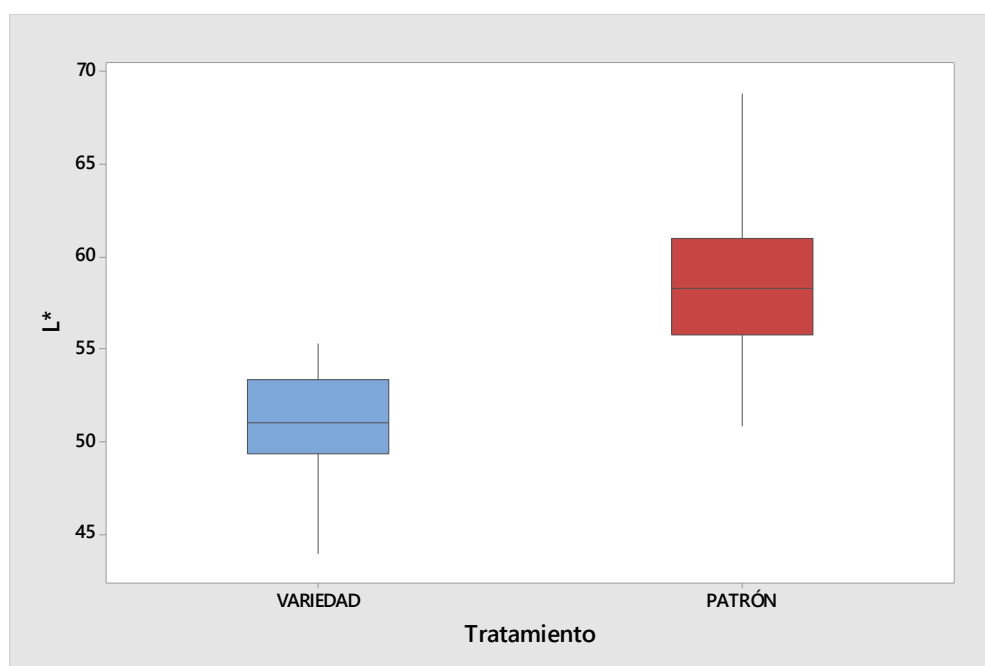


Figura. 15: Luminosidad (L^*) en melones variedad (planta no injertada) ($n=12$) y patrón (planta injertada) ($n=59$)

Podemos observar que los melones patrón presentan una luminosidad más alta en comparación a los melones variedad, con una media de $58,7 \pm 3,7$ y $51 \pm 3,1$ respectivamente.

La **Figura.16**, muestra que el tipo de tratamiento tiene una relación significativa ($p < 0,05$) con la saturación (C^*) en los melones. El modelo de regresión explica el 41,99% (R^2) de la variación en saturación (Croma).

En el matiz (Hue) ocurre lo contrario, la relación entre tipo de tratamiento y matiz no es significativa ($p > 0,05$). El modelo de regresión explica el 0,03% (R^2) de la variación en matiz.

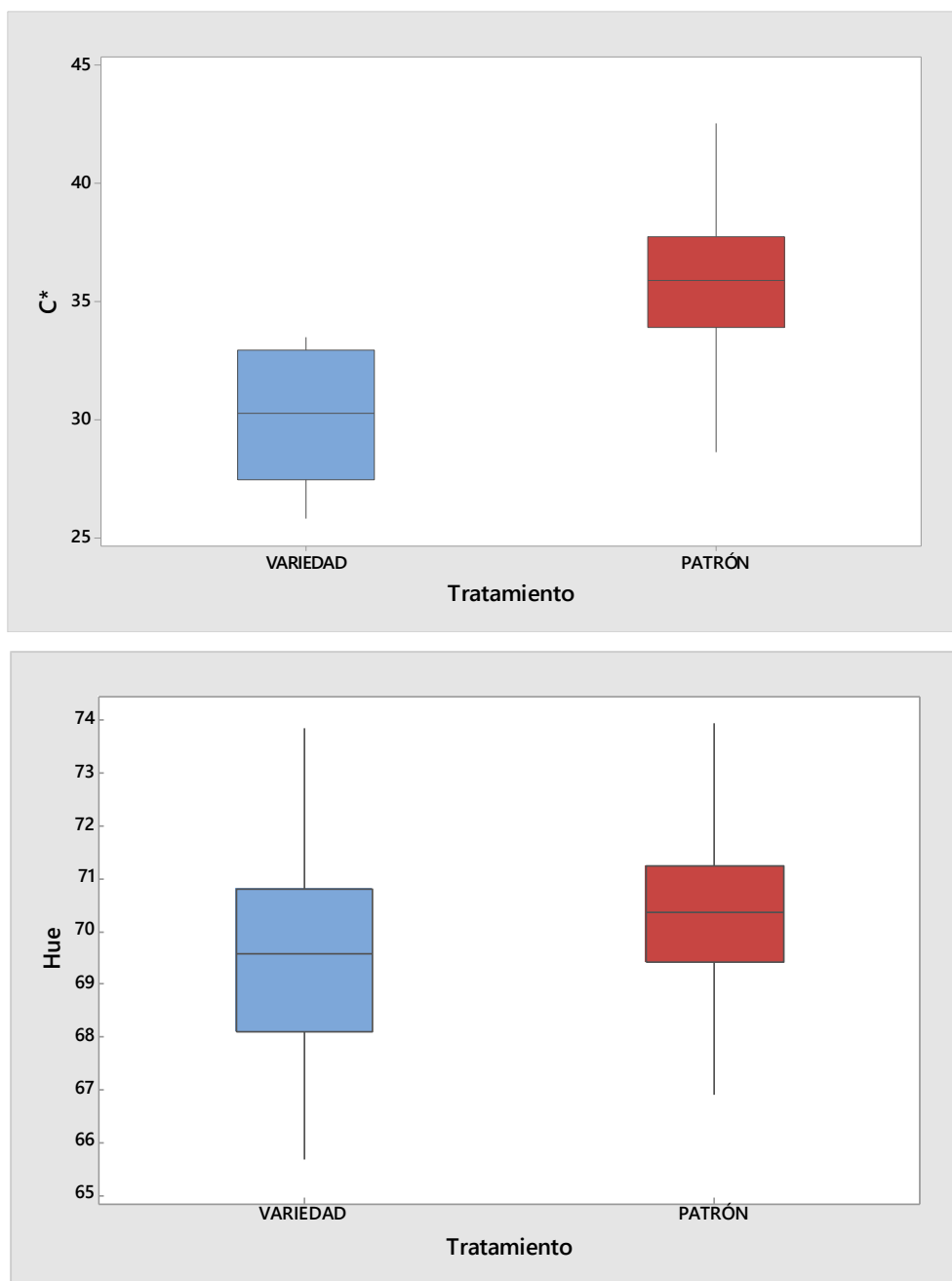


Figura. 16: Saturación (C*) y matiz (Hue) en melones variedad (planta no injertada) (n=12) y patrón (planta injertada) (n=59)

Nota 1: Izquierda: C* respecto al tipo de tratamiento

Nota 2: Derecha: Hue respecto al tipo de tratamiento

Con respecto al parámetro del índice de color, tal y como se puede observar en la **Figura.17**, ocurre lo contrario. El tipo de tratamiento disminuyó significativamente el índice de color, mientras que el modelo de regresión explica el 20,20% (R^2) de la variación en índice de color.

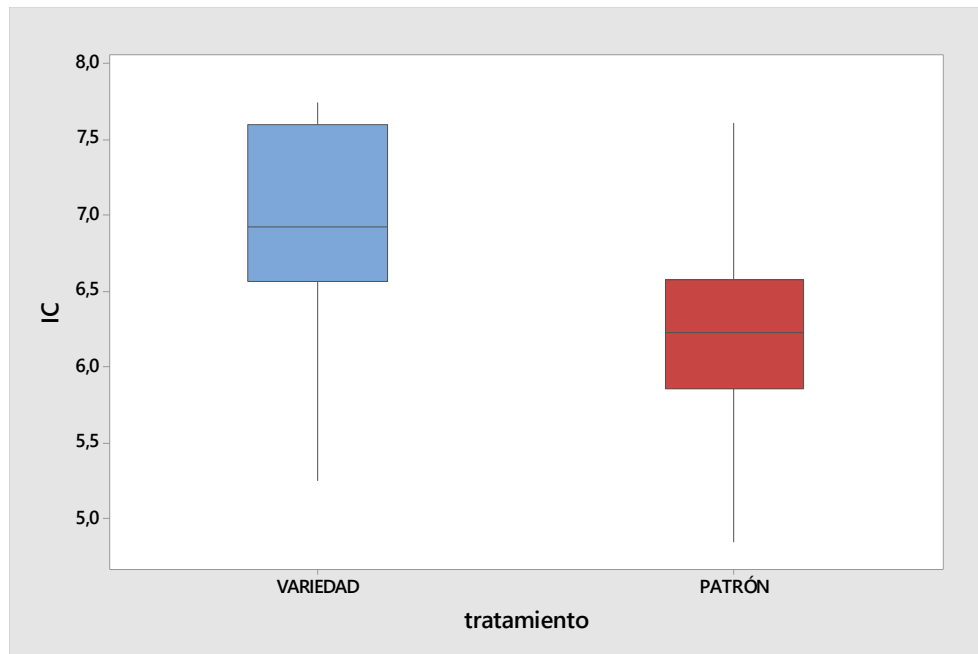


Figura. 17: índice de color en los melones variedad (planta no injertada) (n=12) y patrón (planta injertada) (n=59)

El color es una de los principales aspectos de aceptación por el consumidor, por ello, se utiliza como un parámetro de calidad del fruto. Los valores promedio que se han dado en este estudio son en melón variedad $6,9 \pm 0,4$ y en melón patrón $6,1 \pm 0,8$. Por lo que, los dos tipos de tratamiento presentan valores de índice de color similares, aproximados al 6,5 (**Figura.18**).

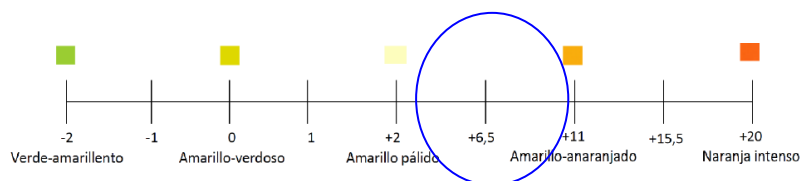


Figura. 18: Niveles de índice de color

Fuente:(Jiménez-Cuesta, Cuquerella y Martínez-Jávega, 1981)

En promedio ambos tipos de melones tuvieron un índice de color entre el amarillo pálido y amarillo anaranjado. Tal y como muestra la **Figura.19**, el color que presenta el patrón DD6D-P3 con un índice de población inicial de nematodos del 0 (J2/250cc suelo), es de una tonalidad anaranjada.



Figura. 19: Melón patrón DD6D-P3- población 0.

4.2 Efecto de la infestación de nematodos en la calidad del melón Cantaloup

4.2.1 Efecto de la infestación de nematodos sobre el peso y calibre del melón

En la **Figura.20**, observamos que en el tratamiento patrón hay un número mayor de muestra, tal y como se ha mencionado anteriormente. A pesar de que no hay diferencias significativas estadísticamente debido a la gran variabilidad, se puede observar que en melones patrón (injertados) el peso es mayor que en melones variedad (no injertados)

Podemos ver que el tratamiento, la virulencia de los nematodos y la población inicial de nematodos no presentan un nivel de significancia con respecto a la variable peso ($p > 0,05$). El modelo de regresión explica el 35,04% (R^2) de la variación en tratamiento, virulencia y densidad de población de nematodos.

Los melones obtenidos del tratamiento patrón tuvieron un rango de densidad de población de nematodos en el suelo de entre 0-627(J2/250cc suelo), mientras que en el tratamiento de variedad era de entre 0- 1092(J2/250cc suelo). (J2: segundo estadio juvenil del nematodo).

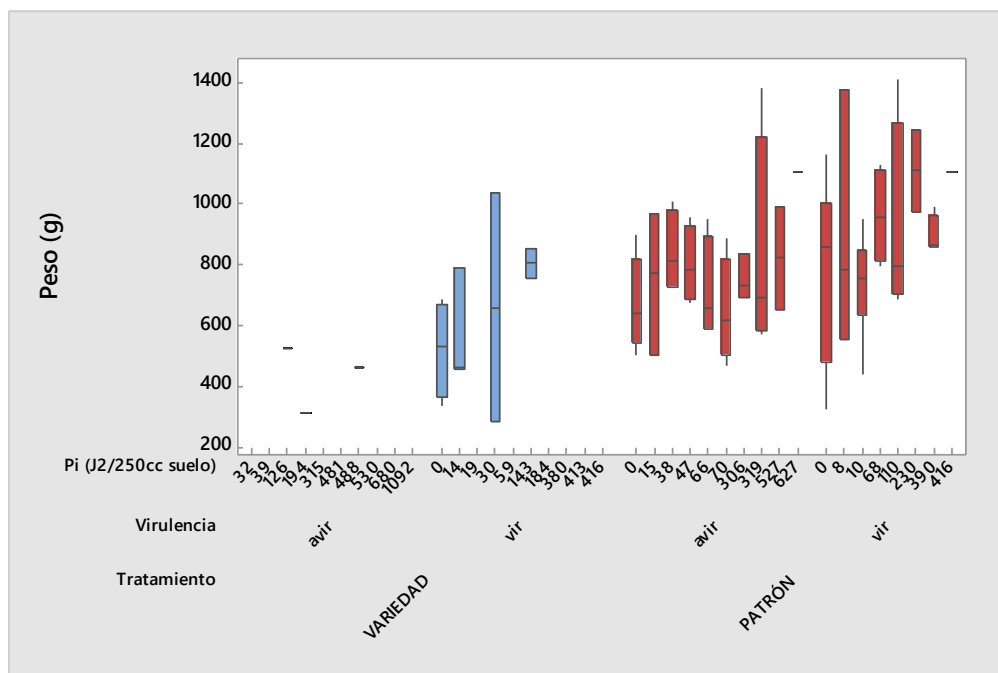


Figura. 20: Peso en melones variedad (n=14) y patrón (n=70)

NOTA: izquierda: peso respecto al tratamiento melón variedad (sin injertar) y derecha: peso respecto al tratamiento en melón patrón (injertado).

Debido a que no se ha visto una relación directa entre la densidad y virulencia de las poblaciones iniciales de nematodos y el peso de los melones, se analizó si este puede variar debido algún otro factor, obteniéndose como resultado una correlación ($p < 0,05$) con el calibre horizontal y vertical.

En el caso de las dimensiones de melón no presentan un nivel de significancia con respecto a las variables dependientes ($p > 0,05$). Sin embargo, el calibre vertical presenta una correlación con la densidad de nematodos en el suelo. Tal y como se puede observar en el **Figura.21**, podemos ver que hay una tendencia de los dos calibres a presentar valores mayores en melones patrón virulentos, sin embargo no se puede afirmar que a mayor densidad de nematodos o de virulencia haya un mayor tamaño del fruto.

Con respecto a los modelos de regresión (R^2), el calibre vertical explica el 39,63% de la variación de sus respectivos parámetros y el calibre horizontal explica el 36,15%.

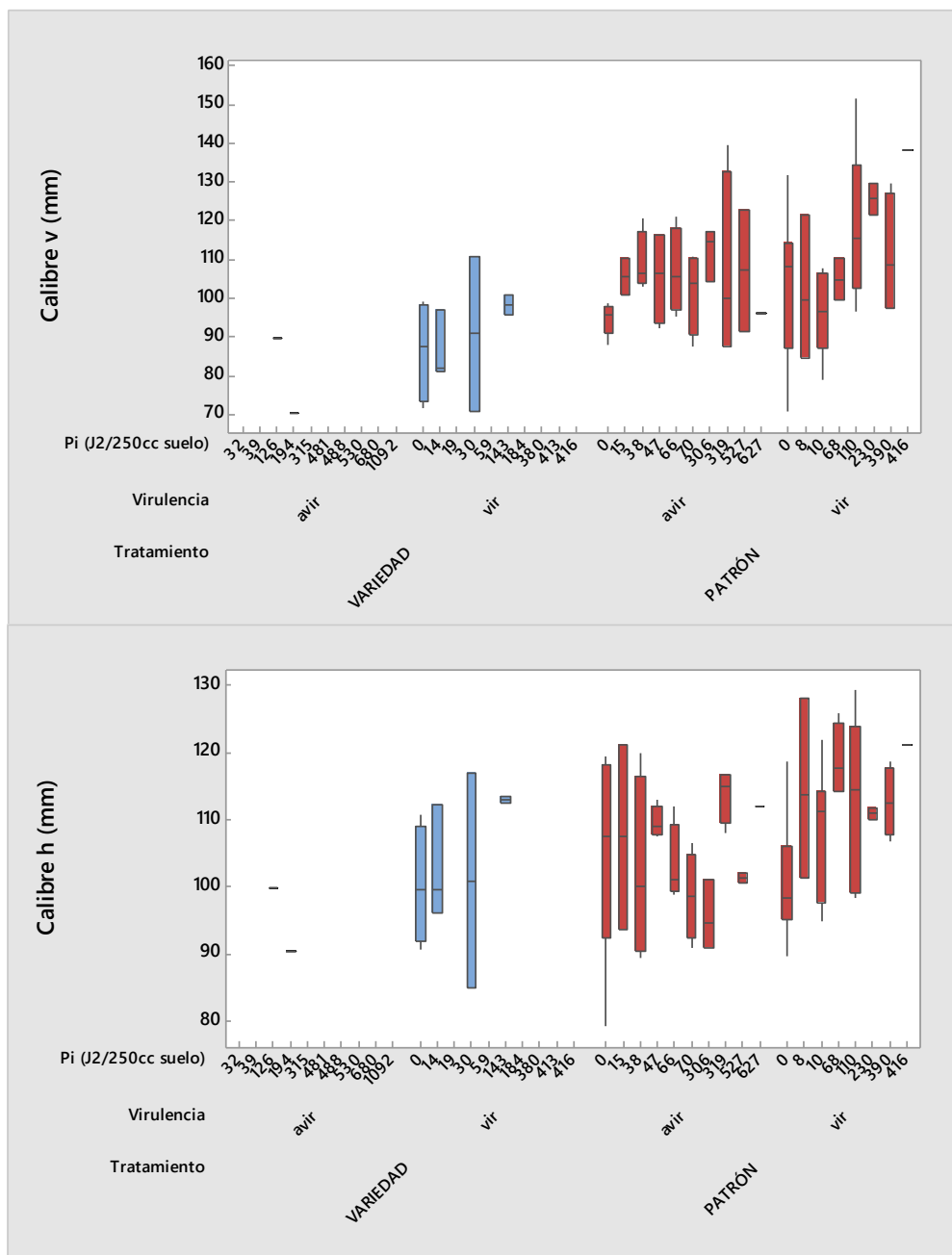


Figura. 21: Calibre horizontal y vertical en melones variedad (planta no injertada) (n=13) y patrón (planta injertada) (n=70) según el tipo de tratamiento y densidad de población de nematodos.

NOTA: Arriba: calibre vertical respecto a la densidad de población de nematodos, virulencia y tratamiento en melón variedad (no injertado) y patrón (injertado). Abajo: calibre horizontal respecto a la densidad de población de nematodos, virulencia y tratamiento en melón variedad (no injertado) y patrón (injertado).

Se puede destacar que los melones patrón (injertados) presentan unas dimensiones mayores que los de melón variedad. En la **Figura.22**, podemos observar como dentro de un mismo tratamiento, en este caso de melón patrón (injertado), presenta diferencias en el tamaño según la densidad de población inicial de nematodos, obteniéndose valores mayores en calibre horizontal a mayor población de nematodos, sin embargo, el calibre vertical presenta una disminución de los valores aunque no tan importante. Además, a mayor densidad de población de nematodos, podemos destacar que los melones presentan una esfericidad inferior que aquellos en los que la población de nematodos es menor.

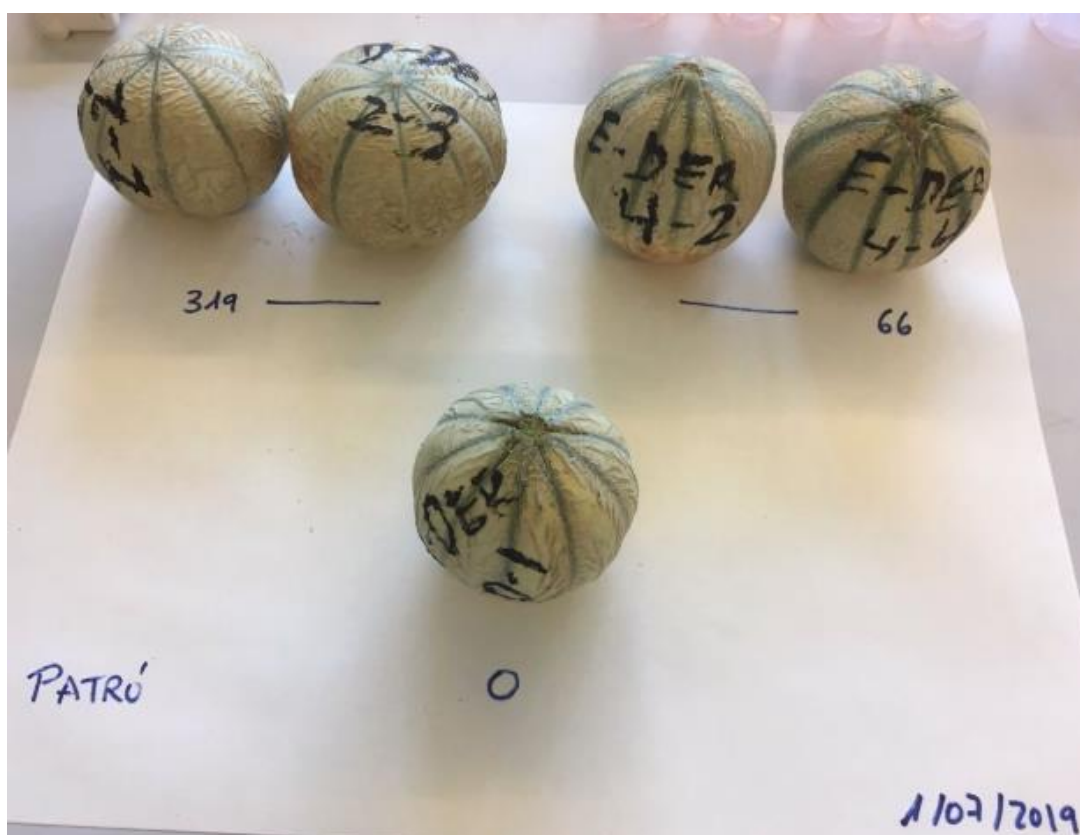


Figura. 22: Dimensiones melón patrón (EDE) según diferentes densidades de población inicial de nematodos.

Nota: población 0 (J2/250cc) (DD10D-P1), población 66 (J2/250cc) (EE4D-P2 y P4) y población 319 (J2/250cc) (DD2D-P1 y P3). Valores en la **Tabla.7**.

Tabla. 7: Tabla de valores de los calibres en melón Cantaloup en población inicial 0, 66 y 319.

Población inicial(J2/250cc)	Melón	Patrón	Calibre h (mm)	Calibre v(mm)	Esfericidad
0	DD10D	Planta1	99,78	90,17	1,11
66	EE4D	Planta2	100,47	102,3	0,98
		Planta4	101,47	95,02	1,07
319	DD2D	Planta2	107,84	87,4	1,23
		Planta3	115,97	87,29	1,33

4.2.2 Efecto de la infestación de nematodos sobre el pH y SST del melón.

En la **Figura.23**, se puede observar que hay un aumento significativo ($p<0,05$) de los sólidos solubles totales con respecto al tipo de tratamiento y densidad inicial de nematodos. Por otro lado, la variable dependiente de virulencia, no presenta un nivel de significancia ($p>0,05$) en melón variedad. Sin embargo, en melón patrón podemos observar que en las poblaciones virulentas el nivel de sólidos solubles totales disminuye significativamente ($p<0,05$).

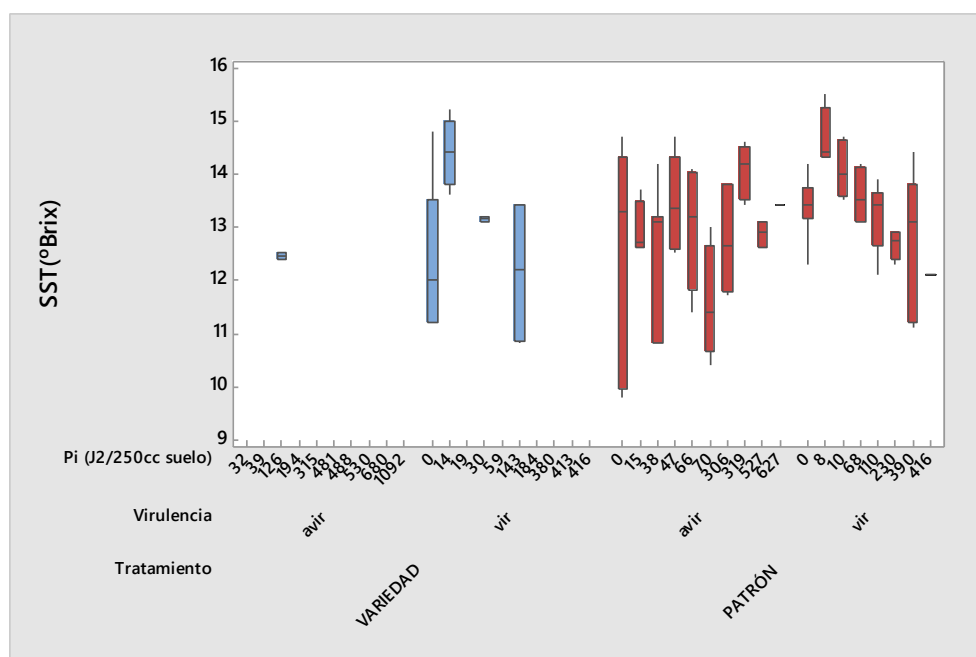


Figura. 23: Sólidos Solubles totales en melones variedad (planta no injertada) y patrón (planta injertada) según la población inicial de nematodos, virulencia de la población y tipo de tratamiento.

Los promedios de SST (°Brix) para melones patrón y variedad fue de $13,1 \pm 1,1$ y $12,9 \pm 1,4$, respectivamente.

En la **Figura.23**, que en el caso de melón variedad se obtuvieron melones con mayor concentración de sólidos solubles totales en poblaciones con poca densidad de nematodos, aunque no se puede afirmar que sea debido a esta variable ya que no hay suficiente muestra como para poder ver si hay o no una tendencia. En el caso de melón patrón, no se produce una disminución de la concentración de sólidos solubles totales con respecto a un aumento de la densidad de nematodos en población sin virulencia, todo lo contrario a la que presenta virulencia ya que, como se puede ver en el gráfico, estos sólidos solubles totales disminuyen con el aumento de número de nematodos.

Con respecto al cambio de pH, no se observa ningún cambio significativo con respecto a la población inicial de nematodos (**Figura.24**). El modelo de regresión explica el 31,94% (R^2) de la variación en pH. La relación entre población inicial y pH de melones con diferente tratamiento fue no significativa ($p > 0,05$). El mismo resultado para la variable virulencia, tampoco presenta una relación significativa con el pH. ($p > 0,05$).

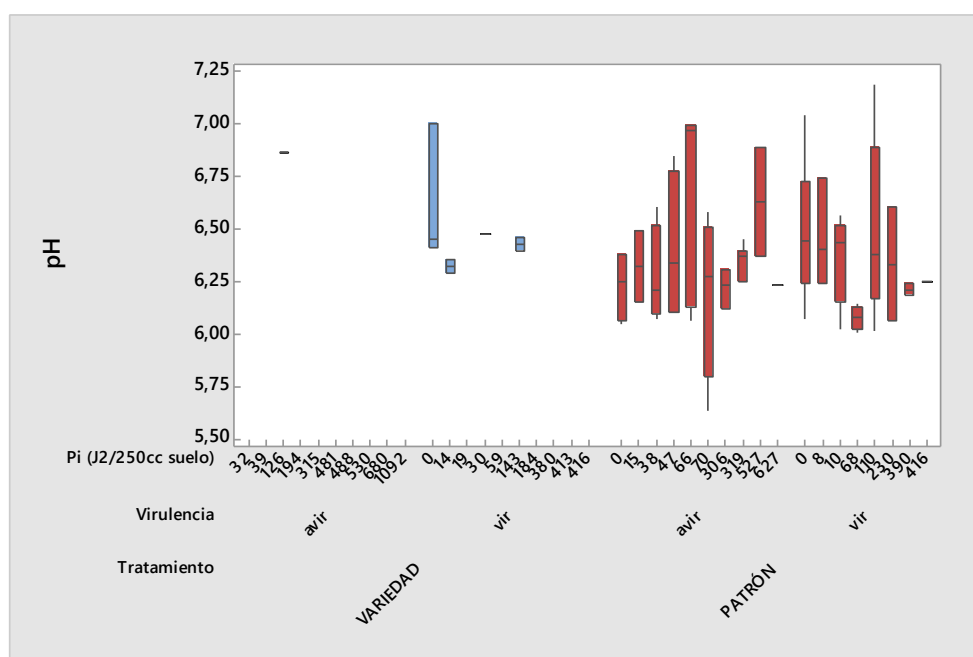


Figura. 24: pH en melones Cantaloup según el tipo de tratamiento, virulencia y densidad de población inicial. (Variedad (planta no injertada) (n=10) y patrón (plantainjertada) (n=72))

4.2.3 Efecto de la infestación de nematodos sobre el color de la pulpa en el melón.

En este apartado, se muestra el efecto de la interacción injerto-nematodo, virulencia de los nematodos y densidad de población inicial sobre los parámetros de color estudiados de la pulpa de los melones Cantaloup. En la **Figura.25** se puede observar que la variable virulencia en melones patrón no disminuye significativamente la luminosidad ($p>0,05$). En el caso de melón variedad, no se pudo estimar si esta variable dependiente era significativa, debido a que no se dispone de suficiente muestra. Por otro lado, la densidad de población aumenta significativamente ($p<0,05$) la luminosidad en el fruto.

El modelo de regresión explica el 50,39% (R^2) de la variación en luminosidad.

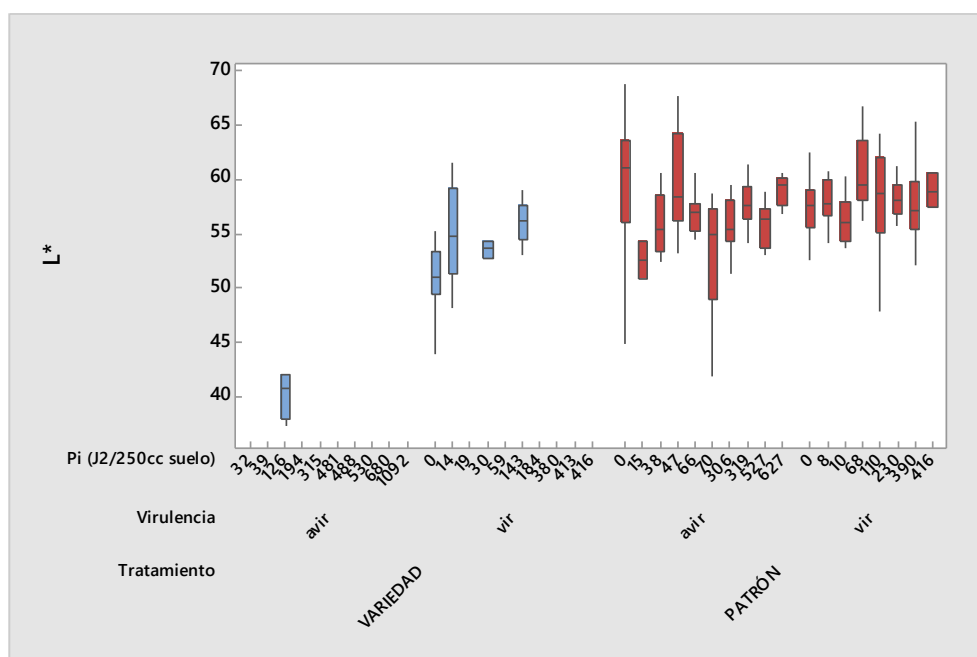


Figura. 25: Luminosidad (L^*) en melones Cantaloup según el tipo de tratamiento, virulencia y densidad de población inicial. (Variedad (planta no injertada) ($n=12$) y patrón (planta injertada) ($n=59$))

El promedio en variedad y patrón para la luminosidad (L^*) fue de $52,3 \pm 5,5$ y $57,4 \pm 4,3$ respectivamente. Estos valores indican que los melones en los dos tipos de tratamiento están más próximos entre sí.

En la **Figura.26**, muestra que la densidad de población en melones variedad aumenta significativamente ($p<0,05$) la saturación en los melones, sin embargo no se pudo estimar la significancia en la variable virulencia. Por otro lado, los melones patrón presentan una densidad de población que disminuye significativamente ($p<0,05$) la saturación (C^*). Además también presenta una relación significativa ($p<0,05$) entre la virulencia y la saturación. Esto explica, que en el gráfico se vea una tendencia a la disminución de los niveles de saturación en aquellos frutos que provienen de plantas patrón donde su población era virulenta. El modelo de regresión que explica el 46,83% (R^2) de la variación en saturación (croma) con respecto a las tres variables dependientes. Tal y como se ha mencionado anteriormente en el apartado anterior, el tipo de tratamiento presenta una relación significativa con este parámetro.

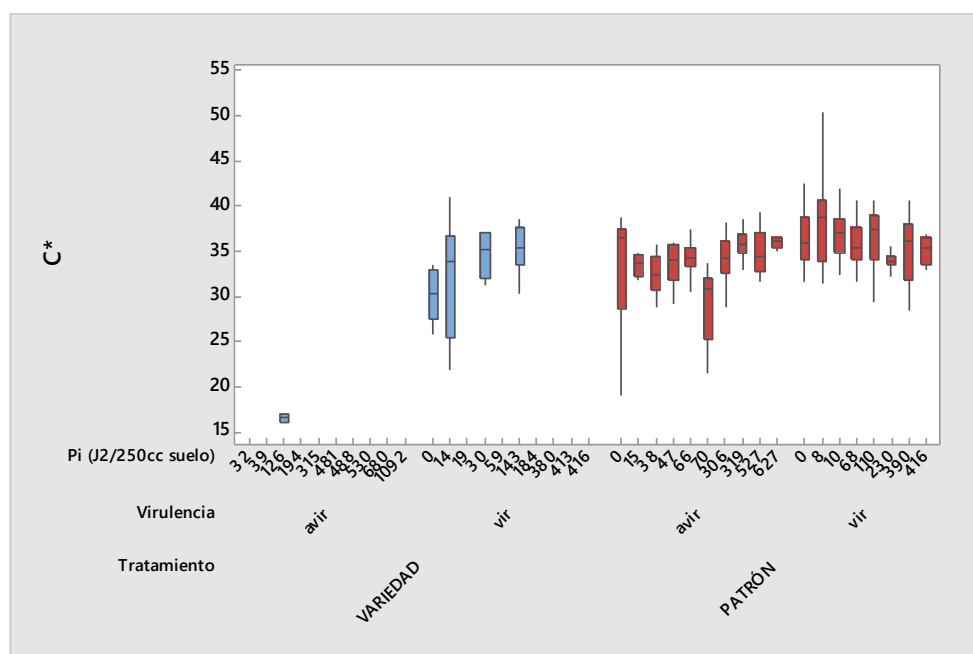


Figura. 26: Saturación (C^*) en melones Cantaloup según el tipo de tratamiento, virulencia y densidad de población inicial. (variedad (planta no injertada) ($n=12$) y patrón (planta injertada) ($n=59$))

Por otra parte, tal y como se muestra en la **Figura.27**, hay una relación significativa ($p<0,05$) entre la densidad de población y el matiz, para los dos tipos de melones. En el caso del melón patrón, la virulencia disminuye significativamente ($p<0,05$) el matiz (Hue). El modelo de regresión explica el 36,53% (R^2) de la variación en matiz.

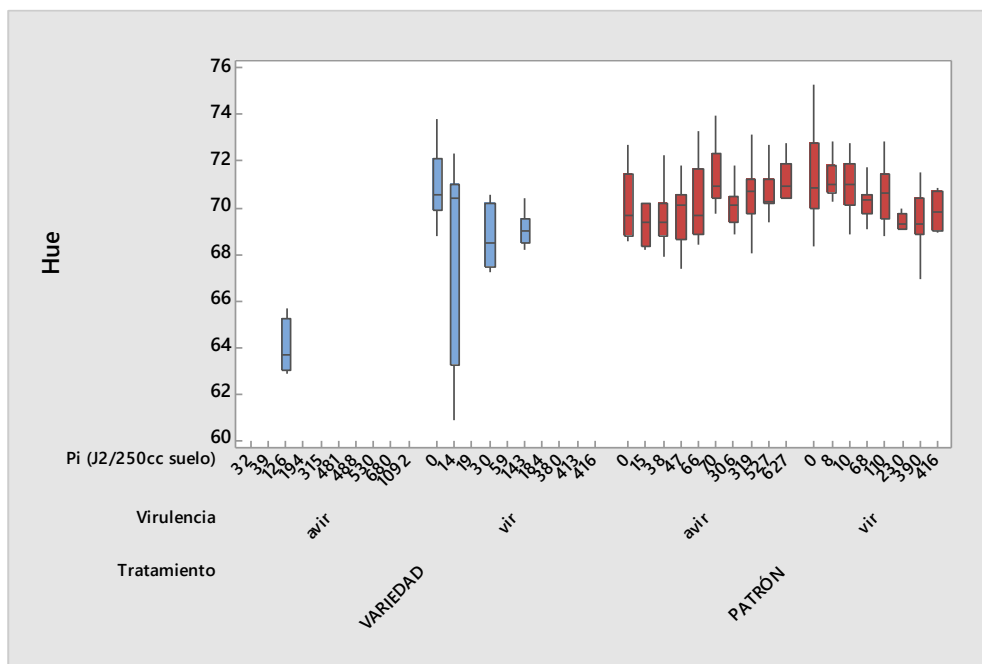


Figura. 27: Matiz (Hue) en melones Cantaloup según el tipo de tratamiento, virulencia y densidad de población inicial. (variedad (planta no injertada) (n=12) y patrón (planta injertada) (n=59))

Los promedios de saturación (C^*) para melones variedad y patrón fueron de $31,1 \pm 6,8$ y $34,9 \pm 3,9$, respectivamente. En tanto a matiz (Hue) para melones variedad y patrón, los promedios fueron de $68,8 \pm 3,3$ y $70,5 \pm 1,5$, respectivamente. No hay una gran diferencia entre valores según el tipo de tratamiento. En la **Figura.28**, se observa en el diagrama cromático, de manera aproximada los valores promedio del color según el tipo de tratamiento, como se puede ver hay un ligero aumento en los valores promedio de a y b en melones con tratamiento patrón (injertados).

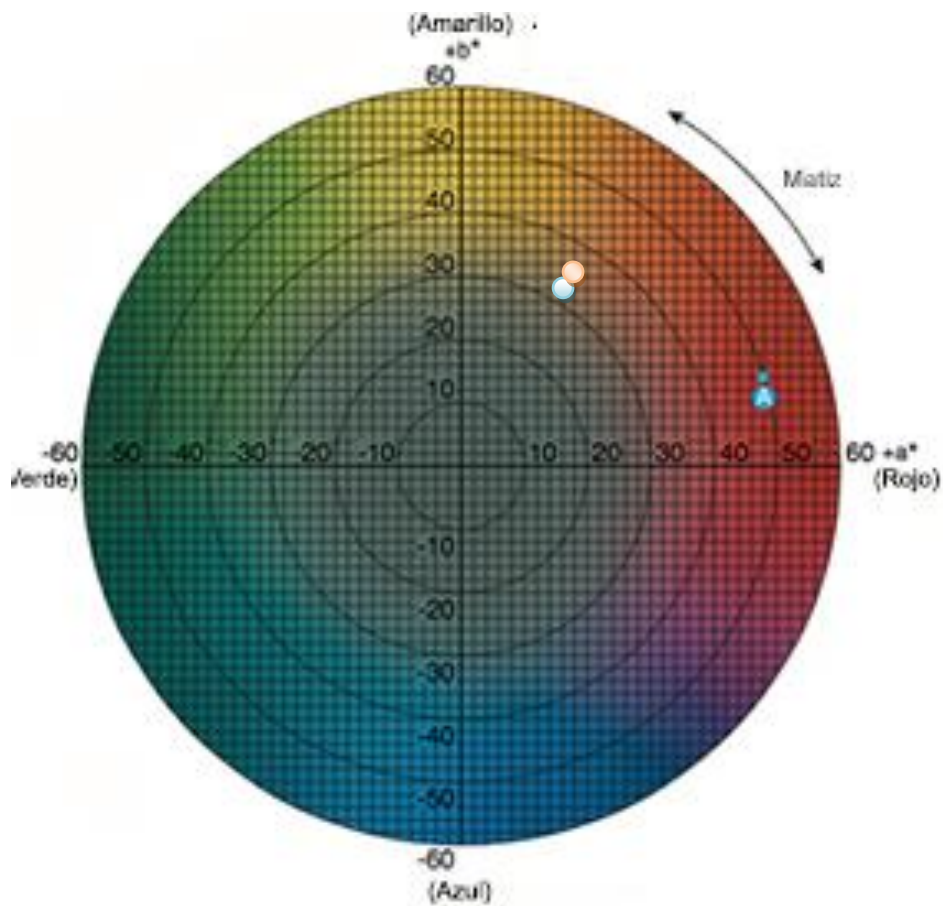


Figura. 28: Diagrama cromático. Se indica, de manera aproximada, mediante un círculo la posición que ocuparía la media en melón variedad (planta no injertada) (color azul) y patrón (planta injertada) (color naranja).

Fuente: <https://sensing.konicaminolta.us/wp-content/uploads/labfigure2.jpg>

Se determinó el índice de color de la pulpa, donde como se puede ver en la **Figura.29**, muestra que la población inicial de nematodos afectó significativamente ($p < 0,05$) a la disminución del color en los dos tipos de tratamiento.

Por otro lado, la virulencia sí tiene una relación significativa ($p < 0,05$) con el índice de color para melones patrón. El modelo explica el 57,36% (R^2) de la variación en índice de color.

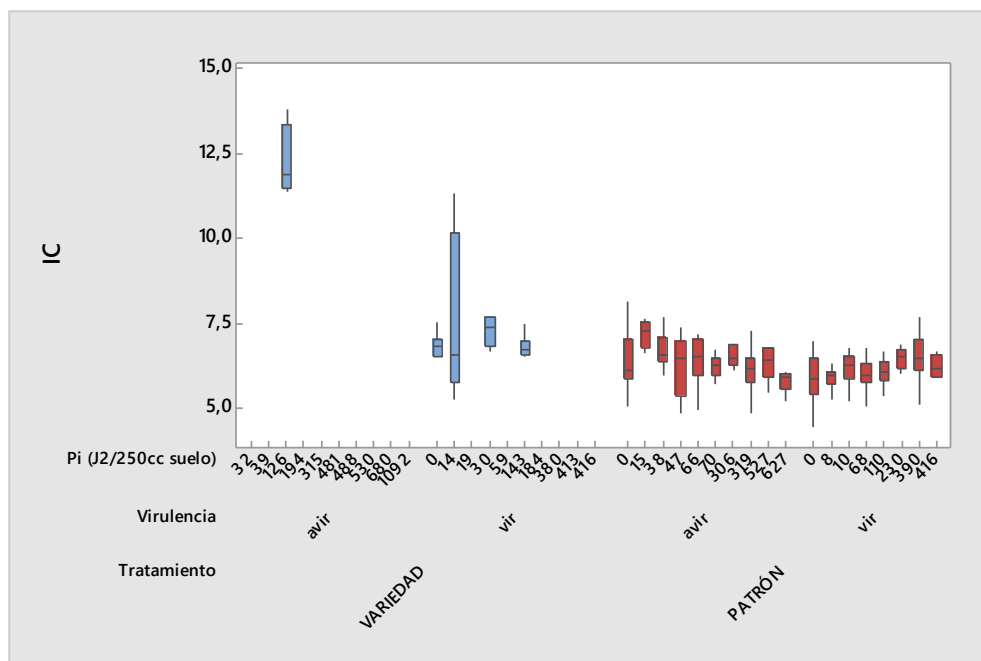


Figura. 29: Índice de color en melones Cantaloup según el tipo de tratamiento, virulencia y densidad de población inicial.

Los rangos en los que se encuentran tanto la pulpa como la corteza son:

– IC* entre +2 a +20, (colores que van desde el amarillo pálido al naranja intenso), para la

Pulpa, en el caso de los melones variedad presentaron un promedio de $7,6 \pm 2,1$ y en el caso de los melones patrón de $6,2 \pm 0,6$. Por lo que podemos deducir que los melones patrón presentaban una tonalidad más clara y amarilla que los de variedad que presentaba una tonalidad hacia el amarillo-anaranjado. **(Figura.30)**

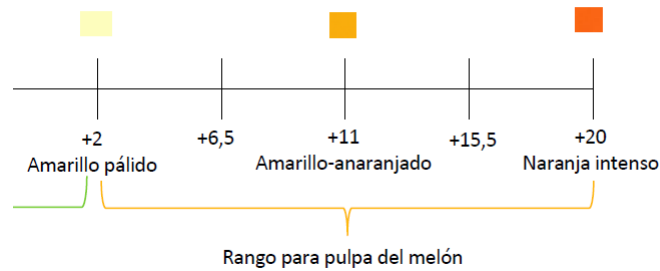


Figura. 30: Niveles de índice de color

Fuente:(Jiménez-Cuesta, Cuquerella, and Martínez-Jávega, 1981)

Todos los melones analizados independientemente del tratamiento y la virulencia, se encuentran dentro de rangos óptimos para esta variedad. En la **Tabla.8**, podemos observar que los melones provenientes de plantas sin injertar obtuvieron una coloración más anaranjada que los de patrón.

Tabla. 8: Coloración de los melones según tipo de tratamiento y densidad del cultivo de nematodos.

Cultivo	Tratamiento		IC*	Color
Primavera 2019	Variedad (sin injerto)	Sin nematodos	$6,89 \pm 0,75$	Amarillo-anaranjado
		nematodos	$7,63 \pm 2,05$	Amarillo-anaranjado
	Patrón (con injerto)	Sin nematodos	$6,03 \pm 0,76$	Amarillo pálido
		nematodos	$6,22 \pm 0,63$	Amarillo pálido

4.3 Comparativa con los resultados de cultivos de melón de primavera en campañas anteriores

Los resultados solo se pueden comprar con respecto a la densidad de población inicial de nematodos y el tipo de tratamiento, debido a que en los años anteriores no se ha estudiado la parte de la virulencia de los nematodos.

En la **Tabla.9**, se muestra la comparativa entre los resultados de los dos últimos años (2016, 2017 y 2018) en cultivos de primavera. Se puede observar que hay una tendencia en ciertos parámetros como el peso y los calibres a aumentar. Aunque el análisis de este año (2019) no da un nivel de significancia en estos dos parámetros, se ha visto que en melones con tratamiento patrón (injertados) y con densidad de población de nematodos, estos presentan un peso y calibre mayor. También, en cuanto al parámetro de sólidos solubles totales, estos presentan la tendencia de aumentar por el tratamiento, sin embargo, se produce una disminución con la presencia de nematodos. En cuanto al color, no se observa una clara tendencia debido a que según el año de estudio presenta resultados diferentes. Aun así, parece que la tendencia sea a un aumento de luminosidad y del matiz del color de la pulpa, presentándose en melones patrón tonalidades más anaranjadas, no demasiado perceptibles para el ojo humano, que en melones variedad.

Tabla. 9: Tabla comparativa de los parámetros estudiados respecto al tipo de tratamiento (variedad-patrón) durante los 3 años de cultivo				
Parámetro	(Ramos, 2016)	(Marín,2017)	(Guerra,2018)	2019
<i>Peso</i>	↑	-	↑ (IA)	ns
<i>Calibre vertical</i>	↑	↑	↑ (IA)	ns
<i>Calibre horizontal</i>	↑	↑	↑ (IA)	ns
<i>SST</i>	↓	↑	↓	↓
<i>pH</i>	↓	ns	↓	ns
<i>Luminosidad (L*)</i>	ns	-	↑ (IA)	↑
<i>Saturación (C*)</i>	ns	ns	↓	↑
<i>Matiz (Hue)</i>	ns	-	↑	↑
<i>IC</i>	-	-	↓	↓

Nota 1: Todos los parámetros son respecto población inicial de nematodos, excepto aquellos que presentan (IA), índice de agallamiento.

Nota 2: ns: no significativo



Conclusiones

Después de analizar los resultados obtenidos podemos concluir que la acción del injerto en presencia o no de nematodos (*Meloidogyne spp.*) en melón Cantaloup tiene las siguientes consecuencias:

1. Efecto del injerto:

1.1 No produjo un aumento significativo en el peso, ni en el calibre de los frutos del cultivo.

1.2 En el cultivo no se observaron cambios en SST y pH según el tratamiento.

1.3 El injerto aumentó significativamente el parámetro de luminosidad (L^*) y saturación (C^*) de la pulpa, aunque se produce una disminución del índice de color (IC).

2 Efecto de la densidad y virulencia de población de nematodos:

2.1 No se produjo una disminución significativa del peso, pero se observó una relación significativa del calibre vertical con respecto a la densidad de población de nematodos.

2.2 En las muestras de melón de variedad se obtuvo un aumento significativo de SST, no pudiéndose determinar el efecto de la virulencia. Por otro lado, en las muestras de melón patrón se observó un aumento de los SST en población no virulenta mientras que la población virulenta produce el efecto contrario (disminución significativa del contenido de SST). No se observó ningún cambio en los valores de pH en ninguna de las muestras analizadas.

2.3 La densidad de nematodos provoca un aumento de luminosidad (L^*) de los frutos, la virulencia no fue significativa para este parámetro. En contraposición, la presencia de nematodos produce un aumento de la saturación (C^*) y una disminución del matiz (Hue). En cambio, en los tratamientos de melones patrón la presencia de virulencia provoca una disminución en luminosidad (L^*), saturación (C^*) y un incremento en el índice de color (IC).

En general, podemos concluir que el injerto produce diferencias en algunos parámetros estudiados, reduciendo los efectos producidos por los nematodos. Observándose que el

uso de injerto permite obtener una mayor producción y un mejor tamaño dentro de la calidad requerida para ser comercializables.



Bibliografía

Referencias bibliográficas

- María Fe Andrés Yeves y Soledad Verdejo Lucas. 2011. *Enfermedades Causadas Por Nematodos Fitoparásitos* En *España*.
https://discovery.upc.edu/iii/encore/record/C__Rb1410030__S978-84-935247-6-0__Orightresult__U__X3;jsessionid=70951A6BB1AFE7CBEDF719406756A032?lang=cat.
- Chalé, Francisco Herrera, David Betancur Ancona, and Maira Rubi Segura Campos. 2014. "Compuestos Bioactivos de La Dieta Con Potencial En La Prevención de Patologías Relacionadas Con Sobrepeso y Obesidad; Péptidos Biológicamente Activos." *Nutricion Hospitalaria* 29(1): 10–20.
- "FAOSTAT." <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (Consultada: 7 Abril 2020).
- Fornaris, Guillermo. 2001. "Características de La Planta." *Conjunto Tecnológico para la Producción de Melón "Cantaloupe" y "Honeydew"* Estación e(Universidad de Puerto Rico).
- Fundacion de Desarrollo Agropecuario. 1995. "Cultivo de Melon." : Boletín técnico N°7, Segunda Edición.
- García Mayordomo, Paula. 2016. "Compuestos Bioactivos En Alimentos de Origen Vegetal." *Facultad de farmacia universidad computense* Trabajo final de Grado.
- Gisbert, Carmina y, and Belén. Picó. "Nuevos Portainjertos En Solanáceas y Cucurbitáceas | INNOVAGRI." 15 abril 2019. <https://www.innovagri.es/investigacion-desarrollo-inovacion/nuevos-portainjertos-en-solanaceas-y-cucurbitaceas.html> (Consultada: 30 Abril 2020).
- Guerra, Diego Cesar. 2018. "Efecto de Los Nematodos y El Injerto En La Composición Nutricional de Melón y Tomate." *Trabajo fin de grado ESAB-UPC*.
<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/122466>.

- Jiménez-Cuesta, M. J., J. Cuquerella, and J.M. Martínez-Jávega. 1981. "Determination of a Color Index for Citrus Fruit Degreening." *In Proc. of the International Society of Citriculture Vol.2:* 750–53.
- Laura, Montalvo. "Tu Mejor Cosecha Con Los Injertos de Melón y Sandía de Semilleros Hermanos Barrera." *15 febrero 2012*. <https://adra.ideal.es/adra/noticias/201202/15/tu-mejor-cosecha-con-los-injertos-de-melon-y-sandia-de-semilleros-hermanos-barrera.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.gg-es.com%2F> (Consultada: 25 Junio 2020).
- Megan Ware, RDN, L.D. "Cantaloupe: Health Benefits and Nutrition." *November 8, 2019*. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/279176#benefits> (Consultada: 14 Julio 2020).
- Mejía, Carlos ALberto. 2006. "Proyecto de Norma Técnica Hondureña Para Melón Variedad Cantaloupe (Cucumis Melo L . Cantaloupensis) Proyecto de Norma Técnica Hondureña Para Melón."
- "Meloidogyne Incognita - EcuRed." https://www.ecured.cu/Meloidogyne_incognita#Morfolog.C3.ADa_y_Biolog.C3.ADa (Consultada: 23 Abril 2020).
- Miriam, Autor, and Marín Santos. 2017. "NEMATODES TOMÀQUET I MELÓ CANTALOUPE CULTIVAT EN HIVERNACLE Treball Final de Grau Enginyeria Agroalimentària Tutors : Montserrat Pujolà Cunill Resum."
- Molina, Eloy. 2006. "Efecto de La Nutricion Mineral En La Calidad Del Mélon." *Informaciones Agronomicas* (63): 1–7.
- Nevado, M. A. (1987). El cultivo del melón Cantaloup. *Revista horticultura*, No. 34, p. 66-72. "El Cultivo Del Melón Cantaloup."
- Osuna Avila, Pedro et al. 2013. "La Embriogénesis Somática in Vitro Y Su Variación Genética Regiones Semi- Áridas." *Universidad Juárez del estado de durango. Facultad de agricultura y zootecnia*. Memoria(ISBN): 978-607-503-142–2.
- Ramos, Judit. 2016. "Inducida Sobre Meloidogyne Spp En La Calidad Del Melón Cantaloup Trabajo



Final de Grado Ingeniería Alimentaria.” : 50.

Reche, José. 2008. Generalitat Valenciana Conselleria d’Agricultura i Pesca. Valencia, España
Cultivo Del Melón En Invernadero.
http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337161080melon_baja.pdf.

Yetisir, Halit et al. 2013. “Rootstocks Effect on Plant Nutrition Concentration in Different Organ of Grafted Watermelon.” *Agricultural Sciences* 04(05): 230–37.

Zapata Nicolas, Manuel, Pedro Cabrera Fernandez, Sebastián Bañon Arias, and Pedro Roth Martinez. 1989. “El Melón.” : 50–51.
https://discovery.upc.edu/iii/encore/record/C__Rb1444012__Selmel%F3n__Orightresult__U__X7?lang=cat.