



Facultad de Veterinaria  
Universidad Zaragoza



# Trabajo Fin de Grado en Ciencia y Tecnología de los alimentos

Influencia de las mallas agrícolas en los parámetros de calidad de las granadas

Influence of agricultural meshes on the quality parameters of pomegranates

Autor/es

Isabel Porta Cuello

Director/es

María Eugenia Venturini Crespo  
Esther Arias Alvarez

Facultad de Veterinaria

2020

---

## ÍNDICE

1. RESUMEN .....	1
2. ABSTRACT .....	1
3. OBJETIVOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	10
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
4.1. MATERIALES .....	11
4.1.1. GRANADAS: VARIEDADES Y CONDICIONES DE CULTIVO.....	11
4.1.2. REACTIVOS.....	12
4.2. MÉTODOS.....	12
4.2.1. Determinación instrumental del color .....	12
4.2.2. Intensidad de desarrollo del color característico.....	12
4.2.3. Determinación de clorofila.....	13
4.2.4. Determinación de carotenoides.....	14
4.2.5. Determinación de antocianos .....	15
4.2.6. Determinación de la calidad físico-química .....	15
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
5.1. Calibre, peso, firmeza, pH, acidez y sólidos solubles totales (SST). .....	17
5.2. Pigmentos.....	19
6.3. Colorimetría .....	21
6. CONCLUSIONES .....	28
7. CONCLUSIONS .....	29
8. VALORACIÓN PERSONAL.....	31
9. BIBLIOGRAFÍA .....	32

## 1. RESUMEN

La granada es hoy en día considerada una de las frutas más saludables debido a sus componentes bioactivos y sus propiedades antioxidantes. Son numerosos los estudios científicos que ponen en manifiesto el beneficio del consumo de esta fruta para la salud. Por este motivo, la producción y el valor de mercado de la granada han aumentado en los últimos años. Por otro lado, el cambio climático y las adversidades que este provoca en los cultivos ha motivado la búsqueda de nuevas técnicas de cultivo como son el uso de mallas de sombreo y de distintos colores que protegen frente a la excesiva insolación y reducen el gasto hídrico. En este proyecto se ha trabajado con dos variedades de granada (*Punica granatum L.*), Shani y Emek, cultivadas en Alcolea de Cinca (Huesca) bajo distintas mallas de cobertura (blanco, negro, gris y plata). El objetivo fue determinar la influencia de las distintas mallas en el calibre, el contenido en pigmentos y el color durante su desarrollo en el árbol y en el producto una vez recolectado. Tras la realización de este trabajo, se observan diferencias entre las variedades Shani y Emek y entre los frutos cultivados bajo diferentes tipos de mallas de tal manera que podemos concluir que las mallas de cobertura pueden influir en las características del fruto sobre todo en el calibre y la uniformidad de color.

## 2. ABSTRACT

Pomegranate is considered today one of the healthiest fruits due to its bioactive components and antioxidant properties. There are numerous scientific studies that reveal the health benefit of consuming this fruit. For this reason, the production and market value of the pomegranate have increased in recent years. On the other hand, climate change and the adversities it causes in crops have motivated the search for new cultivation techniques such as the use of shading meshes and different colours that protect against excessive isolation and reduce water consumption. In this project we have worked with two varieties of pomegranate (*Punica granatum L.*), Shani and Emek, grown in Alcolea de Cinca (Huesca) under different cover nets (white, black, gray and silver). The objective was to determine the influence of the different meshes on the calibre, the pigment content and the colour during their development on the tree and on the fruit once collected. After carrying out this work, differences are observed between the Shani and Emek varieties and between the fruits grown under different types of meshes so that we can conclude that cover meshes can influence the characteristics of the fruit, especially in the size and colour uniformity.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. LA GRANADA: CLASIFICACIÓN TAXÓNOMICA Y CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO

El nombre científico actual de la granada es *Punica granatum*, que se deriva del nombre Pomum (manzana) y granatus (granulado). La familia de la granada tiene un solo género, el género *Punica*, con dos especies conocidas, *P. granatum* y *P. protopunica* Balf. Es posible que el origen se encuentre en la familia Lythraceae a partir de la cual se iniciaron las familias Sonneratiaceae y Punicaceae (Teixeira da Silva et al., 2013).

El género *Punica* tiene características distintivas que lo colocan en el orden Myrtales, aunque la familia dentro de la cual debería clasificarse es discutible, ya que a pesar de los varios estudios realizados todavía no hay una resolución clara del estado taxonómico del género *Punica*. La taxonomía actualmente aceptada es la del APG-III, por lo que *Punica* se trata como un género incluido en la familia Lythraceae (Teixeira da Silva et al., 2013).

Los granados son árboles de unos 5–10 m de altura, aunque también podemos encontrar variedades más pequeñas cuya altura se encuentra entre 1-2 m. El tallo es liso, con corteza de color gris oscuro y las ramas a veces presentan espinas. Las hojas son opuestas, de pecíolo corto, simples, de 2–8 cm de largo y de color verde brillante.

La floración ocurre aproximadamente un mes después de la aparición de los capullos que principalmente se encuentran en ramas jóvenes desarrolladas en el mismo año. Las flores pueden aparecer en solitario, por pares o racimos de forma terminal o axilar. En un mismo granado se pueden desarrollar tres tipos de flores: hermafrodita, masculina e intermedia. El hábito de floración de la granada depende de las condiciones climáticas; en un clima tropical, florece casi todo el año, pero solo una vez al año en los subtropicales (Teixeira da Silva et al., 2013).

El mejor fruto se obtiene de las primeras flores, probablemente porque se desarrollan bajo condiciones ambientales más favorables (Evreinoff, 1953). La floración y posterior fructificación dura aproximadamente un mes (Teixeira da Silva et al., 2013).

La polinización de las flores del granado es ambigua ya que puede ser auto polinizada o polinizada por distintos vectores. El tamaño y la fertilidad del polen varían mucho según el tipo de cultivo y la estación. Hay muy poca dispersión de polen por el viento, los principales polinizadores son abejas melíferas (*Apis* sp.), mariposas del limón (*Papilio demoleus* Linn.), escarabajos pertenecientes a los géneros *Cetonia* y *Trichodex* e incluso colibríes (Teixeira da Silva et al., 2013).

Se ha intentado modificar la planta para que su crecimiento sea más compacto con el objetivo de facilitar la recolección de la fruta pero la mayoría de la progenie modificada volvió a la formación de tallo y hojas de tipo salvaje (Teixeira da Silva et al., 2013).



**Figura 1.** Fruto de granada y sus diferentes partes (Calín-Sánchez et al., 2012).

Los frutos de granada son esféricos y algo aplanados por los polos, de 5–12 cm de diámetro, coronados por un cáliz tubular grueso muy distintivo; pericarpio liso, coriáceo, leñoso, de color amarillo parduzco que vira a rojo cuando está maduro; mesocarpio (albedo) esponjoso, dividido en varias cámaras por un diafragma horizontal y membranas septales verticales, cada cámara está llena de muchas semillas apiñadas; los arilos no se adhieren a las membranas septales (Teixeira da Silva et al., 2013).

La unión del ovario con el receptáculo del tallo forma un tipo peculiar de fruta, especialmente denominada "balausta", es también un carácter muy distintivo del género *Punica*. Este género se caracteriza por varias características morfológicas fácilmente distinguibles, como la fruta con pericarpio coriáceo y las semillas pulposas con sarcotesta comestible. El número de lóbulos y arilos varía, pero puede llegar a 1300 por fruta (Teixeira da Silva et al., 2013).

La cáscara se compone de dos partes: el pericarpio, que proporciona una capa de cutícula y una estera fibrosa; y el mesocarpio (también conocido como el albedo), que es el tejido esponjoso de la pared interna de la fruta donde se unen los arilos (Teixeira da Silva et al., 2013).

La maduración tiene lugar aproximadamente 6–7 meses después de la floración, en este momento el fruto ya ha desarrollado su color rojizo distintivo y produce un sonido metálico cuando se golpean (Teixeira da Silva et al., 2013).

La granada se compone de tres partes: semillas, jugo y cáscara (Kharchoufi et al., 2018). Las partes comestibles son los arilos (~50% del fruto) y están compuestos de 22% de semillas y 78% de fracción jugosa (Hasnaoui et al., 2011). Se consume principalmente en fresco, de manera directa, pero también se usa después de la separación de semillas, para la preparación de zumos frescos o bebidas enlatadas, incluso bebidas alcohólicas, jaleas, mermeladas y bebidas aromatizantes y colorantes (Melgarejo et al., 2000). La combinación de ácidos orgánicos, azúcares y antocianinas es importante para los atributos sensoriales además de contribuir a la calidad nutricional de la fruta (Hasnaoui et al., 2011). La piel de la granada comprende aproximadamente el 50 % del peso total de la fruta y es una importante fuente de compuestos bioactivos que presentan actividad antioxidante y antimicrobiana. (Gullon, Pintado y Viuda-Matos, 2016).

## **1.2. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE GRANADA**

La producción mundial de granadas ha aumentado en dos millones de toneladas en los últimos cinco años (Financial Food, 2019).

En general, la demanda es bastante estable además de creciente, pues este superalimento se ha estado dando a conocer cada vez más en nuevos mercados que no estaban demasiado familiarizados de antemano con esta fruta. (Resumen del mercado global de la granada, 2017). Actualmente, se calcula que la producción de granada supera los 3 millones de toneladas, concentrándose el 90 % de su producción en Irán, India y China (Font, 2017).

España es uno de los principales países productores de granada, siendo el primer país exportador en la Unión Europea. En 2018, en España la producción total fue de 75.673 t incluyendo mermas y pérdidas en la explotación. La mayoría se concentra en la Comunidad Valenciana, 59.486 t siendo un 78,61% del total; además en esta comunidad encontramos la Denominación de Origen Protegida de la Granada Mollar de Elche. En Aragón se produjeron 267 t que corresponde solo a un 0,35% del total. (MAPA, 2018). En el año 2019 la producción total aproximada fue de 72.115 t, siendo la Comunidad Valenciana la primera productora con 50.977 t, un 70,68 %. Aragón con 717 t, alcanzó tan solo un 1 % de la producción pero se

observa un aumento respecto al año 2018 (MAPA, 2019). Así, la producción de granada ha ido aumentando desde 23.169 t en 2008 hasta 75.673 t en 2018 (MAPA, 2018).

El valor en miles de euros también ha ido aumentando desde 20.377 miles de euros en 2008 hasta 37.333 en 2017, aunque en el año 2018 disminuyó un poco y el valor fue de 35.642 miles de euros. Sin embargo, el precio percibido por los agricultores ha disminuido considerablemente desde 87,95 €/100 Kg en los inicios hasta 47,10 €/100 Kg en 2018 (MAPA, 2018).

En el año 2018 en España, 95 t de la producción fueron destinadas al consumo humano y 11 t al consumo animal. Las ventas fueron de 63.870 kilos en fresco y 9.307 para productos transformados (MAPA, 2018).

### **1.3. CULTIVO DE LA GRANADA**

La granada es nativa de Persia y posiblemente también de algunas áreas circundantes, además, se cree que el origen se encuentra en Asia Central, particularmente en partes de Irán, desde donde se extendió al resto del mundo (Teixeira da Silva et al., 2013).

Fue cultivada en el antiguo Egipto, Grecia, Italia e Irak y más tarde, se extendió a países asiáticos como Turkmenistán, Afganistán, Irán, India, China, África del Norte y Europa mediterránea. El granado es uno de los primeros cultivos frutales que se domesticaron y se plantó por primera vez durante 4000 y 3000 a.C. siendo así una de las frutas conocidas más antiguas (Teixeira da Silva et al., 2013).

Las características edafológicas y el tipo de cultivo condicionan directamente en la calidad de dicho fruto por lo que es necesario estudios específicos para cada zona de cultivo, de tal manera que se elija la variedad adecuada a cultivar (Hernández y Martínez, 2010).

En las regiones del mundo donde se cultivan granadas los suelos son muy diferentes: arcillosos, arenosos, arenas costeras, grava, roca, suelos alcalinos, ricos en piedra caliza...Sin embargo, los suelos considerados los más fértiles son los ricos en humus de densidad media y terrenos aluviales con un buen drenaje.

El granado es una planta que tiene cierta tolerancia a las sales, tiene la capacidad de desarrollarse de manera adecuada en suelos ligeramente salinos pero la acumulación de sales en exceso (0,5 % de la masa del suelo) provoca la muerte de las raíces en crecimiento.

Otro factor clave para el crecimiento óptimo del árbol es la luz solar; reacciona negativamente a la sombra excesiva aunque la luz solar directa a menudo causa efectos nocivos en el fruto provocando quemaduras. Sin embargo, la fruta de mejor calidad se cultiva en regiones áridas que tienen un verano largo, cálido y seco. El granado puede soportar temperaturas de hasta 45-48 °C en combinación con vientos secos y calientes; por el contrario no es resistente a las bajas temperaturas y no puede tolerar temperaturas inferiores a -18 °C.

En cuanto al riego, es una variable especialmente importante ya que el exceso o la falta de agua puede provocar daños durante el periodo de maduración como puede ser la aparición de grietas en el fruto (Hepaksoy et al., 2009). Selahvarzi et al. (2017) estudiaron la influencia del riego en las frutas, en los que se desarrollan los efectos que provocan someter a los granados a un déficit de riego. El número de frutos por árbol se vio significativamente afectado por los diferentes tipos de riego siendo el número de frutas mayor en las plantas de control que contaban con un riego regulado. El peso medio de los frutos de los granados sometidos a riego regulado fue superior a los de los frutos control y además presentaban mayor número de arilos que contenían mayor cantidad de zumo. El estrés por sequía durante el crecimiento de la fruta originó la sequedad y la reducción del peso de la cascara así como la reducción de la cantidad de zumo y la aceleración de la degradación del almidón provocando la acumulación del azúcar. Mellisho et al. (2012) observaron que, en general, las frutas de árboles con un nivel de estrés hídrico moderado mostraron una disminución en el crecimiento de la fruta, que indujo un tamaño final de fruta más pequeño y un rendimiento total más bajo además de que las características químicas de la fruta reflejaron una maduración más temprana que la habitual. Respecto a los compuestos bioactivos, los resultados no son concluyentes ya que dependen también de otros factores como son el tipo de cultivo, el tiempo de cosecha, la edad de los árboles además de la severidad de la sequía (Selahvarzi, et al., 2017).

Globalmente, los resultados de los estudios hídricos indican que un mayor nivel de riego induce el crecimiento vegetativo al aumentar la longitud del brote, el número de hojas por brote, el área foliar, el número de flores por brote y tamaño del fruto por lo que para un mayor rendimiento de la fruta se requiere un riego regular (Magda et al., 2011). Sin embargo, si la humedad en el suelo es excesiva se pueden originar ciertas enfermedades (Teixeira da Silva et al., 2013).

El estado del clima global se ha convertido en una preocupación importante en la industria agrícola. En los últimos 30 años, la temperatura global de la superficie ha ido



umentando aproximadamente 0,2 °C por década. En consecuencia, los fenómenos meteorológicos y climáticos son extremos. Las temperaturas muy altas, la velocidad del viento y las incidencias de granizo que se producen, tienen notables efectos perjudiciales en los cultivos. Las encuestas meteorológicas han pronosticado que, si los cambios climáticos conducen a mayores aumentos de temperatura, el daño anual por tormenta de granizo al sector agrícola podría aumentar entre un 25 % y un 50 % en 2050 (Mditshwa et al., 2019).

El uso de redes o mallas es una de las técnicas emergentes utilizadas por los productores para proteger sus cultivos contra diversas tensiones bióticas y abióticas, como la radiación solar excesiva, los insectos, el granizo y el viento (Mditshwa et al., 2019). Las sequías es otro de los grandes problemas que ha motivado la búsqueda de métodos efectivos para mejorar la eficiencia del uso del agua. Se ha demostrado que la malla de sombra tiene un efecto positivo en la mejora del uso del agua ya que tienen la capacidad de distribuir eficientemente los rayos de luz, reducen la temperatura a la que se somete la planta así como la velocidad del viento disminuyendo así también la evaporación. La tasa de transpiración bajo las mallas de sombra aumenta la disponibilidad de agua minimizando el estrés hídrico de la planta. Además, ciertos estudios relatan que las plantas cultivadas bajo redes de sombra aumentan su capacidad de absorción de nutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el potasio.

Otra de las razones por las que se podría promover el uso de mallas de cultivo es su efecto en el color de la fruta, factor de gran importancia en el mercado ya que es la característica principal en la que se fijan los consumidores. El desarrollo del color está determinado por varios factores como la temperatura y la intensidad de la luz, ambos directamente relacionados con la malla de sombra, de tal forma que dependiendo del tipo de malla se puede mejorar la coloración de la fruta. En estudios comparativos entre granada cultivada a campo abierto y bajo redes de sombreado se ha observado que las altas temperaturas registradas en los primeros no permitió el desarrollo de la expresión de los genes responsables de la regulación de la vía biosintética de las antocianinas, en cambio, las redes de sombra inducen una temperatura más fría del suelo mejorando así la acumulación de antocianinas y el desarrollo del color del fruto. En suma, además de que las redes proporcionan una barrera física a las condiciones ambientales adversas tienen un efecto deseado en la biosíntesis de pigmentos como antocianinas y carotenoides en la fruta.

Por otra parte, también se ha estudiado el efecto de las redes en la calidad interna del fruto. Se ha demostrado que la malla de sombra puede afectar a la cantidad de sólidos solubles totales y a la acidez titulable ya que su desarrollo depende principalmente de la intensidad de la luz que se ve modificada por las mallas. Así pues, también se investiga el

impacto de las mallas de sombra en los atributos fitoquímicos y nutricionales de la fruta. En el caso de la granada se observó que la actividad antioxidante y la concentración de vitamina C fueron mucho más bajas en frutas cultivadas bajo redes de sombra en comparación con las de cultivo en campo abierto; esto depende directamente del color ya que por ejemplo, el contenido fenólico fue más alto en cultivos cubiertos con red de sombra roja. La calidad y la cantidad de la luz tienen gran influencia en la biosíntesis de compuestos fenólicos, la red de sombra negra no favorece el paso de la luz y por tanto no favorece el desarrollo de dichos compuestos (Manja y Aoun, 2019).

En definitiva, por todos los factores nombrados anteriormente, es necesario comprender mejor los efectos de las redes en las condiciones ambientales del cultivo, la fisiología de los árboles y la calidad de los frutos. Las mallas deben utilizarse de manera adecuada de tal forma que la fruta cultivada no solo sea atractiva físicamente sino que la calidad sea interna y externa, conteniendo así unos atributos nutricionales óptimos (Mditshwa et al., 2019).

#### **1.4. LA GRANADA Y SUS COMPONENTES DE INTERÉS**

La piel de la granada es uno de los subproductos vegetales más valiosos de la industria alimentaria. En los últimos años, muchos estudios se centran en la extracción, la estructura química y las actividades biológicas de los antioxidantes extraídos de las cáscaras de granada (Zhu y Liu, 2013). Entre las distintas sustancias presentes en la piel de la granada caben destacar los taninos y los ácidos fenólicos (Fischer, Carle y Kammener, 2011) dentro de los cuales se encuentran: ácido clorogénico, cafeico, sirínico, sinápico, p-cumárico, ferúlico, vanílico, elágico, gálico y cinámico; estos perfiles y su concentración varían dependiendo del tipo de cultivo y sus condiciones geográficas. Las elagitaninas (punicalagina y derivados) son los polifenoles más abundantes en la piel siendo los responsables de su potente actividad antioxidante. La presencia de múltiples compuestos fenólicos provoca que la capacidad antioxidante de la cáscara sea mayor en comparación a polifenoles purificados únicos (Sing et al., 2018).

Los zumos comerciales de granada muestran una actividad antioxidante tres veces mayor que el vino tinto y una infusión de té verde. La actividad es mayor en zumos comerciales extraídos de granadas enteras que en zumos experimentales obtenidos de arilos solamente (Gil et al., 2000). Esto muestra que el procesamiento industrial de la granada extrae algunos de los taninos hidrolizables presentes en la corteza de la fruta. Esto podría explicar la mayor actividad antioxidante de los jugos comerciales en comparación con los experimentales.

La gran cantidad de estos compuestos presentes en la piel de la granada convierten a este subproducto una fuente potencial de bajo coste en el desarrollo de alimentos dietéticos ricos en antioxidantes. Los flavonoides son los que han recibido especial atención debido a los múltiples beneficios que tienen para la salud ya que actúan como agentes antiinflamatorios, antidiabéticos, antialérgicos...además de presentar efecto positivo ante problemas gastrointestinales o hepáticos (Singh et al., 2018).

La recuperación de compuestos fenólicos a partir de materiales vegetales está influenciada por las condiciones de extracción, concretamente por la polaridad del disolvente y su relación con el material vegetal y la temperatura. Se deben elegir métodos de recuperación de bajo coste y ambientalmente sostenibles, especialmente para su uso como suplemento o aditivo alimentario. Por tanto, la extracción con agua a 55 °C es la mejor opción para obtener extractos de calidad alimentaria con rendimientos aceptables, capaces de mantener sus preciadas características bioactivas (Kharchoufi et al., 2018).

### **3. OBJETIVOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

Cada día se están poniendo más de manifiesto los beneficios para la salud que aportan las frutas ricas en antioxidantes, hasta tal punto que las han bautizado como las “superfrutas”. En esta lista de “superfrutas” se encuentra la granada, ya que es una de las frutas que mayor contenido en antioxidantes posee, más incluso que los arándanos u otros frutos rojos. Por otro lado, el cambio climático ya es un hecho, y de ahí la necesidad de adaptar o encontrar alternativas a los cultivos tradicionales para mejorar la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos. En este sentido, el uso de mallas de distintos colores sobre el cultivo de granado nos podría ayudar a reducir el consumo hídrico y también influir o mejorar la calidad de los frutos.

Dentro del Grupo Cooperación “INNOGRANA: Implantación y Mecanización de Mallas Agrícolas en Granado para Reducir el Agua de riego, Incrementar el contenido en Antioxidantes en la Fruta y constituir una Alternativa Eficiente frente al Cambio Climático” se propuso cubrir con distintas mallas agrícolas los árboles de granado para crear un microclima alrededor del árbol que permita un ahorro de agua de riego, una reducción de las mermas de fruta por quemaduras del sol o rozaduras por viento e incluso mejorar el contenido de antioxidantes y azúcares en la fruta.

Dentro de este proyecto, el objetivo general de este trabajo es determinar la influencia de 4 mallas de cobertura con distintos colores (blanco, negro, gris y plata) en la evolución de parámetros como el calibre, el color y el contenido en pigmentos (clorofilas, antocianos y carotenos) de las granadas durante su desarrollo en el árbol. Una vez recolectadas también se determinarán estos mismos parámetros así como la calidad físico-química de los arilos. Se emplearán para ello dos variedades de granada, Shani y Emek, cultivadas en Alcolea de Cinca (Huesca).

#### **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **4.1. MATERIALES**

##### **4.1.1. GRANADAS: VARIEDADES Y CONDICIONES DE CULTIVO**

Para este Trabajo de Fin de Grado, se utilizaron dos variedades de granada (*Punica granatum* L.), Emek y Shani, cultivadas en Alcolea de Cinca (Huesca).

Con el objetivo de minimizar el gasto hídrico durante su cultivo se emplearon 4 mallas de distintos colores: plata, negro, blanco y de sombreo (Figura 2). Las mallas se colocaron el 25 de junio de 2019. En la variedad Emek se instalaron los 4 tipos de mallas mientras que en la variedad Shani sólo se dispuso la malla blanca. En ambos casos se contó con un lote control sin malla.



**Figura 2.** Mallas empleadas en el cultivo de las granadas. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: sombreo, negra, blanca, plata y control sin malla.

Cada 15 días durante la maduración de los frutos en el árbol y tras su recolección se determinó el color mediante colorimetría y se analizó el contenido de pigmentos en piel – (clorofila, antocianos y carotenos) por espectrofotometría UV-visible, además de evaluar la calidad de los frutos en madurez comercial.

#### **4.1.2. REACTIVOS**

Los reactivos utilizados en este trabajo han sido hexano (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>), acetona (CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>), metanol (CH<sub>3</sub>OH), ácido clorhídrico (HCl), y ácido ascórbico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>). Todos los reactivos empleados fueron suministrados por Panreac (Barcelona, España).

#### **4.2. MÉTODOS**

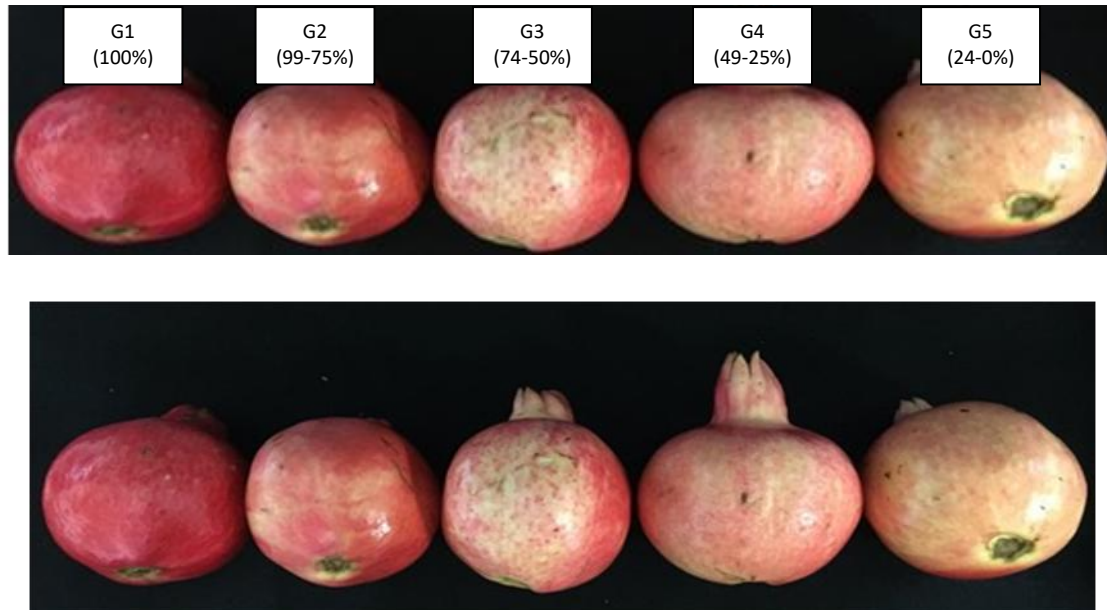
##### **4.2.1. Determinación instrumental del color**

El color de la fruta es un parámetro muy utilizado como índice de madurez y calidad, que en nuestro caso nos ayudará a determinar las variaciones ocasionadas por las diferentes mallas utilizadas.

Para determinar los valores de las coordenadas de color de la Comisión Internationale de l'Eclairage (CIE) durante la maduración del fruto y en su madurez comercial se utilizó un colorímetro triestímulo (Konica Minolta) y se describen de la siguiente manera: tonos amarillos (b\*+), o matices azules (b\*-), tonos rojizos (a\*+), o tonos verdes (a\*-), y claridad (L\*, luminosidad del estímulo juzgada con relación a luminosidad de otro estímulo que consideramos el blanco). También se obtuvieron los valores del tono (h\*, similitud del estímulo con uno de los colores percibidos; rojo, amarillo, verde o azul, o con ciertas proporciones de estos, según lo descrito por Guisasola Bellido, 2002) y croma (C\*, colorido del estímulo juzgado en proporción a la luminosidad del estímulo considerado como blanco).

##### **4.2.2. Intensidad de desarrollo del color característico**

En función de la intensidad de desarrollo del tono característico de los frutos en su superficie (porcentaje de la piel con coloración característica) se estableció una escala de 5 grados (Figura 4.2) siendo: grado 1 (100 % de la superficie con color característico), grado 2 (99-75 % de la superficie con color característico), grado 3: 74-50 % de la superficie con color característico), grado 4 (49-25 % de la superficie con color característico) y grado 5 (24-0 % de la superficie con color característico).



**Figura 3.** Escala de intensidad de desarrollo del color característico en granadas. De izquierda a derecha: grados 5, 4, 3, 2 y 1.

#### 4.2.3. Determinación de clorofila

Para la cuantificación del contenido en clorofilas se siguió la metodología descrita por Knee (1972) en “Anthocyanin, carotenoid and chlorophyll changes in the peel of Cox’s Orange Pippin apples during the ripening on and off the tree”.

En la determinación de clorofilas se tomaron réplicas de entre 3-5 gramos de una muestra de piel en tubos Falcon de 50 mL y se añadieron 15 mL de la dilución de extracción, acetona:agua (80:20). A continuación, se homogeneizó en Ultra-Turrax durante 30 s. Tras esto, se filtró a vacío y se re extractó dos veces con 5 mL de acetona al 80 %. El extracto se enrasó en matraces aforados de 25 mL con acetona al 80 %.

La cuantificación espectrofotométrica se basa en la medida de la absorbancia en el máximo de absorción de las clorofilas, 645 y 663 nm, longitudes de onda donde además no absorben los carotenoides. Una vez obtenidas las absorbancias se aplican las siguientes fórmulas (Aguiló-Aguayo, 2014):

$$\text{clorofila } a = \frac{(12,3 * A_{663} - 0,86A_{645}) * V_{\text{extracto}} (mL) * 100}{1000 * L (cm) * \text{Masa muestra} (g)}$$

$$\text{clorofila } b = \frac{(19,3 * A_{645} - 3,6 * A_{663}) * V_{\text{extracto}} \text{ (mL)} * 100}{1000 * L \text{ (cm)} * \text{Masa muestra (g)}}$$

Así, tras realizar los cálculos correspondientes se obtiene la concentración en clorofila a y b en mg/100 g de peso fresco y, mediante la suma de ambos resultados, la concentración de clorofila total.

#### 4.2.4. Determinación de carotenoides

En la determinación de la concentración de carotenoides se siguió la metodología de la AOAC (1990) en "Carotenes in fresh plant material and silages"

Dicha determinación siempre se realizó en frío y protegiendo la muestra de la luz para minimizar las pérdidas oxidativas y enzimáticas. Se pesaron 3 réplicas de entre 3-5 g de muestra de piel en tubos de vidrio y se añadieron 25 mL de la dilución de extracción, hexano:acetona:etanol 2:1:1 (v:v:v). Tras ello, se homogeneizó durante 2 min en Ultra-turrax y se añadieron 10 mL de agua destilada. Finalmente, se mezcló por agitación durante 30 s y se dejó reposar para separar las fases y medir la absorbancia de la hiperfase a 470 nm.

La concentración total de carotenoides se obtiene a partir de la ecuación de la Ley de Beer-Lambert:  $A = \epsilon c L$  donde A es la absorbancia de nuestra muestra,  $\epsilon$  el coeficiente de absorptividad molar y c el camino óptico. En el caso de los carotenos, consideramos que el  $\beta$ -caroteno es el mayoritario ( $\epsilon = 122000 \text{ L/mol cm}$ , y peso molecular = 536,8726 g/mol). El resultado final se obtiene como mg de equivalentes de  $\beta$ -caroteno (BCE)/ 100 g peso fresco.

De tal forma, la ecuación final será la siguiente:

$$C \text{ (mg/100 g)} = \frac{A * P_m \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) * V_{\text{extracto}} \text{ (mL)} * 100 * F_d}{e \left(\frac{\text{L}}{\text{mol} * \text{cm}}\right) * L * \text{masa muestra (g)}}$$

Siendo A el valor lectura de absorbancia de la muestra; masa muestra: cantidad pesada para la extracción en g; Fd: factor de dilución si procede; e, absorptividad molar del compuesto correspondiente (L/mol cm); L, paso óptico (cm); Vextracto, volumen final empleado en la extracción (mL) y P.M., peso molecular del compuesto correspondiente (g/mol).



#### 4.2.5. Determinación de antocianos

Para la determinación de antocianos se seguirá la metodología descrita por Dekazos (1970) en “*Quantitative determination of anthocyanin pigments during maturation and ripening of red tart cherries*”.

Para la extracción de antocianos se tomaron 3 réplicas de entre 3-5 gramos de muestra de piel en tubos Falcon de 50 mL y se añadieron 10 mL de metanol acidificado al 1 % con HCl 0,5 N y 0,1 g ácido ascórbico. La mezcla se homogeneizó durante 30 s en Ultra-turrax.

Los extractos se mantuvieron en frío durante 5 min, después se filtraron a vacío y el residuo se reextractó 3 veces con 5 mL de metanol acidificado al 1% con HCl 0,5 N.

El extracto se enrasó en matraces aforados de 25 mL con metanol acidificado al 1% con HCl 0,5 N y se midió su absorbancia a 525 nm.

Se presupone, por norma general, que el antociano mayoritario en los frutos es la cianidina 3-O-glucósido ( $\lambda = 525$  nm), por lo que se suelen usar los parámetros de esta molécula para realizar los cálculos: P.M.=449,2 g/mol y  $\epsilon=29600$  L/mol cm, empleándose por norma general cubetas de 1 cm de paso óptico ( $L=1$  cm). Por lo tanto, se obtiene el resultado en mg de equivalentes de cianidina 3-O-glucósido (CGE)/100 g peso fresco al sustituir en la siguiente ecuación, a partir de la Ley de Beer-Lambert:

$$C \text{ (mg/100 g)} = \frac{A * Pm \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) * V_{\text{extracto}} \text{ (mL)} * 100 * Fd}{e \left(\frac{\text{L}}{\text{mol} * \text{cm}}\right) * L * \text{masa muestra} \text{ (g)}}$$

Siendo A el valor lectura de absorbancia de la muestra; masa muestra: cantidad pesada para la extracción en g; Fd: factor de dilución si procede; e, absortividad molar del compuesto correspondiente (L/mol cm); L, paso óptico (cm); Vextracto, volumen final empleado en la extracción (mL) y P.M., peso molecular del compuesto correspondiente (g/mol).

#### 4.2.6. Determinación de la calidad físico-química

En los frutos recolectados en madurez comercial se determinó el contenido en sólidos solubles totales, acidez total titulable y firmeza de los arilos.

Para calcular el contenido en sólidos solubles se siguió la técnica descrita en los Métodos Oficiales de Análisis de Zumos de Frutas (AOAC-1984; método nº8. Fédération Internationale des Producteurs de Jus de Fruits, 1962). La medida se realizó sobre una gota de zumo de granada obtenida de 100 g de arilos de cada uno de los lotes que se analizaron, llevándose a cabo en un refractómetro digital de la marca ATAGO, modelo DBX con corrector automático de temperatura, por lo que los resultados se expresan en °Brix a 20°C.

La acidez total se determinó por triplicado sobre 1 mL de zumo de granada diluido 1/100, en el que se introdujo el electrodo del pH metro y se valoró con hidróxido sódico 0,1 N utilizando un titulador automático Crison compact titrator hasta alcanzar un pH de 8,1. La acidez se expresó como g de ácido cítrico/L de zumo, ya que es éste el ácido mayoritario de la granada.

Finalmente, se determinó la firmeza de los arilos mediante un ensayo de compresión en el texturómetro (TA.XTplusC Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido), utilizando una sonda cilíndrica de acero inoxidable de 2,5 cm de diámetro. La prueba consistió en analizar la fuerza que hay que aplicar para que haya una deformación del 30 % del producto. Se realizó en cincuenta arilos de cada lote a una velocidad de 10 mm/s y los resultados de firmeza se expresaron en kg.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Calibre, peso, firmeza, pH, acidez y sólidos solubles totales (SST).

En las tablas 1 y 2 se recogen los resultados de la calidad físico-química de las variedades de granada Emek y Shani, respectivamente, en el momento de su recolección.

**Tabla 1.** Parámetros físico-químicos de la granada variedad Emek en grado de madurez comercial cultivada bajo distintas mallas de sombreo.

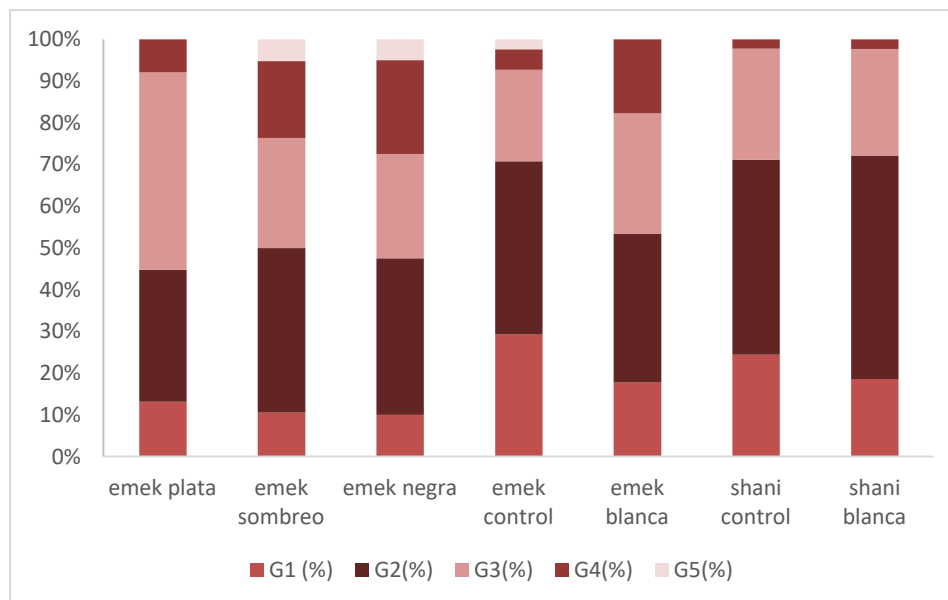
Lote	Calibre (mm)	Uniformidad de color (piel)	Firmeza arilos (kg)	pH	Acidez (g ácido cítrico/L)	SST (°Brix)
CONTROL	94,78±3,22	2,10±0,97	0,70±0,10	3,66±0,09	2,87±0,17	14,74±0,08
BLANCA	95,79±3,86	2,47±0,99	0,68±0,10	3,60±0,08	3,06±0,10	14,68±0,26
NEGRO	92,41±3,31	2,75±1,08	0,67±0,10	3,70±0,20	3,35±0,28	13,89±1,15
PLATA	94,32±3,14	2,50±0,83	0,61±0,10	3,46±0,04	3,16±0,12	14,55±0,21
SOMBREO	94,01±3,59	2,68±1,07	0,61±0,10	3,72±0,02	2,83±0,20	14,29±0,36

**Tabla 2.** Parámetros físico-químicos de la granada variedad Shani en grado de madurez comercial cultivada bajo distintas mallas de sombreo.

Lote	Calibre (mm)	Uniformidad de color (piel)	Firmeza arilos (kg)	pH	Acidez (g ácido cítrico/L)	SST (°Brix)
CONTROL	94,88±3,02	2,07±0,78	0,66±0,11	3,65±0,05	4,63±0,23	14,87±0,26
BLANCA	96,78±3,48	2,12±0,73	0,75±0,10	4,06±0,10	4,09±0,27	14,58±0,36

Como se observa en las tablas, no hay una diferencia muy notable de tamaño entre variedades, siendo el **calibre** medio, 94,26 mm para Emek y 95,83mm para Shani. Comparando entre las diferentes mallas dentro de la variedad Emek, hay una diferencia notable de tamaño entre los frutos cultivados con malla de color negro (92,41 mm) y los frutos cultivados bajo mallas blancas (95,79mm) o color plata (94,32 mm), cuyo calibre es hasta 34 mm mayor. Dentro de la variedad Shani, también se aprecia un aumento de calibre en los frutos cultivados bajo la malla blanca.

Respecto a la **uniformidad de color**, la malla de color negro y de sombreo parecen tener un efecto negativo, ya que en comparación con los frutos control la homogeneidad media es más elevada a pesar de la variabilidad encontrada dentro de los frutos de un mismo lote. Para tener una percepción más clara de que el color es menos uniforme en los frutos cultivados bajo estas mallas, en la figura 4 se presenta el porcentaje de frutos que se contabilizó en cada grado de la escala en función de la malla. Además, entre variedades, los frutos Emek presentan menor uniformidad que los frutos de la variedad Shani. Considerando que el objetivo es conseguir la mayor homogeneidad de color posible vemos que la malla blanca con el 53,34% de los frutos en grados 1 y 2 de la escala es la que más se aproxima al 70,73% obtenido en las muestras control. Sin embargo, también cabe destacar que la malla plata es la que menos porcentaje de frutos presentó en los dos últimos grados de la escala, siendo un 0% en G5, al igual que la malla blanca.



**Figura 4.** Uniformidad de color de los frutos recolectados bajo las distintas mallas basada en una escala de cinco grados.

En relación a la **firmeza**, en general la variedad Shani presentó mayor firmeza en arilos que la variedad Emek y dentro de las distintas mallas, la blanca es la que más firmeza presenta aunque en general las diferencias no son significativas. Los indicadores de calidad interna de la fruta (como la firmeza, la madurez, el contenido de azúcar y la acidez) parecen estar menos afectados por las redes en comparación con los indicadores externos (Manja y Aoun, 2020).

Los resultados de los análisis indican que la variedad Shani presenta mayor **acidez** que la variedad Emek y ambas presentan un contenido de sólidos solubles similar. En cuanto al **pH**, los rangos no presentan diferencias notables entre variedades ni tampoco entre las distintas mallas. En el caso de los **sólidos solubles**, todos los valores se encuentran entre 14-15 °Brix, valor habitual en las granadas en grado de madurez comercial.

## 5.2. Pigmentos

En la tabla 3 se detallan los contenidos en antocianos en la piel de las granadas de las variedades de Emek y Shani a distintos tiempos durante su maduración en árbol y en el momento de su cosecha (grado de madurez comercial).

**Tabla 3.** Antocianos (mg equivalentes cianidina 3-O-glucósido (CGE)/100 g peso seco (p.s.) en la piel de las granadas variedad Emek y Shani cultivadas bajo distintas mallas de sombreado durante su maduración en árbol y en el momento de su recolección (grado de madurez comercial).

Variedad	Malla	Fecha			
		25-julio	08-agosto	28-agosto	COMERCIAL (5-septiembre)
Emek	CONTROL	3,41±0,08	4,04±0,09	4,37±0,11	4,66±0,09
	BLANCA	2,33±0,04	3,29±0,07	4,39±0,14	4,60±0,12
	NEGRO	2,99±0,07	3,36±0,10	4,91±0,08	5,33±0,12
	PLATA	2,42±0,06	3,10±0,06	5,08±0,09	5,25±0,05
	SOMBREO	2,92±0,11	4,09±0,09	4,23±0,10	5,44±0,12
Shani	CONTROL	3,31±0,09	3,90±0,07	4,34±0,08	6,34±0,21
	BLANCA	5,50±0,12	6,52±0,18	8,76±0,40	11,37±0,18

En cuanto a la cantidad de **antocianos** en la piel de la granada, no se observan diferencias notables tanto entre variedades como en del tipo de malla. En el caso de las mallas negra, plata y sombreado para la variedad Emek las cantidades determinadas (5,33; 5,25 y 5,44 mg CGE/100 g p.s.) es algo superior a la del fruto control (4,66 mg CGE/100 g p.s.). Por otro lado, en la variedad Shani el fruto cultivado bajo malla blanca presenta un aumento significativo en la cantidad de antocianos (11,37 mg CGE/100 g p.s.) respecto al control (6,34 mg CGE/100 g p.s.) en el momento de la recolección.

En este caso, los frutos que mayor cantidad de antocianos presentaron fueron los cultivados bajo las mallas de color negro sombreado (5,33 y 5,44 mg CGE/100g pd.sw., respectivamente), hecho que se contradice con los resultados de Manja y Aoun (2020),

quienes determinaron que cubrir árboles con redes negras reduce la coloración de los frutos ya que la disponibilidad reducida de luz se correlaciona con una tasa fotosintética más baja y con menos carbohidratos disponibles cruciales para la producción de antocianinas.

El contenido en **carotenos** en la piel de las granadas va disminuyendo conforme avanza la maduración en árbol (tabla 4) desde un contenido de en torno a 1,0-1,5 mg equivalentes de beta-caroteno (BCE)/ 100 g peso seco (p.s.) a finales de julio a valores en torno a 0,2 en el momento de la recolección. En este caso hay una diferencia notable entre variedades en el momento de su recolección, siendo su contenido mayor en Shani (0,33 mg equivalentes de beta-caroteno (BCE)/ 100 g peso seco (p.s.)) que en Emek (0,19 mg BCE/100 g p.s.). Entre las diferentes mallas, en la variedad Emek se puede apreciar que en los frutos cultivados bajo mallas de color negro la cantidad de carotenos disminuye algo menos (0,22 mg BCE/100 g p.s) que en el fruto control.

**Tabla 4.** Carotenos (mg equivalentes de beta-caroteno (BCE)/ 100 g peso seco (p.s.)) en la piel de la granada de las variedades Emek y Shani cultivadas bajo distintas mallas de sombreado durante su maduración en árbol y en el momento de su recolección (grado de madurez comercial)

Variedad	Malla	Fecha			
		25-julio	08-agosto	28-agosto	COMERCIAL (5-septiembre)
Emek	CONTROL	1,38±0,03	1,01±0,2	0,22±0,01	0,19±0,03
	BLANCA	1,42±0,06	0,55±0,02	0,23±0,01	0,18±0,02
	NEGRO	1,45±0,08	0,86±0,05	0,33±0,02	0,22±0,04
	PLATA	1,12±0,04	0,76±0,05	0,24±0,02	0,17±0,01
	SOMBREO	1,29±0,08	0,91±0,04	0,26±0,01	0,18±0,01
Shani	CONTROL	1,10±0,05	0,90±0,04	0,61±0,03	0,33±0,04
	BLANCA	1,01±0,04	0,75±0,05	0,49±0,02	0,18±0,02

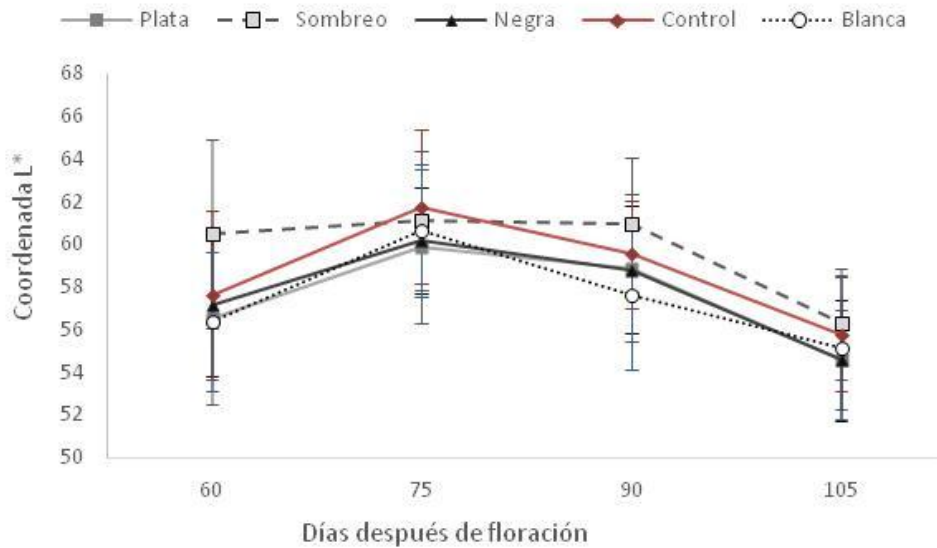
El contenido en **clorofilas a, b y total** en la piel de las granadas se detalla en la tabla 5. Este pigmento disminuye significativamente entre el primer punto de medida (25 julio) y el segundo (8 agosto). En el primer punto de medida el contenido en clorofila a es 2,5 veces superior al de clorofila b, relación normal en los productos vegetales. Sin embargo estas diferencias se van diluyendo e incluso en el momento de la recolección el contenido en clorofila b supera al de a. En este momento el contenido en clorofila total es siempre inferior a 1 mg/100 g (p.s.)

**Tabla 5.** Clorofilas a, b y total (mg/ 100 g peso seco (p.s.)) en la piel de la granada de las variedades Emek y Shani cultivadas bajo distintas mallas de sombreado durante su maduración en árbol y en el momento de su recolección (grado de madurez comercial).

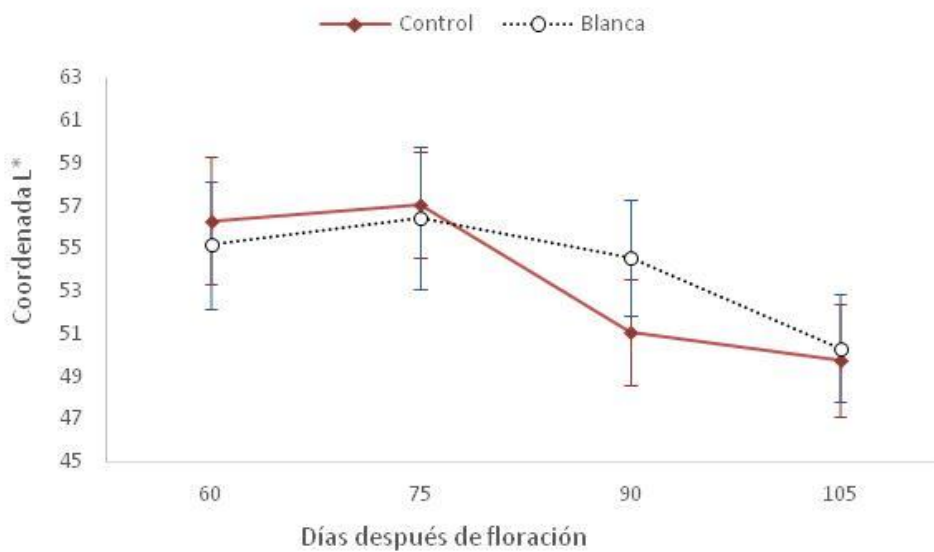
Clorofila	Variedad	Malla	Fecha			
			25-julio	08-agosto	28-agosto	COMERCIAL (5-septiembre)
a	Emek	CONTROL	3,87±0,07	1,34±0,04	0,25±0,02	0,29±0,04
		BLANCA	6,24±0,18	1,25±0,10	0,28±0,04	0,22±0,05
		NEGRO	6,15±0,10	1,61±0,11	0,43±0,05	0,30±0,05
		PLATA	3,55±0,18	2,18±0,15	0,09±0,01	0,10±0,03
		SOMBREO	5,42±0,31	2,28±0,07	0,29±0,02	0,30±0,04
	Shani	CONTROL	4,07±0,06	2,10±0,06	0,63±0,03	0,38±0,04
		BLANCA	4,65±0,21	1,68±0,10	0,28±0,01	0,34±0,05
	b	Emek	CONTROL	1,62±0,07	0,50±0,15	0,61±0,04
BLANCA			2,50±0,16	0,95±0,09	0,50±0,10	0,39±0,06
NEGRO			2,51±0,15	0,95±0,12	0,22±0,10	0,27±0,05
PLATA			1,46±0,12	1,74±0,39	0,32±0,06	0,33±0,05
SOMBREO			2,05±0,16	1,37±0,04	0,34±0,09	0,22±0,05
Shani		CONTROL	1,41±0,16	1,22±0,12	0,85±0,02	0,55±0,07
		BLANCA	1,88±0,19	1,12±0,12	0,36±0,04	0,43±0,15
Total		Emek	CONTROL	5,49±0,10	1,84±0,15	0,87±0,04
	BLANCA		8,75±0,24	2,20±0,13	0,78±0,11	0,62±0,08
	NEGRO		8,66±0,18	2,56±0,16	0,65±0,11	0,57±0,07
	PLATA		5,01±0,22	3,91±0,42	0,41±0,06	0,43±0,05
	SOMBREO		7,47±0,34	3,65±0,08	0,63±0,09	0,52±0,06
	Shani	CONTROL	5,48±0,17	3,33±0,13	1,47±0,03	0,93±0,08
		BLANCA	6,53±0,29	2,80±0,15	0,64±0,04	0,77±0,16

### 6.3. Colorimetría

Los parámetros de color L\*, a\* y b\* fueron medidos durante la maduración de las granadas en el árbol a partir de los 60 días tras la floración completa y en el momento de su recolección, cuando habían alcanzado la madurez comercial. Ambas variedades presentan una coloración similar en la determinación del color de la piel así como una gran luminosidad (L\*) (figuras 5 y 6); Este parámetro disminuye conforme madura el fruto. En la variedad Emek las medidas son ligeramente más altas y dentro de las distintas mallas, es la malla de sombreado la que da un valor final más alto.



**Figura 5.** Coordenada L\* de la piel de la granada variedad Emek en distinto grado de madurez cultivada bajo distintas mallas de sombreado.

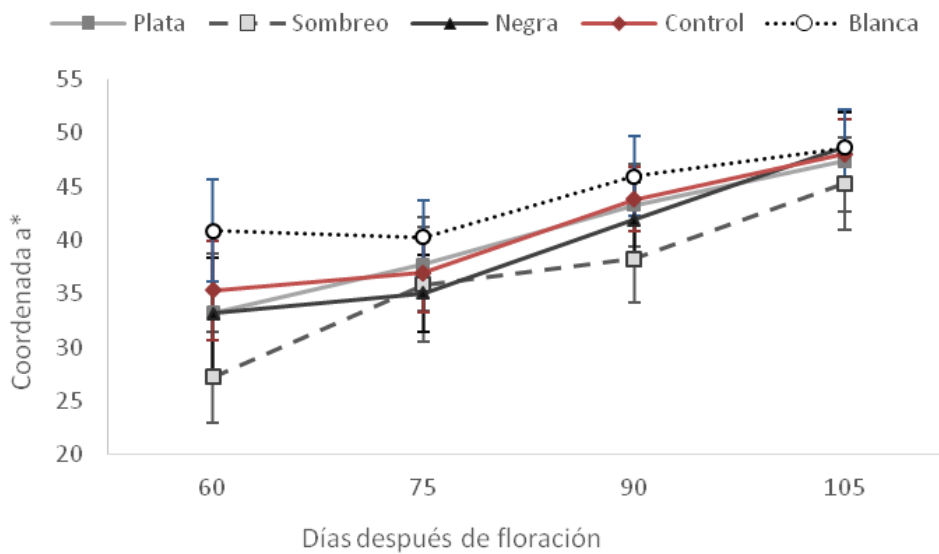


**Figura 6.** Coordenada L\* de la piel de la granada variedad Shani en distinto grado de madurez cultivada bajo distintas mallas de sombreado.

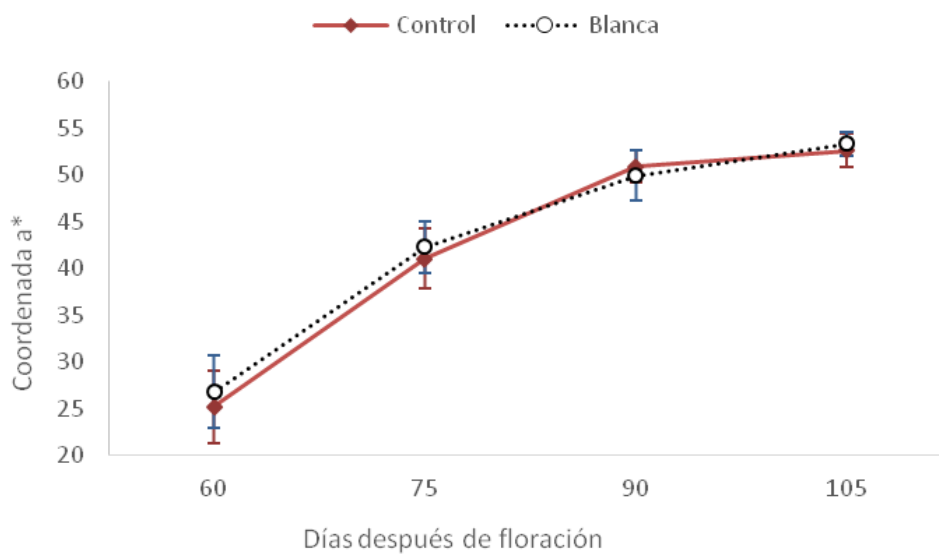
Como se puede observar en las figuras 7 y 8, la coordenada de color a\* aumenta conforme maduran los frutos apreciándose ligeras diferencias entre las mallas en los primeros días después de la floración que se equiparan cuando los frutos alcanzan la madurez comercial. Esta coordenada describe tonos rojizos (a\*+), o tonos verdes (a\*-) y por ello está estrechamente relacionada con la concentración de pigmentos responsables del color de los



frutos como los antocianos. Como se ha visto anteriormente estos compuestos también aumentan hasta alcanzar su máxima concentración (5,44 y 11,37 mg equivalentes de cianida 3-glucósido (ECG)/100 g de peso seco (p.s)) en la recolección. En este caso, los frutos cultivados bajo las mallas color plata y blanca son los que mayor tonalidad roja han presentado. No hay diferencia notable entre variedades. El aumento de estos pigmentos también está relacionado con la disminución en la luminosidad sobre todo por los compuestos sintetizados en las últimas etapas del desarrollo del fruto.

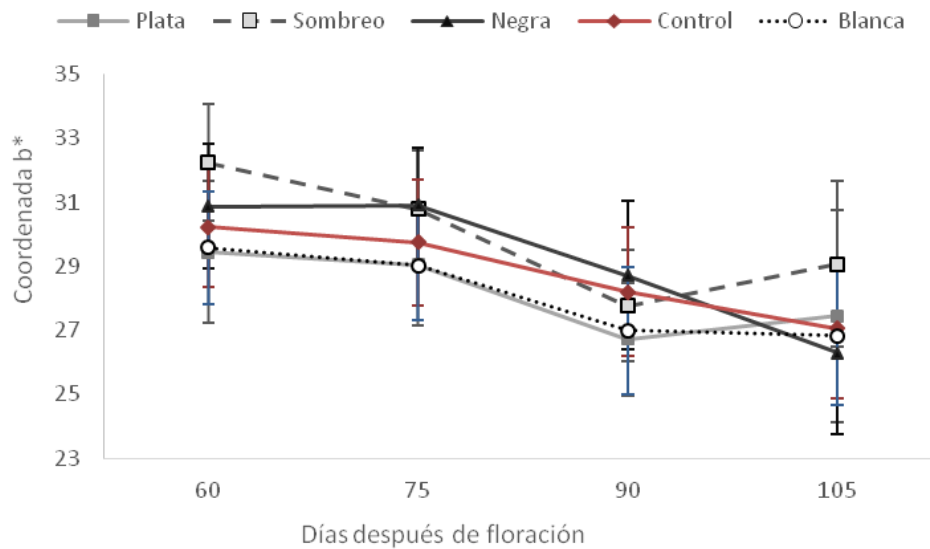


**Figura 7.** Coordenada a\* de la piel de la granada variedad Emek en distinto grado de madurez cultivada bajo distintas mallas de sombreado.

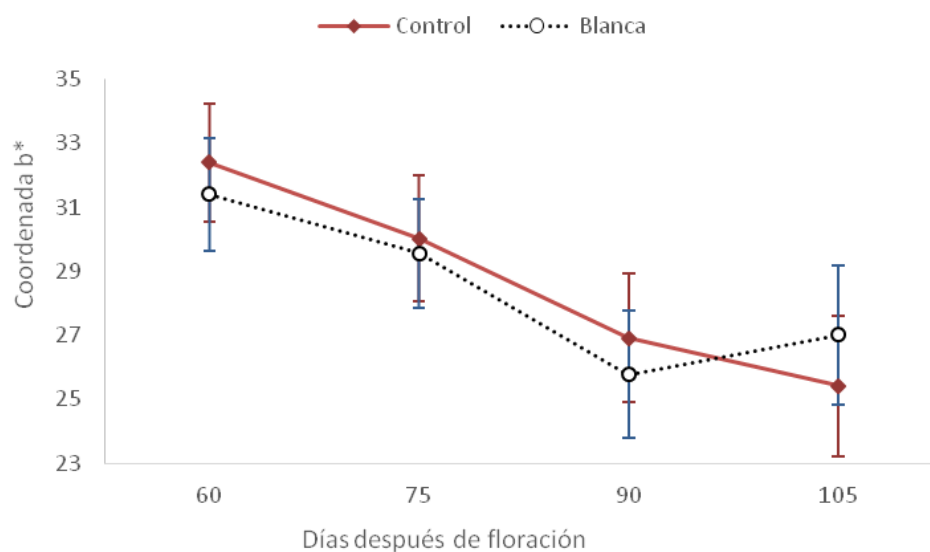


**Figura 8.** Coordenada a\* de la piel de la granada variedad Shani en distinto grado de madurez cultivada bajo distintas mallas de sombreado.

En las figuras 9 y 10 se recoge la evolución de la coordenada b\* durante la maduración de las granadas. La disminución de esta coordenada nos indica la pérdida de color amarillo en los frutos que se produce con la desaparición de los carotenoides y su sustitución por los antocianos para dar lugar a la característica coloración rojo rubí de estas variedades.



**Figura 9.** Coordenada b\* de la piel de la granada variedad Emek en distinto grado de madurez cultivada bajo distintas mallas de sombreado.



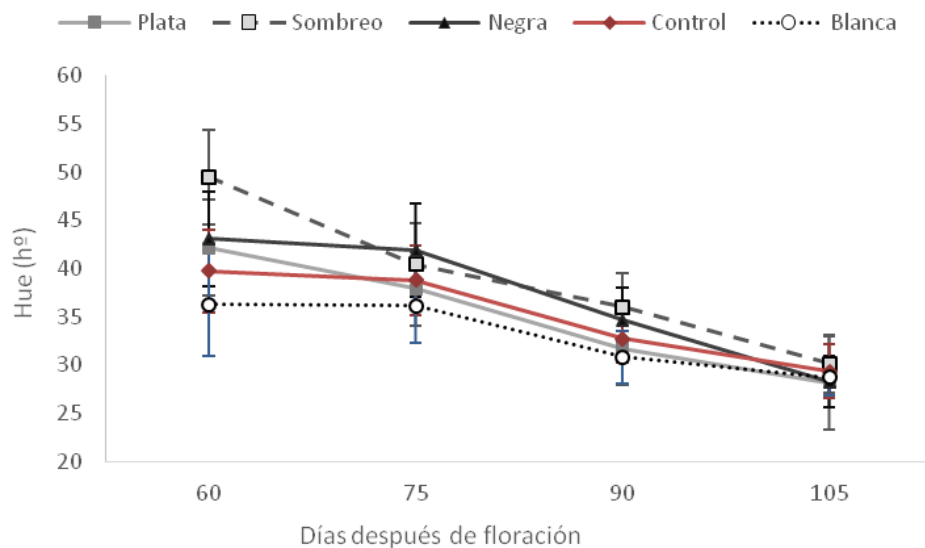
**Figura 10.** Coordenada b\* de la piel de la granada variedad Shani en distinto grado de madurez cultivada bajo distintas mallas de sombreado.

Cuando calculamos la arco tangente  $b/a$  obtenemos el tono de nuestro fruto. Si nos fijamos en la escala de tonos (figura 11) a las granadas en grado de madurez comercial les corresponderían tonos entre  $0^\circ$  y  $45^\circ$ .

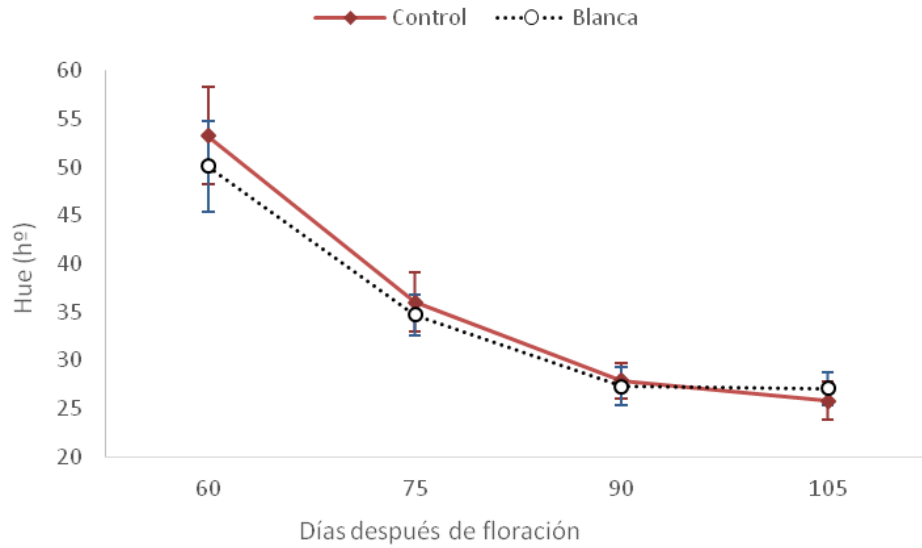


**Figura 11.** Tonos correspondientes a los distintos ángulos de matiz o tono.

Como se puede observar en las figuras 12 y 13 el tono o matiz disminuye desde valores entre  $35-50^\circ$  hasta valores de  $25-30^\circ$  en el momento de la recolección. Esta disminución es más evidente en las granadas de la variedad Shani ya que desde unos valores iniciales de  $50-55^\circ$  desciende hasta valores cercanos a  $25^\circ$  indicándonos un mayor acercamiento a tonos fucsias. Respecto a la influencia de las mallas, únicamente destaca el mayor valor de tono en las granadas Emek cultivadas bajo la malla de sombreo especialmente en la primera medida. Estas diferencias, sin embargo, se van diluyendo conforme el fruto madura. En la variedad Shani no se observan diferencias entre el empleo de la malla blanca y los frutos control.



**Figura 12.** Coordenada  $h^*$  de la piel de la granada variedad Emek en distinto grado de madurez cultivada bajo distintas mallas de sombreo.

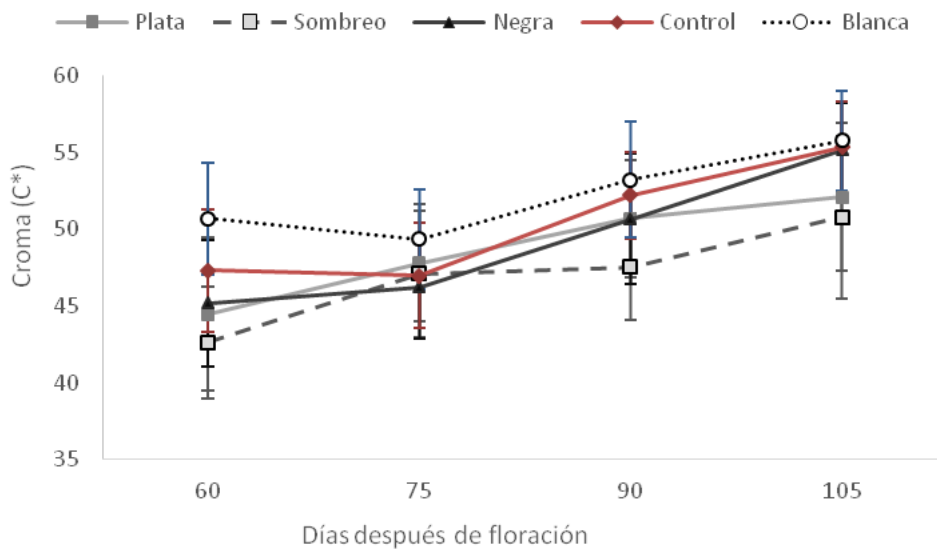


**Figura 13.** Coordenada h\* de la piel de la granada variedad Shani en distinto grado de madurez cultivada bajo distintas mallas de sombreo.

El croma se define como el grado de diferencia existente entre un color y un gris de su misma luminosidad y claridad, que se corresponde con la saturación del color percibido. También se le denomina cromaticidad. En la figura 14 se presenta una escala simplificada del croma para tonos rojos siendo 0 los valores más cercanos a negro.

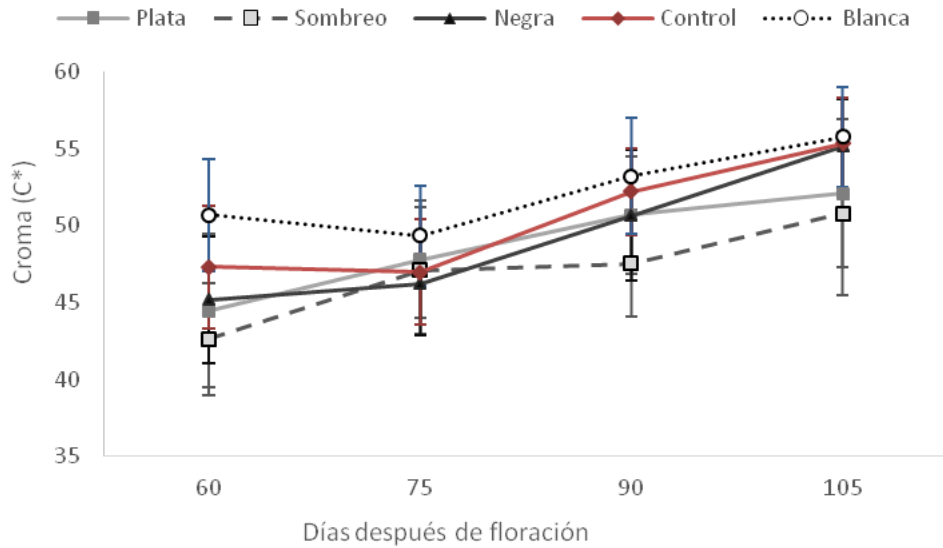


**Figura 14.** Croma o saturación de color rojo.

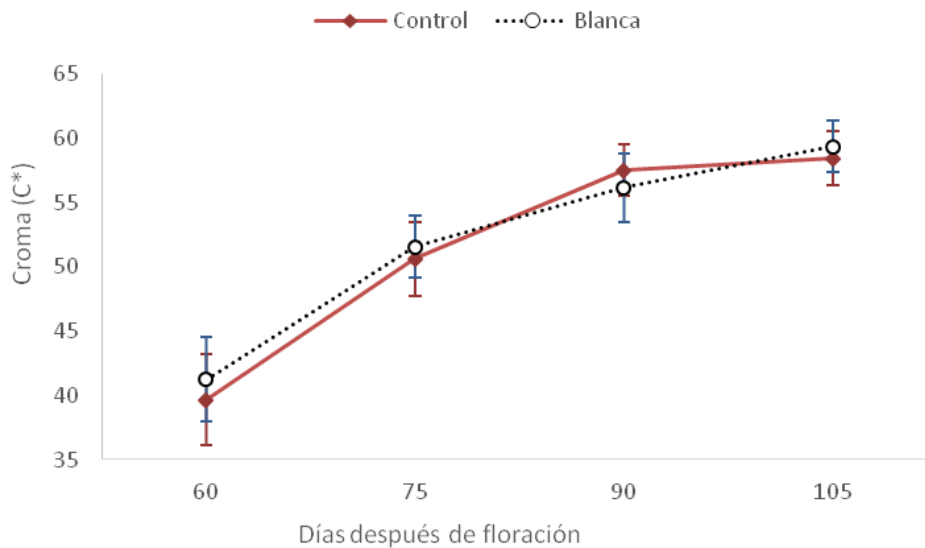


El valor de croma para las granadas Emek y Shani se representa en las figuras 15 y 16, respectivamente. Entre variedades se observa como esta saturación es ligeramente mayor en

la variedad Shani, con cromas siempre más elevados y cercanos a 60 en el momento de su recolección, estando la variedad Emek entre 50 y 55. En esta variedad la mayor saturación de color se encuentra en las mallas blanca y negra y en los frutos control.



**Figura 15.** Coordenada C\* de la piel de la granada variedad Emek en distinto grado de madurez cultivada bajo distintas mallas de sombreado.



**Figura 16.** Coordenada C\* de la piel de la granada variedad Shani en distinto grado de madurez cultivada bajo distintas mallas de sombreado.

## **6. CONCLUSIONES**

### **Primera**

Las dos variedades de granada, Shani y Emek, no presentan diferencias significativas en cuanto al calibre, contenido de sólidos solubles y pH mientras que sí que se observan diferencias en la uniformidad del color, firmeza y acidez siendo estos parámetros mayores en la variedad Shani.

### **Segunda**

El efecto de las mallas se manifiesta en una diferencia notable de calibre entre los frutos cultivados bajo mallas blancas, siendo éstos de un mayor tamaño. En cuanto a la uniformidad de color también es la malla blanca la que consigue un mayor valor. El resto de parámetros (firmeza, acidez, pH y sólidos solubles) parecen estar menos afectados por las mallas ya que no se observan diferencias respecto a los frutos control.

### **Tercera**

En la determinación de antocianos en la piel de la granada no se observan diferencias notables ni entre variedades ni entre el tipo de malla. A pesar de ello, los frutos que mayor cantidad de antocianos presentaron fueron los cultivados bajo las mallas de color negro.

### **Cuarta**

La cantidad de carotenos durante la maduración en árbol y en el momento de la recolección es mayor en la variedad Shani. No se observan diferencias en su evolución y ni en su contenido final en función de la malla utilizada.

### **Quinta**

El contenido en clorofilas a, b y total en la piel de la granada disminuye conforme madura el fruto. La cantidad de clorofila total final en Shani es bastante mayor que en Emek y respecto al efecto de las mallas, los frutos cultivados bajo mallas blancas son los que mayor contenido total final presentan.

### **Sexta**

Respecto a las coordenadas de color no se observan diferencias notables para ninguna de las mallas utilizadas. Únicamente destacar que en el momento de la recolección la variedad

Shani presenta un valor de croma más elevado lo que se traduce en una mayor saturación de color.

## **7. CONCLUSIONS**

### **First**

Both varieties of pomegranate, Shani and Emek, do not present significant differences in terms of calibre, soluble solids content and pH, while differences in colour uniformity, firmness and acidity are observed, with these parameters being greater in the Shani variety.

### **Second**

The effect of the nets is manifested in a significant difference in size between the fruits grown under white nets, being these of a larger size. As for colour uniformity, it is also the white net that achieves the highest value. The rest of the parameters (firmness, acidity, pH and soluble solids) seem to be less affected by the nets since no differences are observed in relation to the control fruits.

### **Third**

In the determination of anthocyanins in the skin of the pomegranate, no significant differences are observed either between varieties or between the types of nets. Despite this, the fruits that presented the greatest amount of anthocyanins were those grown under black net.

### **Fourth**

The amount of carotenes during tree maturation and at the time of harvesting is greater in Shani variety. No differences were observed in its evolution or in its final content depending on the net used.

### **Fifth**

The content of chlorophylls a, b and total in the skin of the pomegranate decreases as the fruit matures. The amount of total final chlorophyll in Shani is considerably bigger than Emek and with respect to the effect of the nets; the fruits grown under white nets have the highest final total content.

## **Sixth**

Regarding the colour coordinates, no significant differences are observed for any of the nets used. The only thing to underline is that at the time of harvesting, the Shani variety has a higher chrome value, which translates into greater colour saturation.



## **8. VALORACIÓN PERSONAL**

La realización de este Trabajo de Fin de Grado me ha permitido aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera, sobre todo a nivel práctico en el desarrollo de la fase experimental. Me ha aportado nuevos conocimientos en materia de laboratorio: en la comprensión y el funcionamiento de equipos; en la preparación de muestras de la manera adecuada y el uso de distintos métodos analíticos.

En la parte de investigación bibliográfica, he utilizado distintas bases de datos para la búsqueda de artículos, de tal manera que he aprendido cómo y dónde buscar la información además de gestionarla y sintetizarla.

En el ámbito personal, me ha ayudado a ser más autónoma en el trabajo del laboratorio y a ser autodidáctica a base de practicar y de trabajar de manera disciplinada y con atención, optimizando lo más eficientemente posible los recursos y el tiempo.

Mediante esta pequeña experiencia he podido conocer el campo de la investigación, viendo como se trabaja en un laboratorio, algo que me ha parecido muy interesante y me ha permitido valorar el trabajo en este campo para un futuro.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Calín Sánchez, Á. y Carbonell Barrachina, Á. (2020) “La fruta granada cultivada en España”. Disponible en: <http://www.besana.es/sites/default/files/zumodegranada.pdf> [Consultado 03-06-2020]
- FAOSTAT (2019) Database. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.
- Financial Food (2019) “La Producción Mundial De Granadas Ha Aumentado En Dos Millones De Toneladas En Los Últimos Cinco Años.” Disponible en: <https://financialefood.es/la-produccion-mundial-de-granadas-ha-aumentado-en-dos-millones-de-toneladas-en-los-ultimos-cinco-anos/> [Consultado 20-04-2020]
- Fischer, U. A., Carle, R. y Kammerer, D. R. (2011) “Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum L.*) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD-ESI/MSn”, *Food Chemistry*, 127, pp. 807-821.
- Freshplaza. (2017) “Resumen Del Mercado Global De La Granada.” Disponible en: <https://www.freshplaza.es/article/3110407/resumen-del-mercado-global-de-la-granada/> [Consultado 20-04-2020].
- Gil, M. I. et al. (2000) “Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing”, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, pp. 4581-4589.
- Gobierno de Aragón (2020) Frutas y hortalizas.
- Gullon, B. et al. (2016) “Assesment of polyphenolic profile and antibacterial activity of pomegranate peel (*Punica granatum*) flour obtained from coproduct of juice extraction”, *Food Control*, 59, pp. 94-98.
- Hasnaoui, N. et al. (2011) “Organic Acids, Sugars, and Anthocyanins Contents in Juices of Tunisian Pomegranate Fruits” *International Journal of Food Properties*, 14(4), pp.741-757.

- Hepaksoy, S. et al. (2009) "Leaf water potential of pomegranate (*Punica granatum L.*) under different irrigation levels" *Acta horticulturae*, (818), pp.193-198.
- Hernández, F. y Martínez, J. J. (2010) "El Granado", I Jornadas nacionales sobre el granado: Producción, economía, industrialización, alimentación y salud. Elche, 26-27 octubre 2010. Valencia: SPE3 S.L., pp. 28-41.
- Intrigliolo, D. et al. (2011) "Water relations of field grown Pomegranate trees (*Punica granatum*) under different drip irrigation regimes." *Agricultural Water Management*, 98(4), pp.691-696.
- Kharchoufi, S. et al. (2018) "Antimicrobial and antioxidant features of 'Gabsi' pomegranate peel extracts." *Industrial Crops and Products*, 111, pp.345-352.
- Magda M. et al. (2011) "Growth and productivity of pomegranate trees under different irrigation levels." *Vegetative Growth and Fruiting Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 3 (2): 194-198
- Malviya, S. et al. (2013) "Antioxidant and antibacterial potential of pomegranate peel extracts." *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), pp.4132-4137.
- Manja, K. y Aoun, M. (2019) "The use of nets for tree fruit crops and their impact on the production: A review." *Scientia Horticulturae*, 246, pp.110-122.
- Mditshwa, A. et al. (2019) "Shade netting on subtropical fruit: Effect on environmental conditions, tree physiology and fruit quality". *Scientia Horticulturae*, 256, pp.108556.
- Melgarejo ,P. et al. (2000) "Organic acids and sugars composition of harvested pomegranate fruits" *Eur Food Res Technol*, 211 pp. 185-190.
- Mellisho, C. et al. (2012) "Pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit response to different deficit irrigation conditions." *Agricultural Water Management*, 114, pp.30-36.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2019). Cifras del sector de Frutas y Hortalizas. Información sectorial subdirección general de frutas y hortalizas y vitivinicultura.

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020) Producciones agrícolas. Frutas y hortalizas. Información general.
- Selahvarzi, Y. et al. (2017) "Effect of deficit irrigation on flowering and fruit properties of pomegranate (*Punica granatum* cv. *Shahvar*)." *Agricultural Water Management*, 192, pp.189-197.
- Shahram, H. y Taghian Dinani, S. (2019) "Influences of electrohydrodynamic time and voltage on extraction of phenolic compounds from orange pomace", *LWT- Food Science and Technology*, 111, pp. 23-30.
- Singh, B. et al. (2018) "Phenolic compounds as beneficial phytochemicals in pomegranate (*Punica granatum* L.) peel : A review." *Food Chemistry*, 261, pp.75-86.
- Zhu, C. y Liu, X. (2013) "Optimization of extraction process of crude polysaccharides from Pomegranate peel by response surface methodology", *Carbohydrate Polymers*, 92 (2), pp. 1197-1202