

# Justificació tècnica projecte BIA05/21

***Títol:*** *Caracterització química, física i sensorial de la garrofa de Mallorca i estudi del vincle amb el medi geogràfic*

***Nombre y apellidos de la investigadora principal:*** *Susana Simal Florindo*

***Entidad solicitante:*** *Universitat de les Illes Balears (UIB)*

## ÍNDICE

<b>1. RESUMEN DEL PROYECTO.....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
<b>3. EQUIPO INVESTIGADOR.....</b>	<b>3</b>
<b>4. ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>4</b>
4.1 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	5
4.2 MÉTODOS EXPERIMENTALES.....	5
4.2.1 <i>Parámetros morfológicos</i> .....	6
4.2.2 <i>Parámetros físicos</i> .....	7
4.2.3 <i>Parámetros químicos</i> .....	8
4.2.4 <i>Caracterización sensorial</i> .....	10
4.2.5 <i>Tratamiento estadístico de datos</i> .....	10
4.2.5.1. Análisis univariante .....	11
4.2.5.2. Análisis multivariable .....	11
<b>5. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS Y DIFUSIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>14</b>
5.1 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ALGARROBA DE MALLORCA.....	15
5.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA ALGARROBA DE MALLORCA.....	22
5.3 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA ALGARROBA DE MALLORCA.....	28
5.4 CARACTERIZACIÓN SENSORIAL DE LA ALGARROBA DE MALLORCA .....	35
5.5 INFLUENCIA DE LA ZONA GEOGRÁFICA .....	35
5.5.1 <i>Comparación mediante análisis univariable</i> .....	39
5.5.2 <i>Comparación mediante análisis multivariable</i> .....	44
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>52</b>
<b>7. DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
<b>8. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA Y MEDIOAMBIENTAL DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>54</b>
<b>9. COSTES Y BENEFICIOS .....</b>	<b>55</b>
<b>10. AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>56</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>56</b>
<b>12. ANEXO 1. TABLAS DE RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ALGARROBA. ....</b>	<b>60</b>
<b>13. ANEXO 2. TABLAS DE COMPARACIÓN ENTRE LA ALGARROBA DE MALLORCA Y LA CULTIVADA EN TARRAGONA.....</b>	<b>72</b>
<b>14. ANEXO 3. COMPARACIÓN ENTRE LAS VARIEDADES DE ALGARROBA DE MALLORCA Y LAS CULTIVADAS EN TARRAGONA.....</b>	<b>75</b>

## 1. Resumen del proyecto

Las características físico-químicas y sensoriales de la algarroba dependen de manera importante de la variedad de algarroba, del clima y el lugar de cultivo. Desde un punto de vista nutricional, es un alimento interesante ya que no posee gluten (adecuado para personas celíacas), es energético, rico en fibra soluble (componente que facilita la digestión), minerales, vitaminas, dispone de azúcares de lenta absorción, y contiene importantes antioxidantes naturales, entre otras características.

El Reglamento (UE) núm. 1151/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de noviembre de 2012, sobre los regímenes de calidad de los productos agrícolas y alimenticios. (DOCE L 343 de 14.12.2012), establece un conjunto de normas comunitarias que facilita el reconocimiento de nuevas indicaciones geográficas (IGPs) y denominaciones de origen (DOPs). El ámbito de aplicación del citado Reglamento se limita a productos agrícolas y alimentarios para los que se demuestre la existencia de un vínculo entre sus características y su origen geográfico. Este marco normativo garantiza unas condiciones de competencia leal entre los elaboradores que se benefician de estas indicaciones y hace que estos productos disfruten de una mayor credibilidad por parte de los consumidores.

Con el objeto de analizar el potencial de la algarroba de Mallorca en vistas a un futuro reconocimiento de su calidad a nivel europeo (Reglamento (UE) núm. 1151/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de noviembre de 2012, sobre los regímenes de calidad de los productos agrícolas y alimenticios. (DOCE L 343 de 14.12.2012), en este proyecto se ha caracterizado dicho producto morfológica, física, química y sensorialmente, y se ha evaluado la posible existencia de características diferenciales respecto a otros semejantes, analizando su posible vinculación con el medio geográfico. Con este distintivo de calidad, productores y consumidores podrían disfrutar de las ventajas que supone un mayor reconocimiento, prestigio y control del producto.

## 2. Objetivos del proyecto

El objetivo principal del proyecto ha consistido en dotar al sector de un documento que contribuya a establecer las características físico-químicas y sensoriales de la algarroba de Mallorca y a ayudar a demostrar, los posibles atributos diferenciales con sus semejantes de otras zonas geográficas, así como establecer su vinculación con la isla de Mallorca. Para ello se ha procedido a:

- Analizar y describir las principales características morfológicas, físicas, químicas y sensoriales de la algarroba de Mallorca.
- Establecer elementos que pueden contribuir a justificar el vínculo entre la calidad, la reputación y/o las características del producto y el origen geográfico (característica diferencial debida al *terroir*).

## 3. Equipo investigador

El equipo investigador de la UIB ha estado formado por:

- Dra. Susana Simal. Catedrática de Ingeniería Química (UIB). Investigadora responsable.
- Dra. Mónica Umaña. Profesora Ayudante Doctor de Ingeniería Química (UIB).

Además, el equipo de investigación ha contado con la colaboración de la *Cooperativa Camp Mallorquí*, que ha formado parte de la Comisión de seguimiento, y de sus empresas adheridas, para la selección de muestras y análisis de los resultados, con el apoyo de l' *Institut de recerca i formació agrària i pesquera* (IRFAP) y de grupos de investigación ampliamente relacionados con el tema de trabajo como son el grupo ASPA de la Universidad Politécnica de Valencia y el grupo liderado por el Profesor F. Marra de la Universidad de Salerno (Italia).

## 4. Actividades y metodología

Para abordar el presente estudio, se creó una comisión de seguimiento del proyecto formada por personal de *Camp Mallorquí*, el IRFAP y el equipo de investigación de la UIB. Se ha estructurado el estudio en cuatro fases consecutivas, abordando el trabajo de manera coordinada entre el grupo de investigadores y la comisión de seguimiento.

**FASE 1.** Se llevó a cabo una primera recogida de información y evaluación de la producción de algarroba en Mallorca y, con el apoyo de la comisión de seguimiento, se definió un programa de selección y recogida de muestras en vistas a la consecución de los objetivos propuestos. Para la selección de variedades de algarroba de Mallorca, se consideraron criterios de producción, representatividad y/o relevancia agroindustrial.

De manera simultánea, se pusieron a punto en los laboratorios del grupo de Ingeniería Agroalimentaria, los métodos analíticos necesarios para llevar a cabo las determinaciones físico-químicas y sensoriales de las muestras de algarroba.

**FASE 2.** Las muestras seleccionadas fueron recogidas y trasladadas a las dependencias de la UIB para la realización de las determinaciones analíticas necesarias. Se procedió a caracterizar las muestras físico-química y sensorialmente. En algunos casos, por requerimientos técnicos, se decidió subcontratar estas analíticas a un laboratorio externo. Los resultados obtenidos han sido analizados estadísticamente para establecer las características del producto.

**FASE 3.** Se ha realizado una exhaustiva revisión bibliográfica sobre estudios científicos recientes, relacionados con la temática del proyecto propuesto, y especialmente, sobre las características físico-químicas y/o sensoriales de la algarroba cultivada en otras zonas geográficas, fuera de la isla de Mallorca. En vista a la escasez de información bibliográfica, se decidió proceder a analizar las características físico-químicas y sensoriales de muestras de otra zona geográfica (Tarragona) en la que se cultivan variedades comunes. Se evaluó la existencia de diferencias entre la algarroba de Mallorca y otras algarrobas cultivadas en zonas fuera de la isla, mediante información bibliográfica, y con las muestras de Tarragona aplicando técnicas estadísticas.

**FASE 4.** Se realizó un análisis de sostenibilidad económica y medioambiental, una evaluación de los costes y beneficios. Finalmente se procedió a la elaboración del informe final del estudio destacando las conclusiones más relevantes, que estará a disposición tanto del sector implicado como de la comunidad científica.

## 4.1 Preparación de las muestras

Se seleccionaron muestras de 5 variedades de algarroba de *Ceratonia siliqua L.* de Mallorca (Bugadera, D'en Pau, Duraió, Granja y H2-12) de 3 áreas diferentes de la isla (finca Son Real (Palma), finca Son Mulet (Llucmajor) y Consell). Además, se incluyeron en el estudio 3 muestras de algarrobas de variedades coincidentes con las de Mallorca (Bugadera, Duraió y H2-12), cultivadas en otra zona geográfica, en Tarragona, gracias a la colaboración del IRFAP y de la organización nacional Empresas Innovadoras Garrofa (EiG), quienes gestionaron la selección y envío de las muestras a los laboratorios del grupo de Ingeniería Agroalimentaria de la UIB.

Una vez llegaron las muestras de algarroba a los laboratorios de la UIB, se etiquetaron con un código que indica el origen: Mallorca (M) o Tarragona (T); la variedad: Bugadera (B), D'en Pau (DP), Duraió (D), Granja (G), H2-12 (H); y la finca en el caso de las de Mallorca: Son Real (SR), Son Mulet (SM), Consell (C).

Para cada muestra, se seleccionaron al azar algarrobas hasta un peso de unos 300 g, se llevaron a cabo las determinaciones morfológicas, se tomaron imágenes de la vaina entera, de las semillas y de la pulpa de cada muestra y se procedió a la separación de la pulpa y las semillas.

Se realizó un primer troceado de la pulpa mediante un triturador de hielo manual doméstico. A continuación, y para facilitar la molienda, se secaron parcialmente las muestras en estufa a 50 °C durante 2 h. Se llevaron a cabo dos moliendas sucesivas, la primera mediante un molino refrigerado IKA M20 (IKA-Werke GmbH & Co, Kirguistán) con recirculación de agua a 20 °C, y una segunda mediante un molino ultracentrífugo Retsch ZM200 (Retsch GmbH, Alemania) dotado de un tamiz de 0.5 mm de luz., trabajando a 14,000 rpm. La harina obtenida se conservó en bolsa con cierre hermético, eliminando el aire de forma manual, en refrigeración a 4°C y ausencia de luz.

## 4.2 Métodos experimentales

Se llevaron a cabo las siguientes determinaciones:

### Parámetros morfológicos

#### En la vaina

- Longitud (cm)
- Ancho (mm)
- Espesor (mm)
- Altura del valle (mm)
- Masa (g)

#### En las semillas

- Número de semillas por vaina
- Masa de las semillas de una vaina(g)
- Rendimiento en semillas (%)
- Masa de una semilla (mg)
- Volumen de una semilla (mm<sup>3</sup>)
- Área proyectada de una semilla (mm<sup>2</sup>)
- Diámetro de Feret (mm)
- Diámetro de Feret mínimo (mm)
- Índice de circularidad de la semilla

### Parámetros físicos

#### En la vaina

- Color exterior
- Color interior
- Actividad de agua de la vaina

#### En la harina

- Color

#### En las semillas

- Color

## Parámetros químicos

### En la vaina

- Contenido en humedad

### En la harina

Determinación de los contenidos en:

- Humedad
- Azúcares: fructosa, glucosa y sacarosa
- Proteínas
- Polifenoles totales y taninos
- Fibra
- Extracto etéreo
- Cenizas
- Minerales: potasio, calcio, magnesio, fósforo y sodio.

Determinación de la actividad antioxidante

### 4.2.1 Parámetros morfológicos

*Longitud de la vaina* (cm): se extiende un hilo entre los extremos de la vaina, por el centro de la cara interior. Posteriormente, tensando el hilo y con la ayuda de un pie de rey se mide la longitud del hilo (Figura 1).

*Ancho* (mm) y *espesor* (mm) de la vaina: se miden en el centro de la vaina con un pie de rey digital (Figura 2).



Figura 1. Determinación de la longitud de la vaina de algarroba.

Figura 2. Determinación del ancho y el grosor de la vaina de algarroba.

*Altura del valle* (mm) que forma la vaina: se mide colocando una goma elástica entre los dos cabos, formando así una arista recta. Con un pie de rey digital se mide la distancia entre el centro de la vaina hasta dicha arista (Figura 3).



Figura 3. Determinación de la altura del valle de la vaina de algarroba.

A continuación, con la ayuda de un cuchillo se abren las vainas, y se separan la pulpa y las semillas, contabilizando el *número de semillas*.

*Masa de la vaina* (g) y *de las semillas* (mg): se determinó por pesada con ayuda de una balanza (ABJ-NM/AB5-N, KERN, Portugal).

**Rendimiento en semillas (%)**: relación porcentual entre la masa de las semillas de una vaina y la masa de la vaina con las semillas.

**Volumen de una semilla (mm<sup>3</sup>)**: se determina por desplazamiento de un volumen determinado de agua. Se añaden 5 mL de agua a una probeta graduada de 10 mL. Posteriormente, se añaden 20 semillas y se mide el incremento de volumen. A partir de dicho incremento se calcula el volumen de cada semilla.

El **área proyectada de la semilla (mm<sup>2</sup>)** y los **diámetros de Feret (mm)**, y de **Feret mínimo (mm)**, se determinaron mediante análisis de imagen de fotografías obtenidas de las muestras. El diámetro de Feret se define como la distancia más larga entre dos puntos cualesquiera a lo largo del contorno de la figura. El diámetro mínimo de Feret es el diámetro mínimo del calibre. Las fotografías se obtuvieron colocando la cámara en una posición fija enfocando una referencia de longitud conocida y las muestras a medir. Se midieron, al menos, 30 semillas por muestra.

El análisis de imagen se llevó a cabo con el programa Fiji ImageJ (Schindelin et al., 2012). Cada imagen, se ajustó recortándola con la herramienta *crop*, se transformó a imagen binaria con la herramienta *binary* y se procedió al análisis automático de partículas con la herramienta *Analyze Particles*, incluyendo un filtro de tamaño para ignorar partículas con áreas inferiores a 13 mm<sup>2</sup>, eliminando así ruidos y manchas. Se observa en la imagen 4 una ilustración de la transformación de la imagen y los diámetros medidos.

**Índice de circularidad**: relación entre el diámetro de Feret y el diámetro de Feret mínimo. Cuanto más cercano a 1 es este valor, más circular es el área proyectada de la semilla.

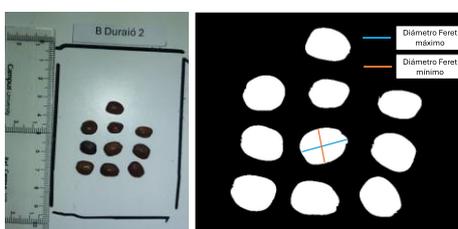


Figura 4. Fotografía de semilla de algarroba (izq.) e imagen después del tratamiento junto con el diámetro de Feret y el diámetro de Feret mínimo (dcha.).

#### 4.2.2 Parámetros físicos

**Color**: Se determinó el color instrumental en coordenadas **CIE Lab\* (L\*, a\* y b\*)**, de las vainas de algarroba en su superficie exterior y en el interior (pulpa), así como de las semillas y de las harinas obtenidas tras la molienda. La medida se realizó con un colorímetro Konica Minolta Spectrophotometer CM5 con apertura de 30 mm, iluminante D65 y componente especular excluido, empleando un observador con un ángulo de 10°. Las medidas se realizaron por triplicado. Además, se calculó la clave de color o croma (C\*) (Ec. 1).

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad [1]$$

**Actividad de agua (aw)**: se determinó sobre las muestras de algarroba troceada se determinó a 25 ± 0.2 °C utilizando un termohigrómetro eléctrico (LabMaster-aw, Novasina, Suiza). El equipo fue calibrado a 25 °C de acuerdo con el manual del fabricante y utilizando las siguientes sales

estandarizadas: LiCl, MgCl<sub>2</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, NaCl, BaCl<sub>2</sub> y K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

#### 4.2.3 Parámetros químicos

*Contenido en humedad:* se determinó en la pulpa troceada y en la harina, siguiendo el método gravimétrico según la norma ISO 2483-1973 (ISO, 1973). Unos 5 g de muestra, pesados exactamente, se secaron en estufa a 110 ± 2 °C hasta alcanzar un peso constante (24 h). Todas las mediciones se realizaron en duplicado.

*Azúcares: fructosa, glucosa y sacarosa:* muestras de harina de algarroba se enviaron a un laboratorio externo acreditado (Acreditación núm. 257/LE413 por ENAC, norma de referencia UNE-EN ISO/IEC 17025:2017), donde llevaron a cabo la determinación de los contenidos en Fructosa, glucosa, sacarosa, y maltosa por cromatografía líquida con detector de índice de refracción (LC-RID) con un límite de detección de ≥ 0.5 %. El contenido total de azúcares se calculó como la suma de todos ellos.

*Proteína:* se llevó a cabo mediante el método Kjeldahl (AOAC, 920.87) (AOAC, 1998a), utilizando como factor de cálculo 6.25. Las muestras (1 g) se sometieron a una digestión en 15 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> añadiéndosele a cada muestra una pastilla de digestión (Kjeldahl tablets, Sigma Aldrich). Primeramente, se dejaron en remojo en el ácido por 24 h y luego se colocaron en un digestor (modelo 2020 Kjeltex 1035/38 system, Dinamarca), elevando progresivamente la temperatura hasta 350 °C y se mantuvo dicha temperatura por 2 h. Posteriormente las muestras se destilaron en un destilador automático (Distillation and Tritation Kjeltex 1035/38 system, Dinamarca). En este proceso se añadió suficiente cantidad de NaOH 40 % para neutralizar el ácido (60 mL). El destilado se recogió en una solución de ácido bórico al 4 % (50 mL). Finalmente, se valora el contenido de nitrógeno recogido con HCl 0.1N y unas gotas de indicador rojo de metilo, determinando el punto de equivalencia cuando la solución cambia de amarillo a naranja-rosa. La concentración de proteína se calcula con la ecuación 2.

$$\% \text{ proteína} = \frac{mL_{HCl} \cdot N_{HCl} \cdot 14 \cdot 100 \cdot 6.25}{mg \text{ de muestra}} \quad [2]$$

*Fibra total:* se llevó a cabo mediante un método enzimático basado en el método AACC 32-05.01 (AACC, 1999) y el AOAC, 985.29 (AOAC, 1998c). El procedimiento se llevó a cabo con el kit "The Total Dietary Fiber Assay Kit" (K-TDFR-200A) de Megazyme. Se pesaron las muestras (1 g) y se les añadió 50 mL de tampón fosfato (pH 6.0). Luego se agregaron 50 µL de solución de α-amilasa termoestable (3,000 U/mL). Se colocó la muestra en un baño de agua entre 98-100 °C durante 15 min. Una vez fría, se ajustó el pH de las muestras a 7.5±0.1 añadiendo 10 ml de solución de NaOH 0.275 N. Luego se procedió a añadir 100 µL de solución de proteasa (50 mg/mL). Se incubaron las muestras a 60 °C con agitación continua durante 30 min. Una vez frías, se añadieron 10 mL de solución de HCl 0.325 N para ajustar el pH a 4.5±0.2. Se añadieron 200 µL de amilogucosidasa (3,300 U/mL), se incubó durante otros 30 min a 60 °C con agitación continua. Se añadieron 280 mL de EtOH al 95 % precalentado a 60 °C para precipitar la fibra durante 60 min. Las muestras se filtraron en crisoles con celita previamente secados y pesados. El residuo se lavó sucesivamente con tres porciones de 20 mL de EtOH al 78 %, dos porciones de 10 mL de EtOH al 95 % y dos porciones de 10 mL de acetona. Se secaron los crisoles en una estufa de vacío a 70 °C hasta peso constante. Para calcular el contenido en fibra de las muestras

fue necesario determinar en cada residuo el contenido en proteínas y en cenizas y restarlo del peso final.

*Extracto etéreo:* muestras de algarroba troceada se enviaron a un laboratorio externo acreditado (Acreditación núm. 257/LE413 por ENAC, norma de referencia UNE-EN ISO/IEC 17025:2017), donde llevaron a cabo la determinación del contenido en grasa por gravimetría con un límite de detección del 0.25 %.

*Cenizas:* se determinó el contenido en cenizas totales de acuerdo al método AOAC 923.03 (AOAC, 1998b). Se pesan exactamente 1-1.5 g de muestra, se secan en estufa a 100 °C y luego se calcinan en mufla a 550 °C hasta obtener cenizas albas o levemente grisáceas.

*Minerales: potasio, calcio, magnesio, fósforo y sodio:* se determinó el análisis elemental cuantitativo de los siguientes elementos minerales: K, Ca, Mg, P y Na según el protocolo propuesto por (Palacios-Morillo et al., 2014), basado en la determinación de elementos por aplicación de la técnica de espectroscopia de Plasma ICP-OES. Se empleó un Espectrofotómetro de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente PERKIN ELMER Optima 5300 DV con una frecuencia de 40 MHz; potencia, 1.3 kW; antorcha de cuarzo desmontable, Ar/Ar/Ar; gas de plasma Ar 15.0 L/min; gas auxiliar Ar a 0.2 L/min; gas nebulizador Ar 0.7 L/min; nebulizador (Gem Come High Dissolved Solids Nebulizer) acoplado a una cámara de nebulización ciclónica; caudal de la muestra, 1.5 mL/min. Se prepararon seis soluciones de patrón multielemental en el rango de concentración comprendido entre 2-100 mg/L de Ca, 4-160 mg/L de K, 1-12 mg/L de Mg, 0.1-4 mg/L de Na, 2-100 mg/L de P; a partir de patrones de cada elemento mineral de 1000 mg/L (Sigma-Aldrich). Cada elemento se midió a las longitudes de onda habituales y se seleccionó el tipo radial (r) o axial (a) según la calidad de la señal.

La preparación de la muestra consistió en pesar 1 g de muestra y seguidamente obtener las cenizas mediante calcinación por mufla (20h, 550 °C, (AOAC,923.03)). Las cenizas obtenidas se disolvieron en 10 mL de HNO<sub>3</sub> 1 % y se filtraron con filtro de jeringa de nylon (0.45 µm) pasando el filtrado a un matraz de 50 mL y enrasando con ácido nítrico al 1 %. Todas las determinaciones se realizaron, al menos, por triplicado.

*Polifenoles totales, taninos y actividad antioxidante:* se llevaron a cabo extracciones de la harina de algarroba siguiendo el método deČervenka et al., 2019 con algunas modificaciones. La muestra (1 g) se mezcló con MeOH/H<sub>2</sub>O (50:50), se agitó y se centrifugó. El sólido resultante se trató con Acetona/H<sub>2</sub>O (70:30) y se mezcló con el extracto inicial.

Los extractos diluidos 1/3 se utilizaron para determinar los *polifenoles totales* mediante el método Folin–Ciocalteu según (Eim et al., 2013) con modificaciones. Se colocaron 190 µL de agua en la primera fila de las microplacas, y en las filas restantes se añadieron agua, reactivo Folin–Ciocalteu y muestra. Tras incubación a 25 °C, se detuvo la reacción con Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 7.5 % y se midieron las absorbancias a 745 nm cada 5 min utilizando un espectrofotómetro UV-Vis-NIR (Thermo Scientific Multiskan). Para cuantificar los polifenoles se utilizó una recta patrón de referencia de ácido gálico en un rango de concentraciones que abarcó desde 25 hasta 250 ppm. Los resultados fueron expresados en miligramos equivalentes de ácido gálico (GAE) por gramo en base seca.

*Taninos:* se utilizó el extracto previamente obtenido, precipitando los taninos con seroalbúmina bovina. Para esto, se preparó una solución de seroalbúmina bovina 1 mg/mL en un buffer

acetato 0.2 M pH 5.0. Se añadió 1 mL del extracto de la muestra y 1 mL de la solución de seroalbúmina bovina. Se dejó reposar 15 min y se centrifugó 10 min a 4200 rpm. Por último, se determinó el contenido en polifenoles del sobrenadante tal y como se describió anteriormente y se calculó el contenido en taninos por diferencia (Ricco et al., 2015). El contenido de taninos totales expresó en GAE por gramo en base seca.

*Actividad antioxidante:* se evaluó adaptando la metodología de (Arnao et al., 2001). Para la preparación del reactivo ABTS, se combinaron volúmenes iguales de  $K_2S_2O_8$  (7.5 mM) y solución de ABTS 2.6 mM, dejándolo reaccionar en la oscuridad durante 16 horas. Luego, se mezclaron 8 mL de la solución de ABTS con 92 mL de etanol-agua (25:75). En microplacas de 96 pocillos, se añadieron 190  $\mu$ L del reactivo ABTS y se incubaron a 25 °C durante 10 min. Después de la incubación, se agregaron 10  $\mu$ L de extracto de harina de algarroba. La absorbancia se midió a 734 nm después de 30 min utilizando un espectrofotómetro UV-Vis-NIR (Thermo Scientific Multiskan, Finlandia) en comparación con un blanco. La actividad antioxidante se cuantificó utilizando una curva estándar de Trolox en un rango de concentración de 25, 50, 100, 150, 200 y 250 ppm. La actividad antioxidante según el método ABTS se determinó utilizando una curva estándar de Trolox en un rango de concentración de 25, 50, 100, 150, 200 y 250 ppm. Los resultados se expresaron en mg equivalente de TROLOX (TE) por gramo en base seca.

La metodología propuesta por (González-Centeno et al., 2012) se empleó para determinar la actividad antioxidante mediante el método FRAP con adaptaciones. El reactivo FRAP se obtuvo mezclando TPTZ 0.01 M en HCl 0.04 M,  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  0.02 M y tampón acetato (pH 3.6) en proporción 1:1:10. En microplacas de 96 pocillos, se añadieron 190  $\mu$ L del reactivo FRAP e incubaron a 25 °C durante 10 min. Después de la incubación, se añadieron 10  $\mu$ L del extracto metanólico de harina de algarroba. La absorbancia se midió a 593 nm después de 30 min utilizando un espectrofotómetro UV-Vis-NIR (Thermo Scientific Multiskan, Finlandia) en comparación con un blanco. La actividad antioxidante según el método FRAP se determinó utilizando una curva estándar de Trolox tal y como se describió para ABTS.

#### 4.2.4 Caracterización sensorial

Se llevaron a cabo sesiones de análisis sensorial descriptivo cualitativo en las que participaron 6 catadores conocedores del producto y entrenados en el análisis sensorial de alimentos. Se seleccionaron los atributos que describen las características sensoriales de la algarroba y mediante actividades de discusión y consenso, se eliminaron términos redundantes, repetidos o poco discriminantes, y se profundizó en la descripción de aquellos que se consideraron relevantes. Se utilizaron las muestras de las cinco variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas en el estudio.

#### 4.2.5 Tratamiento estadístico de datos

Para llevar a cabo el tratamiento estadístico de los resultados obtenidos para cada muestra respecto a las variables físicas y químicas, se ha usado el software R (R Core Team, 2024) junto con el entorno de desarrollo integrado RStudio (RStudio Team, 2024).

Se han utilizado los paquetes de R (por orden alfabético):

- corrplot (Wei & Simko, 2021)
- factoMineR (Lê et al., 2008)
- factoextra (Kassambara & Mundt, 2020)
- ggplot2 (Wickham, 2017)

- ggthemes (Arnold, 2021)
- multcompView (Kassambara & Mundt, 2020)
- WRS2 (Mair & Wilcox, 2020)

#### 4.2.5.1. Análisis univariante

Para cada parámetro morfológico y físico-químico, se determinó la media, la desviación estándar, la mediana y el intervalo de tolerancia para cada variedad de algarroba de Mallorca y de Tarragona.

Para visualizar las diferencias entre grupos de muestras, los resultados se representaron en forma de **diagramas de caja** (box plots, Figura 5). Para ello, se ha empleado la función *boxplot* del paquete ggplot2 de R. Un diagrama de caja es un gráfico, basado en cuartiles, mediante el cual se visualiza un conjunto de datos. Está compuesto por un rectángulo, la "caja", y dos brazos, los "bigotes". Los extremos superior e inferior de la caja representan los percentiles 25 (Q1) y 75 (Q3) respectivamente; la línea roja es la mediana y las líneas por encima y por debajo de las cajas representan la amplitud intercuartil (IQR), variable que indica la dispersión de las medidas. El intervalo intercuartil (IQR) corresponde al valor (Q3-Q1). Para dibujar las líneas que se extienden desde la caja (bigotes), hay que calcular los límites mínimo (Q1 - 1.5 IQR) y máximo (Q3 + 1.5 IQR), a partir de los cuales se identifican los valores atípicos (outliers) (marcados con un círculo rojo) que corresponden a los valores inferiores al mínimo o superiores al máximo.

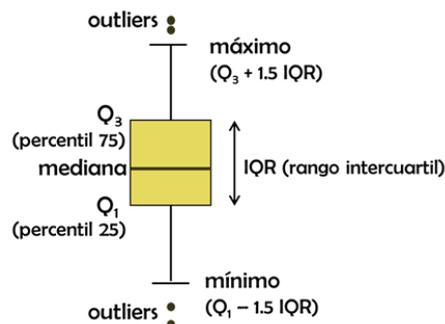


Figura 5. Ilustración de los diagramas de caja (box plots).

Para determinar si los resultados presentaron distribución normal se utilizó el test de Shapiro-Wilk (función *shapiro.test* de R) y para evaluar la homocedasticidad, se usó el test de Flinger-Killeen (función *fligner.test* de R). Cuando ambos test fueron positivos, se evaluó la existencia de **diferencias significativas** entre muestras respecto a una variable mediante métodos paramétricos: test de la t de Student (función *t.test* de R) para comparar entre dos muestras, o un ANOVA (función *aov* de R) seguido de un test de Tuckey (función *TukeyHSD* de R) basado en la distribución de Student, con un nivel de significación del 95%, en caso de comparar más de dos muestras). El resultado de estos test se incorporó a los diagramas de cajas. En caso contrario, se utilizaron métodos no paramétricos (test de Kruskal-Wallis (función *kruskal.test* de R) seguido de un test de Wilcoxon de sumas de rangos (función *pairwise.wilcox.test* de R), en caso de comparar más de dos muestras. El resultado de estos test se incorporaron a las tablas y a los diagramas de cajas.

#### 4.2.5.2. Análisis multivariable

Como técnicas de análisis multivariable, se emplearon la **matriz de correlaciones** de Pearson y el **análisis de componentes principales** (ACP).

La matriz de correlaciones es una tabla de doble entrada, que muestra el coeficiente de correlación entre cada pareja de variables (valor comprendido entre -1 y 1). Cuanto más cercano a la unidad (en valor absoluto) sea el coeficiente de correlación, mayor es la correlación existente entre ambas variables. Para visualizar los resultados de la matriz de correlaciones, se utilizó la función *corrplot* del paquete *corrplot* de R, indicando el valor del coeficiente de correlación.

En un conjunto de datos, determinadas variables pueden estar relacionadas entre ellas puesto que más de una variable puede estar midiendo el mismo efecto o comportamiento del sistema. Esta redundancia de información se puede simplificar mediante el análisis de componentes principales (ACP). El ACP es una técnica utilizada para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos. Sirve para hallar las causas de la variabilidad de un conjunto de datos y ordenarlas por importancia. Se genera un nuevo grupo de variables (componentes principales) cada una de las cuales es combinación lineal de las variables originales y que en conjunto forman una base ortogonal (evitar información redundante). El ACP no requiere la suposición de normalidad multivariante de los datos.

Del conjunto de variables analizadas, se seleccionaron para el ACP, aquellas que mostraron ser significativamente diferentes entre muestras. Cuando todas las variables están en la misma zona de la escala, se puede realizar el ACP directamente sobre ellas. Si están en diferentes órdenes de magnitud o sus varianzas son muy diferentes, se estandarizan previamente los datos utilizando por ejemplo la inversa de la varianza. El ACP se llevó a cabo utilizando la función *PCA* del paquete *FactoMineR* de R, escalando las variables a varianza igual a 1 para normalizar el rango de las variables. De esta manera, todas las variables tienen un peso equivalente en el análisis.

Para visualizar los resultados del ACP se utilizaron funciones del paquete *factoextra* de R:

- **función *fviz\_eig***, que permite extraer y visualizar los valores propios y la varianza explicada por cada dimensión mediante un diagrama de sedimentación (*scree plot*).
- **función *fviz\_contrib***, para evaluar la contribución de cada variable a cada una de las dimensiones o componentes principales
- **función *fviz\_pca\_var***, mediante la cual, se representan las variables en el nuevo espacio de componentes principales. En este gráfico, además de indicarse el % de varianza explicada por los dos componentes representados, las variables positivamente correlacionadas se agrupan juntas o próximas, mientras que las negativamente correlacionadas se representan en lados opuestos del origen o cuadrantes opuestos. Ángulos pequeños entre vectores representa alta correlación entre las variables implicadas (observaciones con valores altos en una de esas variables tendrá valores altos en la variable o variables correlacionadas); ángulos rectos representan falta de correlación, y ángulos opuestos representan correlación negativa (una observación con valores altos en una de las variables irá acompañado de valores bajos en la otra). Además, la distancia entre las variables y el origen mide la calidad de la representación de las variables (mayor cuanto más próxima a la circunferencia o círculo de correlación, siendo éstas las que más contribuyen en los componentes representados). La calidad de esta representación se mide por el valor al cuadrado del coseno ( $\cos^2$ ) del ángulo del triángulo formado por el punto del origen, la observación y su proyección sobre el componente. Para una variable dada, la suma del  $\cos^2$  sobre todos los componentes principales será igual a 1, y si además la variable es perfectamente representable por solo

los dos primeros componentes principales, la suma de  $\cos^2$  sobre estos dos será igual a 1. Variables posicionadas cerca del origen puede ser un indicativo de que serían necesarios más de dos componentes principales para su representación.

- **función `fviz_pca_biplot`**, biplot para representar de forma conjunta, las muestras y las variables. En cuanto a las variables, se reproduce la información mostrada mediante la función `fviz_pca_var`. En cuanto a las muestras, se pueden observar los posibles agrupamientos entre muestras y su relación con las variables.

## 5. Descripción de los resultados y discusión

Tal y como se comentó en el apartado 4, para abordar el presente estudio se creó una comisión de seguimiento del proyecto formada por personal de Camp Mallorca, el IRFAP y el equipo de investigación de la UIB. Se mantuvieron diversas reuniones en las que participaron tanto directivos como técnicos de las diferentes instituciones, con el objetivo de seleccionar las variedades consideradas más interesantes para el estudio, y de establecer las pautas de recogida de muestras en condiciones controladas. Para esta selección se tuvieron en cuenta tanto las características agronómicas e interés para la CAIB como los aspectos comerciales.

A continuación, se detallan las características fundamentales de las variedades **Duraió**, **Bugadera**, **D'en Pau**, **Granja** y **H2-12 o E-13P** y que motivaron su selección.

- **Duraió y Bugadera:** importantes cultivares de Mallorca, con buena producción, altos rendimientos en semilla y buenas calidades industriales, tanto de la pulpa (harina no tostada), como de la goma, destacando ambas por su potencial antioxidante.
- **D'en Pau:** variedad local con buenas características agronómicas (poca alternancia, producción constante), y comerciales.
- **Granja:** genotipo seleccionado de polinización abierta de Mallorca. Destaca por su muy elevado rendimiento en semillas, y también en goma de garrofín. Presenta buena calidad de pulpa.
- **H2-12 o E-13P:** genotipo de polinización abierta seleccionado de Mallorca, cultivar hermafrodita de rápida entrada en producción, elevada producción, y elevada calidad de pulpa y contenido en goma.

Para asegurar la homogeneidad y representatividad de las muestras, las variedades seleccionadas fueron suministradas por el IRFAP, provenientes de tres localizaciones diferentes en la isla de Mallorca: Palma (finca de Son Real), Lluçmajor (finca de Son Mulet) y Consell. Todas ellas fueron recogidas en la campaña del año 2023, s, y. Además, se solicitó la colaboración de *Empresas Innovadoras Garrofa (EiG)* y de su coordinador técnico, el Dr. Joan Tous, para disponer de muestras de tres variedades de algarroba mallorquina (Bugadera, Duraió y H2-12) cultivada en Tarragona y recogida por la empresa Frupinsa.

En el [anexo 1](#), se muestran los resultados obtenidos en la caracterización morfológica de la vaina (Tabla 13.) y las semillas (Tabla 14 y Tabla 15), el color exterior (Tabla 16), interior (Tabla 17), de la harina (Tabla 18) y de las semillas (Tabla 19), el contenido en humedad y la actividad de agua (Tabla 20), el contenido en azúcares (Tabla 21), el contenido en proteína, fibra, grasa y cenizas (Tabla 22), los contenidos en minerales (Tabla 23) y contenidos en compuestos antioxidantes y actividad antioxidante (Tabla 24) de las cinco variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas para este estudio. Los resultados se muestran en forma de media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (mín) y máximo (máx), y resultado del análisis estadístico (F o  $\chi^2$ , p y letras minúsculas que, en un mismo parámetro, indican la existencia de diferencias significativas entre las variedades ( $p < 0.05$ )).

Para facilitar la visualización de los resultados, a continuación se mostraran los resultados en forma de diagramas de caja, incluyendo letras minúsculas de manera que letras diferentes en un mismo parámetro, indican la existencia de diferencias significativas entre las variedades ( $p < 0.05$ ).

## 5.1 Caracterización morfológica de la algarroba de Mallorca

La tabla 1 muestra imágenes de las muestras utilizadas en el presente estudio, pertenecientes a 5 variedades de algarroba de Mallorca cultivadas en tres zonas diferentes de la isla (finca de Son Real, Palma; finca de Son Mulet, Lluçmajor; Consell) junto con las muestras cultivadas en la zona de Tarragona (3 variedades). Se observa la forma predominantemente curvada en las variedades Bugadera y H2-12, y recta en el resto. Todas las muestras presentan coloración marrón oscura o muy oscura y superficie rugosa o muy rugosa. La forma de las semillas es en todos los casos ovalada.

En las siguientes figuras, de la Figura 6 a la Figura 10, se muestran los resultados obtenidos en la caracterización morfológica de la vaina de las cinco variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas para este estudio.

Como se puede observar en la (Figura 6), la **longitud de vaina** más pequeña fue la de la variedad Granja, con una media de 14.4 cm y la longitud más larga se observó para la variedad Duraió, con una media de 16.4 cm. Estas dos variedades fueron las únicas que presentaron diferencias significativas entre sí ( $p < 0.05$ ).

En el **ancho** (Figura 7), por otra parte, se observaron valores significativamente más bajos para Granja (media 16.5 cm) y para H2-12 (17.9 cm) que para el resto de las variedades (media de  $20.0 \pm 0.4$  cm). En el caso del **espesor** (Figura 8), los valores más altos fueron los presentados por las variedades D'en Pau y Duraió (promedio de  $8.3 \pm 0.4$  cm) mientras que los valores más bajos fueron los observados para Bugadera y H2-12 (promedio  $5.6 \pm 0.1$  cm).

Galvez (2023) midió las dimensiones de diferentes variedades de algarroba de Mallorca de la campaña de 2022, observando longitudes ligeramente mayores, especialmente en las variedades Bugadera (17.8 cm) y D'en Pau (16.5 cm) y anchos un 8 % superiores en Duraió y Granja, pero un 8, 4 y 14 % inferiores en Bugadera, D'en Pau y H2-12. Los espesores fueron muy diferentes, entre 7.1 mm para Granja y 9.1 mm para D'en Pau.

En el caso de la **altura del valle** (Figura 9), D'en Pau, H2-12 y Bugadera presentaron los valores más altos (promedio  $19.9 \pm 0.9$  cm), mientras que Duraió y Granja presentaron valores significativamente ( $p < 0.05$ ) más bajos (11.8 y 13.5 cm, respectivamente). Por último, en cuanto a la **masa de las vainas** (sin semillas) (Figura 10), se observaron valores más altos para D'en Pau (14.8 g) (que también presentó los valores más altos de espesor y de altura del valle) y Duraió (16.9 g) (que también presentó los valores más altos para la longitud y espesor). Bugadera (11.1 g) y H2-12 (9.1 g) presentaron los valores más bajos de masa. Ambas presentaron los valores más bajos para espesor y H2-12 también presentó uno de los valores más bajos para el ancho.

Tabla 1. Imágenes de las diferentes variedades de algarroba de Mallorca y de las cultivadas en la zona de Tarragona. Vaina, corte transversal de la vaina y semillas.

Variedad	Zona de cultivo			
	Son Real	Son Mulet	Consell	Tarragona
Bugadera				
D'en Pau				
Duraio				
Granja				
H2-12				

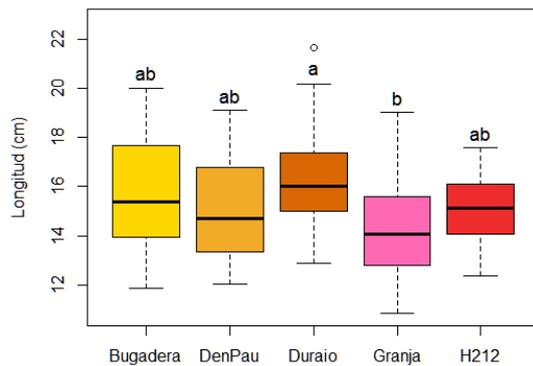


Figura 6. Longitud (cm). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

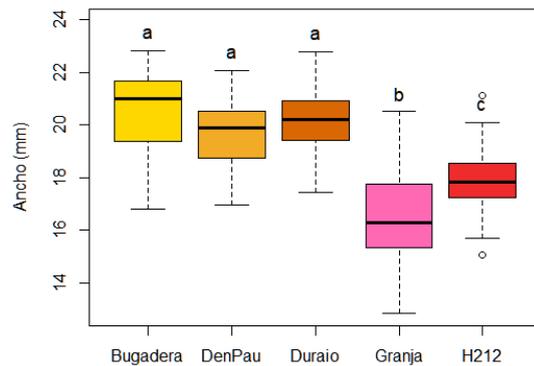


Figura 7. Ancho (mm). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

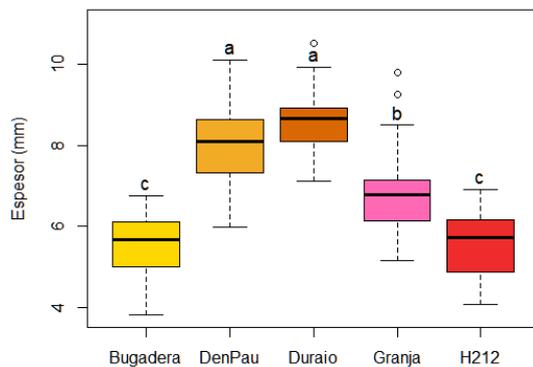


Figura 8. Espesor (mm). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

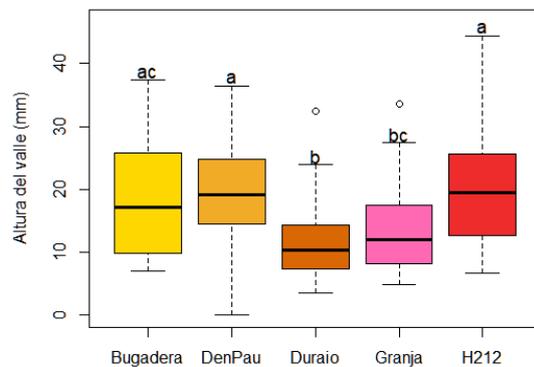


Figura 9. Altura del valle (mm). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

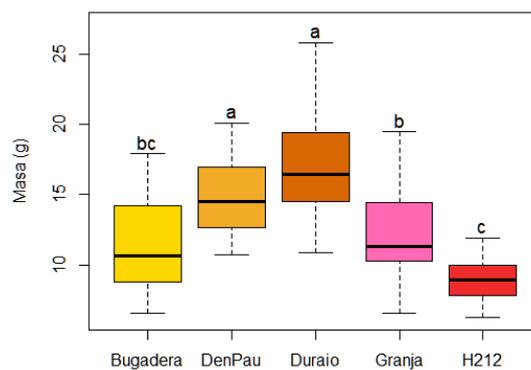


Figura 10. Masa (g). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

En las siguientes figuras (de la Figura 11 a la Figura 19) se muestran los resultados obtenidos en la caracterización morfológica de las semillas de las cinco variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas para este estudio.

No se observaron diferencias significativas en el **número de semillas** de las muestras (Figura 11), todas las variedades contenían entre 7 y 16 semillas. En general todas las variedades presentaron valores similares de la **masa de las semillas** (Figura 12), únicamente se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) al comparar las variedades Granja (2.4 g) y H2-12 (2.0 g); el

resto de las variedades presentaron una media de  $2.1 \pm 0.1$  g. Esta misma tendencia se observó en la **masa de una semilla individual** (Figura 14), siendo este valor de 202 mg para Granja y de 171 mg para H2-12 con una media de  $188 \pm 6$  mg para el resto de las variedades. Gálvez (2023) observó en las mismas variedades pero en la campaña de 2022, valores para la masa de las semillas de una vaina inferiores en un 20 % (Bugadera), 26 % (Duraió), 32 % (Granja) y 12 % (H2-12). Sólo en el caso de la variedad D'en Pau el valor fue similar (solo un 4 % mayor).

Se observaron importantes diferencias en el rendimiento en semillas (Figura 13). Batlle et al. (2014) propuso la siguiente clasificación para el rendimiento de garrofín (%): bajo (<9.5), medio (9.5-13) o alto (>13). Según esta clasificación, las variedades Bugadera, D'en Pau y Duraió se clasifican como de rendimiento alto, mientras que las variedades Granja y H2-12 se clasifican como de rendimiento medio. Gálvez (2023) observó valores similares para el rendimiento de garrofín de en la algarroba de Mallorca en la campaña de 2022, en las variedades D'en Pau y H2-12. Sin embargo, sus valores fueron un 38 y un 26 % menores en las variedades Bugadera y Duraió, respectivamente, y un 34 % superior en la variedad Granja.

En cuanto al **volumen de las semillas** (Figura 15), la variedad H2-12 presentó valores significativamente ( $p < 0.05$ ) más bajos ( $131 \text{ mm}^3$ ) que el resto de las variedades excepto Bugadera ( $138 \text{ mm}^3$ ). El resto de las variedades presentaron un valor promedio de  $148 \pm 4 \text{ mm}^3$ . Para el **área proyectada** (Figura 16), las semillas más pequeñas fueron aquellas de la variedad Granja ( $48 \text{ mm}^2$ ) mientras que la Bugadera y D'en Pau presentaron los valores más altos (promedio de  $55 \pm 2 \text{ mm}^2$ ).

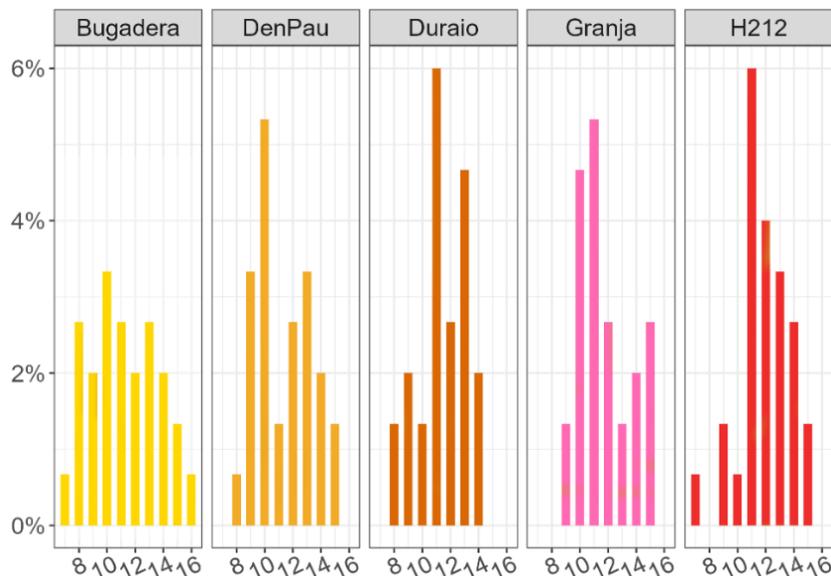


Figura 11. Distribución de frecuencias del número de semillas por vaina. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

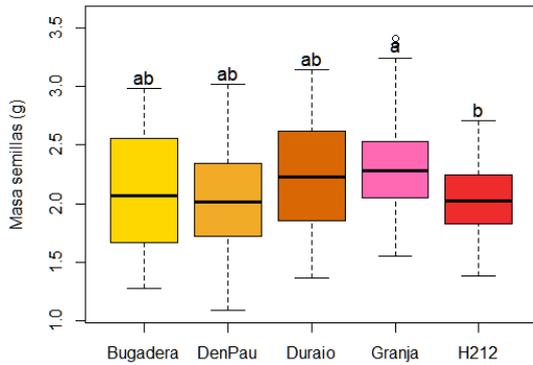


Figura 12. Masa de las semillas de una vaina (g). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

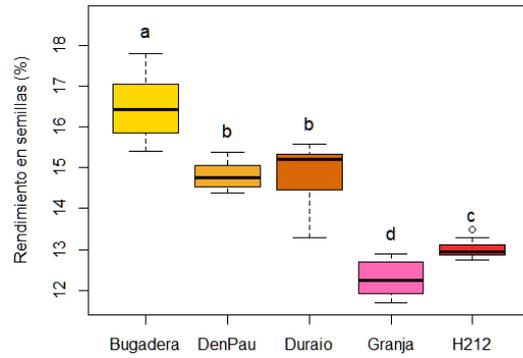


Figura 13. Rendimiento en semillas (%). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

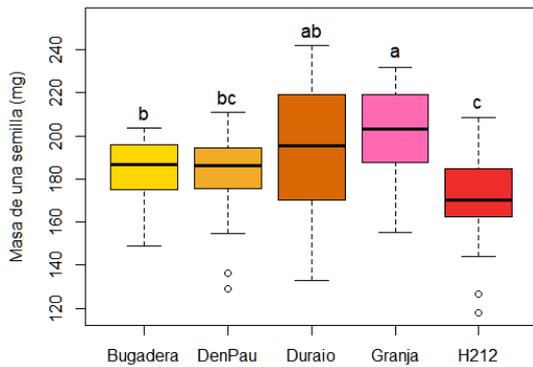


Figura 14. Masa de una semilla (mg). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

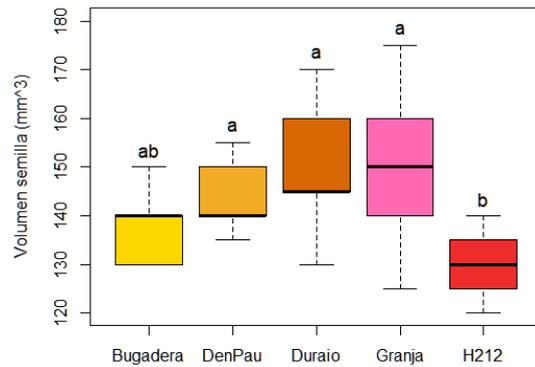


Figura 15. Volumen de una semilla (mm³). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

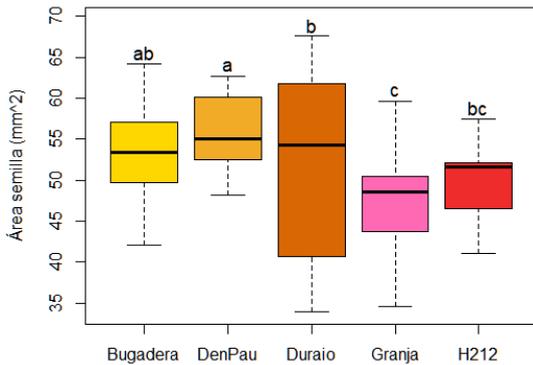


Figura 16. Área proyectada de una semilla (mm²). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

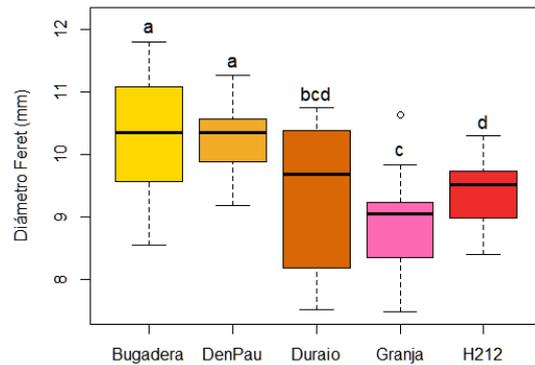


Figura 17. Diámetro de Feret (mm) de una semilla. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

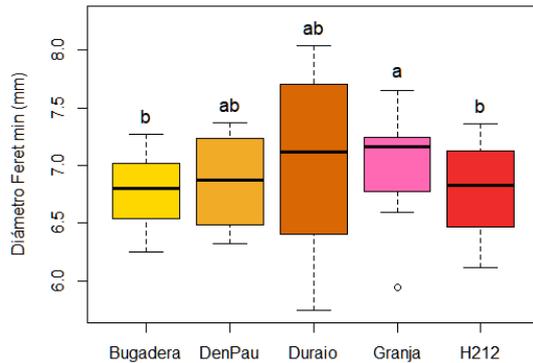


Figura 18. Diámetro de Feret mínimo de una semilla (mm). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

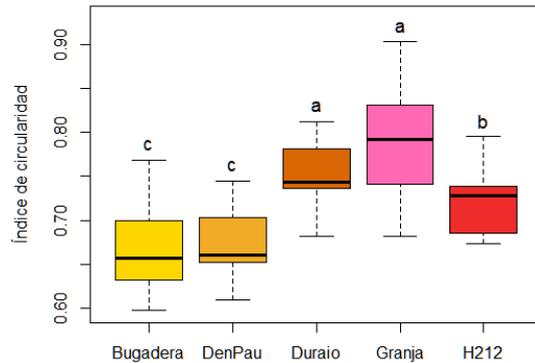


Figura 19. Índice de circularidad de la semilla. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

El **diámetro de Feret** (Figura 17) más largo se observó en las semillas de las muestras Bugadera y D'en Pau (promedio de  $10.3 \pm 0.1$  mm) y el más pequeño para la muestra H2-12 (9.4 mm). Por otra parte, los valores de **diámetro de Feret mínimo** (Figura 18) presentaron valores significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) al comparar la variedad Granja (7 mm) con H2-12 y Bugadera (siendo el promedio de ambas de 6.8 mm). Las variedades con semillas con forma más circular (**índice de circularidad** más cercano a 1) fueron Duraio y Granja ( $0.77 \pm 0.03$ ) y las que presentaron una circularidad más baja fueron Bugadera y D'en Pau ( $0.67 \pm 0.01$ ) (Figura 19).

Los **valores morfológicos promedio para todas las variedades de Mallorca** se presentan en la Tabla 2. La longitud de la vaina ( $15.3 \pm 1.9$  cm) es similar al valor reportado en el estudio de Albanell et al. (1990) en el cual se caracterizaron química y morfológicamente algarrobas de diferentes zonas de España (Balears, Cataluña, Valencia, Andalucía y Murcia); estos autores observaron una longitud promedio de  $15.8 \pm 0.2$  cm. Por otro lado, este valor es más bajo que el reportado por Benković et al. (2016) para algarrobas de Croacia (variedad *Ceratonia siliqua* tipo "Komiza") ( $17.6 \pm 0.1$  cm). Por otra parte, Korkmaz et al. (2020) caracterizaron diferentes parámetros morfológicos de la algarroba (36 genotipos) cultivada en Marmaris (Turquía), y reportaron valores de longitud de la vaina en un rango entre 12.9 y 20.7 cm, similar al rango obtenido en este estudio (11.8-20.5 cm), mientras que Biner et al. (2007) propusieron un valor medio para este parámetro de  $17.7 \pm 0.3$  cm para 22 variedades locales turcas. Kahkahi & Chitt (2014) presentaron un rango más pequeño, entre 10.2 a 16.6 cm para vainas de algarroba cultivadas en diferentes regiones de Marruecos. Tous et al. (2001) caracterizaron algarrobas de Mallorca y de Ibiza, concluyendo que la algarroba de Mallorca es más larga, estrecha, de mayor peso y rendimiento en garrofín que las de Ibiza.

El ancho de la vaina ( $19.0 \pm 2.1$  mm) observado en este estudio también es similar al reportado por Albanell et al. (1990) ( $21.1 \pm 0.2$  mm) pero más pequeño que los reportados por Benković et al. (2016) ( $26.6 \pm 0.1$  mm) para la algarroba croata, y por Binet et al. (2007) para la algarroba turca ( $22.9 \pm 0.2$  mm). Este parámetro para la algarroba de Mallorca presentó un rango (13.7-22.6 cm) bastante coincidente con el reportado por Korkmaz et al. (2020) (14.3-23.1 cm) para la algarroba turca. Para este parámetro Kahkahi & Chitt (2014) también presentaron un rango más pequeño y con valores ligeramente más bajos 12.1 y 18.1 mm para la algarroba de Marruecos.

En cuanto al espesor, los valores observados en este estudio ( $6.9 \pm 1.5$  mm) son similares pero más bajos que los reportados por Benković et al. (2016) ( $7.57 \pm 0.08$  mm, Croacia), Albanell et al. (1990) ( $8.5 \pm 0.1$  mm, España) y Biner et al. (2007) ( $9.5 \pm 0.1$  mm, Turquía) y con un rango (4.5-9.8 mm) similar pero más amplio al reportado por Korkmaz et al. (2020) (4.65-8.37 mm, Turquía) y por Kahkahi & Chitt (2014) (4.5-8.7 mm, Marruecos).

Cabe destacar que, si bien entre los resultados de Gálvez (2023) sobre las dimensiones de la algarroba de Mallorca de la campaña 2022 y los obtenidos en este trabajo (campaña 2023) se observaron algunas diferencias dependiendo de la variedad, tal y como se ha mencionado anteriormente, los valores de longitud, ancho y espesor entran dentro de los intervalos de tolerancia mostrados en la Tabla 2.

No se encontraron en la bibliografía valores de la altura del valle, pero Korkmaz et al. (2020) describieron las variedades analizadas como predominantemente curvas, indicando que un 61 % mostraron una altura del valle superior a cero y solo un 19 % se podrían describir como planas. Bajo este criterio, las vainas analizadas en este estudio se podrían clasificar también como curvas en su mayoría, con una altura del valle que varió entre 5.4 y 37.3 cm.

Tabla 2. Características morfológicas de la algarroba de Mallorca. Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (Mín) y máximo (Máx).

ALGARROBA DE MALLORCA	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	Mín	Máx
<i>Longitud de la vaina (cm)</i>	15.3 $\pm$ 1.9	15.1	[11.8, 18.8]	11.8	20.5
<i>Ancho de la vaina (mm)</i>	19.0 $\pm$ 2.1	19.1	[15.1, 22.8]	13.7	22.6
<i>Espesor de la vaina (mm)</i>	6.9 $\pm$ 1.5	6.6	[4.2, 9.6]	4.5	9.8
<i>Altura del valle de la vaina (mm)</i>	16.7 $\pm$ 7.9	15.8	[2.2, 31.3]	5.4	37.3
<i>Masa de la vaina (g)*</i>	12.8 $\pm$ 3.9	11.9	[5.6, 19.9]	6.8	23.1
<i>Núm. Semillas</i>	12 $\pm$ 2	11	[8, 15]	7	15
<i>Masa de las semillas (g)</i>	2.2 $\pm$ 0.4	2.2	[1.3, 3.0]	1.3	3.2
<i>Rendimiento en semillas (%)</i>	14.3 $\pm$ 1.6	14.5	[11.3, 17.2]	11.7	17.8
<i>Masa (mg)<sup>#</sup></i>	186.5 $\pm$ 18.8	188.0	[151.7, 221.3]	153.5	232.0
<i>Volumen (mm<sup>3</sup>)<sup>#</sup></i>	142.8 $\pm$ 13.1	140.0	[118.6, 167.0]	120.0	175.0
<i>Área proyectada (mm<sup>2</sup>)<sup>#</sup></i>	51.6 $\pm$ 7.9	51.9	[36.9, 66.3]	33.9	67.6
<i>Diám. de Feret (mm)<sup>#</sup></i>	9.6 $\pm$ 1.0	9.7	[7.7, 11.5]	7.5	11.8
<i>Diám. de Feret mínimo (mm)<sup>#</sup></i>	6.9 $\pm$ 0.5	6.8	[5.9, 7.8]	5.7	8.0
<i>Índice de circularidad<sup>#</sup></i>	0.72 $\pm$ 0.07	0.71	[0.59, 0.85]	0.60	0.90

\*sin semilla; <sup>#</sup>de una semilla

En cuanto a la masa de las vainas, Benković et al. (2016) observaron un valor promedio de  $29.0 \pm 0.4$  g, sin embargo, en su artículo no se especifica si este peso incluye las semillas o no, en todo caso este valor es considerablemente superior al observado en este estudio incluso incluyendo las semillas ( $15 \pm 4$  g). Tal y como se mencionó antes, todos los parámetros morfológicos de la vaina (largo, ancho y espesor) reportados por los autores Benković et al. (2016) fueron ligeramente más altos que los observados en las variedades mallorquinas, lo que coincide con una mayor masa en las vainas de algarroba de Croacia analizadas por ellos. Por otra parte, Korkmaz et al. (2020) reportaron un rango muy amplio para este parámetro (8.3-29.5 g) en la algarroba de Turquía, dentro del cual entrarían las variedades mallorquinas; Barracosa et al. (2007), Naghmouchi et al. (2009) y Biner et al. (2007) indicaron valores superiores para la masa

de la vaina de algarrobas del Algarve (Portugal) ( $18.7 \pm 3.6$  g), Túnez (16.4 g) y Turquía ( $24.7 \pm 0.6$ ), respectivamente.

El número de semillas por vaina (7-15) es similar al observado por Kahkahi & Chitt, (2014) (8-14) mientras que Albanell et al. (1990) reportó un rango más amplio (3-15). La masa total de las semillas varió entre 1.10 y 3.41 g según Korkmaz et al. (2020), similar al rango observado para las variedades mallorquinas (1.3 y 3.2 g). El rendimiento medio en semillas de la algarroba de Mallorca ( $14.3 \pm 1.6$  %) puede considerarse alto, de acuerdo con la escala propuesta por Batlle et al. (2014). Se trata de un rendimiento similar al propuesto por Barracosa et al. (2007) (13.1 %) para variedades de la zona del Algarve (Portugal), pero considerablemente superior a los propuestos por Korkmaz et al. (2020), de 10.2 % y por Biner et al. (2007) de 7.8 %, ambos para algarrobas de Turquía. En cambio, en algarrobas de Túnez se obtuvo rendimientos medios del 17.2 % (Naghmouchi et al., 2009).

La masa de las semillas individuales reportada por Benković et al. (2016) ( $180 \pm 10$  mg) y por Biner et al. (2007) ( $193 \pm 9$  mg) se asemeja mucho al promedio obtenido para las variedades mallorquinas ( $187 \pm 19$  mg) ellos también publicaron en su estudio un volumen de semilla de  $83.85 \text{ mm}^3$  un valor inferior al observado en este estudio ( $142 \pm 13 \text{ mm}^3$ ) lo que indicaría que las semillas mallorquinas son menos densas (la masa es similar pero el volumen es más alto). Benković et al. (2016) reportó un área de  $98.3 \text{ mm}^2$  considerablemente más alta que la observada para las variedades mallorquinas ( $51.6 \pm 7.9 \text{ mm}^2$ ), lo que significaría que las semillas mallorquinas presentaron un espesor más alto que les confirió un volumen más grande a pesar de tener un área proyectada más baja. Benković et al. (2016) observó un diámetro máximo de las semillas de  $8.58 \pm 0.06$  mm y , Kahkahi & Chitt, (2014) reportó un valor de 7.2 mm, más bajos que el observado en este estudio ( $9.6 \pm 1.0$  mm). Benković et al. (2016) reportó un diámetro mínimo de  $6.76 \pm 0.06$  mm muy similar al promedio de las variedades mallorquinas ( $6.9 \pm 0.5$  mm) y más alto que el observado por Kahkahi & Chitt, (2014) (3.9 mm). Por último, el índice de circularidad observado por Benković et al. (2016) fue de  $0.695 \pm 0.70$ , indicando un rango muy amplio, este valor fue similar para las variedades mallorquinas pero ligeramente más alto ( $0.72 \pm 0.07$ ).

## 5.2 Caracterización física de la algarroba de Mallorca

Los resultados obtenidos en la medida instrumental del color expresado en coordenadas CIE Lab\* ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) junto con el Cromax\*, para la parte exterior e interior de las vainas, de la harina de las algarrobas y de las semillas de las diferentes variedades mallorquinas analizadas se pueden observar en las siguientes figuras (de la Figura 20 a la Figura 35).

Respecto al **color exterior** de las vainas, como se puede observar en la Figura 20, todas las variedades presentaron valores de  $L^*$  similares entre sí. Las únicas diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) se observaron entre las muestras Granja ( $24.5 \pm 0.7$ ) y H2-12 ( $26.1 \pm 0.5$ ). Los valores de  $a^*$  (Figura 21) también fueron bastante similares entre las muestras con la única diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre la variedad D'en Pau ( $5.0 \pm 0.5$ ) y la Duraió ( $3.5 \pm 0.8$ ). Por último, no se observaron diferencias significativas entre las muestras en los parámetros  $b^*$  (Figura 22) y Cromax\* (Figura 23).

En cuanto al **color de la parte interna** de la vaina, todas las muestras presentaron valores muy similares en el parámetro  $L^*$  (Figura 24), siendo significativamente ( $p < 0.05$ ) más bajos en la variedad Granja ( $38.0 \pm 1.7$ ) mientras que la H2-12 ( $45.2 \pm 1.8$ ) presentó valores

significativamente más altos que la Duraio (41.6 ± 2.0) y la Granja. En el parámetro a\* (Figura 25) los valores también fueron muy similares entre variedades y la única diferencia se observó entre Granja (6.0 ± 0.5) y H2-12 (6.9 ± 0.7). En los parámetros b\* (Figura 26) y Cromax\* (Figura 27) no se observaron diferencias significativas entre las variedades.

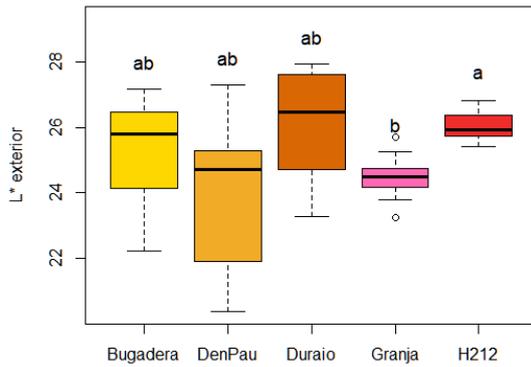


Figura 20. L\* exterior. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

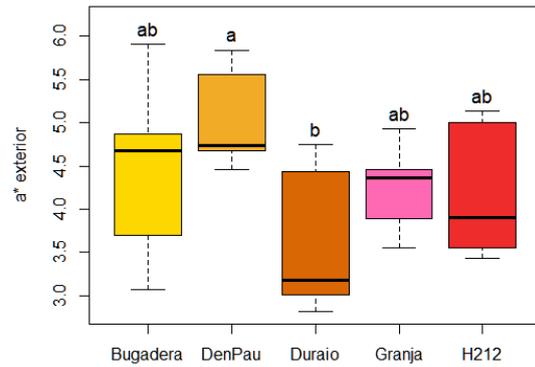


Figura 21. a\* exterior. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

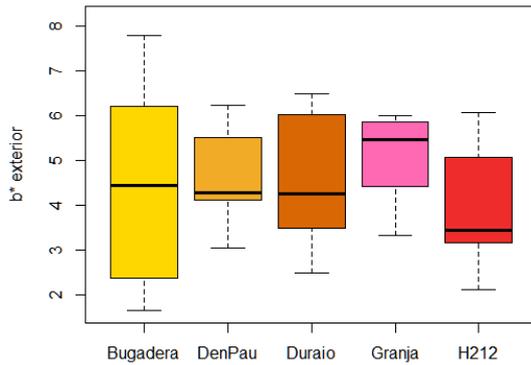


Figura 22. b\* exterior. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

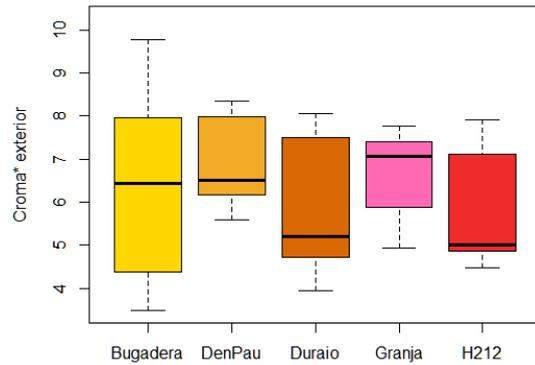


Figura 23. Cromax\* exterior. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

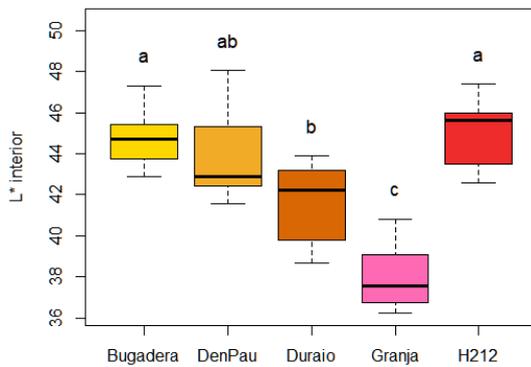


Figura 24. L\* interior. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

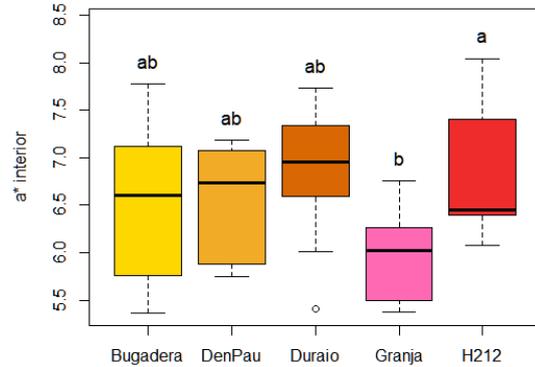


Figura 25. a\* interior. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

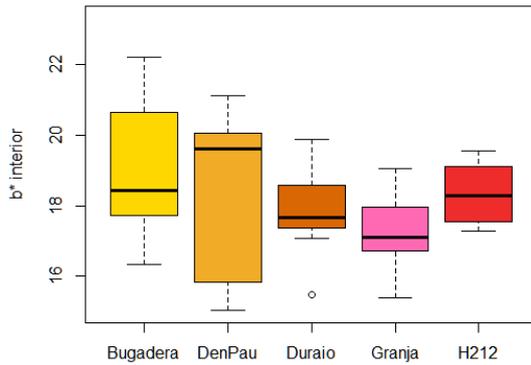


Figura 26. b\* interior. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

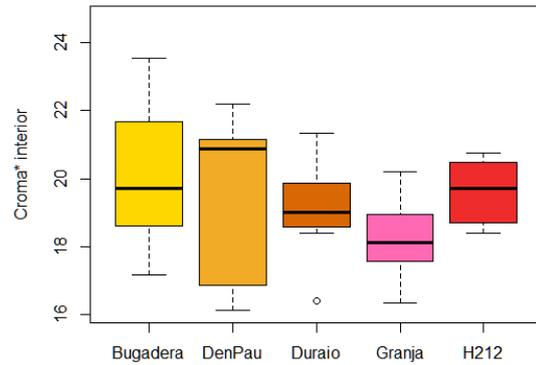


Figura 27. Croma\* interior. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

En cuanto al **color de la harina** obtenida de la pulpa, en el parámetro L\* (Figura 28) no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las variedades. En el parámetro a\* (Figura 29) los valores también fueron muy similares entre variedades y la única diferencia se observó entre la variedad D'en Pau ( $7.4 \pm 0.6$ ) y Granja ( $5.9 \pm 1.0$ ). En el parámetro b\* (Figura 30), las variedades Granja ( $19.8 \pm 1.3$ ) y H2-12 ( $20.3 \pm 0.5$ ) presentaron valores significativamente ( $p < 0.05$ ) más bajos que el resto de las muestras. En el parámetro Croma\* (Figura 31) la variedad D'en Pau ( $24.0 \pm 0.7$ ) presentó un valor significativamente más alto que el resto de muestras, a este valor le siguió el de Bugadera ( $22.7 \pm 0.7$ ) que también fue más alto al compararlo con el resto de variedades.

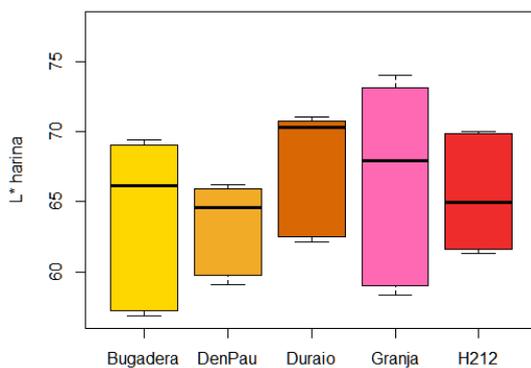


Figura 28. L\* de la harina. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

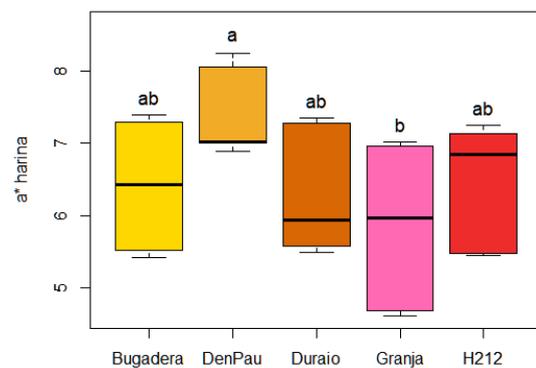


Figura 29. a\* de la harina. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

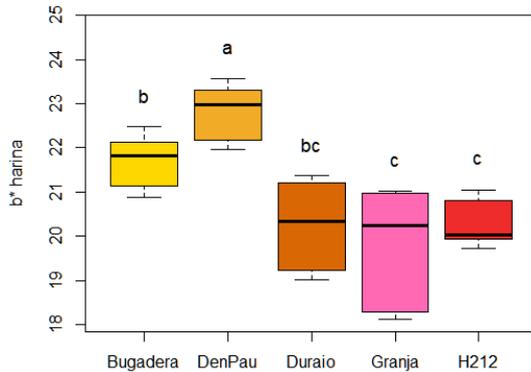


Figura 30. b\* de la farina. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

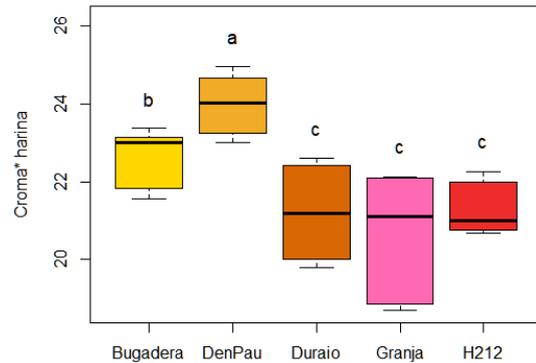


Figura 31. Cromat\* de la farina. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

Respecto al **color de las semillas** de la algarroba, L\* fue significativamente ( $p < 0.05$ ) mayor en la variedad H2-12 ( $24.9 \pm 2.0$ ) mientras que en la Duraio ( $22.4 \pm 0.6$ ) presentó valores significativamente ( $p < 0.05$ ) más bajos que el resto de las variedades (Figura 28). Las muestras Granja ( $15.4 \pm 0.5$ ) y D'en Pau ( $16.1 \pm 0.8$ ) presentaron valores significativamente ( $p < 0.05$ ) más altos de a\* que las muestras Bugadera ( $12.8 \pm 0.5$ ) y Duraio ( $12.1 \pm 0.6$ ) (Figura 29). También se observaron algunas diferencias en los valores del parámetro b\* (Figura 30) siendo las muestras D'en Pau ( $11.2 \pm 1.4$ ) y Duraio ( $9.6 \pm 0.9$ ) las que presentaron los valores significativamente ( $p < 0.05$ ) más bajos. En el caso del Cromat\* (Figura 31), las variedades Bugadera ( $22.7 \pm 0.5$ ) y D'en Pau presentaron valores significativamente ( $p < 0.05$ ) más altos ( $24.0 \pm 0.7$ ) que el resto de las variedades.

En cualquier caso, las diferencias de color entre las cinco variedades fueron muy escasas, tal y como se puede observar en la Tabla 3., donde se muestran los colores correspondientes a los valores de las coordenadas de color obtenidos para el exterior y el interior de la vaina, la harina y las semillas. A pesar de que se detectaron diferencias significativas en algunos de los parámetros de CIELab\* entre las variedades, estas son prácticamente imperceptibles.

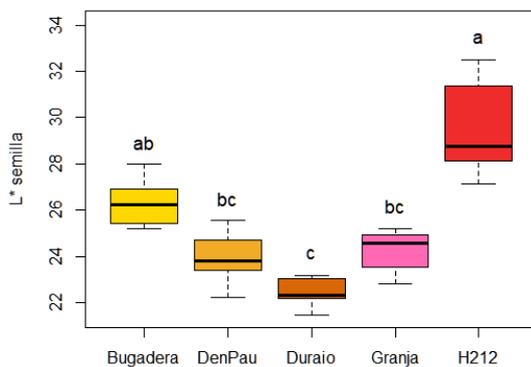


Figura 32. L\* de la semilla. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

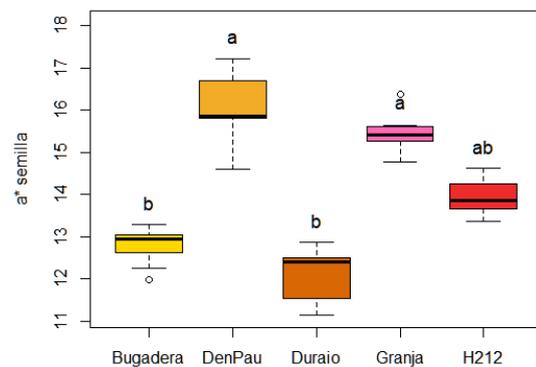


Figura 33. a\* de la semilla. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

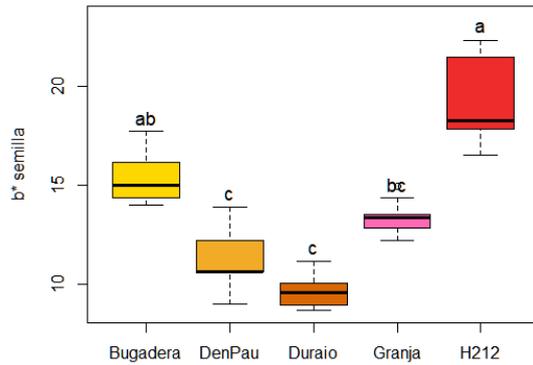


Figura 34. b\* de la semilla. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

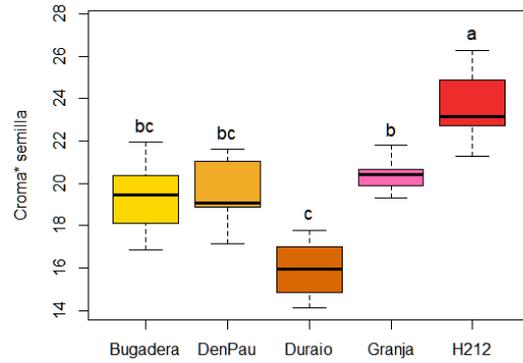
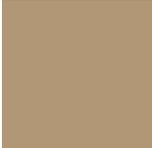


Figura 35. Croma\* de la semilla. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

Tabla 3. Colores exterior, interior, de la harina y de la semilla de las variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas.

COLOR	Bugadera	D'en Pau	Duraio	Granja	H2-12
Exterior					
Interior					
Harina					
Semilla					

En la Tabla 4. se pueden observar la media, desviación estándar, mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ) y valores mínimo y máximo, de los parámetro de color en coordenadas CIELab\* para la algarroba de Mallorca.

En general la parte exterior de la pulpa presentó un color marrón oscuro achocolatado. Kyriacou et al., (2021) analizaron algarrobas de la isla de Valva en diferentes estados de maduración y reportaron valores de L\* para la pulpa más altos que los observados en este estudio (71-80), sin embargo, la descripción y la imagen visual publicada en su estudio para la algarroba madura o muy madura coincide con la observada para las variedades mallorquinas (color general marrón o marrón oscuro). La parte interior de la pulpa presentó un color más claro con un tono más

cercano al amarillo, lo cual se puede intuir por valores más altos de  $b^*$  que la parte exterior, no se encontraron valores en la bibliografía para esta parte de la pulpa.

La harina presentó un color más claro resultado de la mezcla de ambas partes de la pulpa (interior y exterior). La harina presentó valores más altos de  $L^*$  que la pulpa y exterior e interior. Margalef et al (2019) obtuvieron valores de las coordenadas de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  para harina de algarroba negra (*Prosopis nigra*) de 53.3, 13.3 y 7.2, respectivamente, es decir, menor luminosidad, mayor coloración rojiza y menor contribución del color amarillo que en la harina de algarroba de Mallorca. El valor de Croma para la harina ( $21.8 \pm 1.7$ ) es similar al reportado por Boublenza et al. (2017) ( $22.6 \pm 0.5$ ) para harina de pulpa de algarroba cultivada en Algeria. Las semillas presentaron un color marrón rojizo evidenciado por los valores más altos de  $a^*$  muy similares a las descritas por Kyriacou et al. (2021).

Tabla 4. Color exterior, interior, de la harina y de la semilla de la algarroba de Mallorca. Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (Mín) y máximo (Máx).

ALGARROBA DE MALLORCA		Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	Mín	Máx
	L* exterior	25.0 $\pm$ 1.7	25.3	[21.8, 28.1]	20.4	27.9
	a* exterior	4.1 $\pm$ 0.8	4.4	[2.7, 5.6]	2.8	5.8
	b* exterior	4.4 $\pm$ 1.3	4.4	[2.0, 6.8]	2.1	6.5
	C* exterior	6.1 $\pm$ 1.3	6.2	[3.6, 8.5]	3.9	8.4
	L* interior	41.8 $\pm$ 3.4	43.0	[35.4, 48.1]	34.7	48.1
	a* interior	6.5 $\pm$ 0.7	6.6	[5.2, 7.8]	5.3	8.0
	b* interior	17.8 $\pm$ 1.7	18.3	[14.7, 20.9]	13.3	21.1
	C* interior	19.0 $\pm$ 1.8	19.3	[15.7, 22.2]	14.5	22.2
	L* harina	65.5 $\pm$ 4.8	66.0	[56.6, 74.4]	56.9	74.0
	a* harina	6.6 $\pm$ 1.0	6.8	[4.8, 8.4]	4.6	8.4
	b* harina	20.7 $\pm$ 1.5	21.0	[18.0, 23.5]	18.1	23.6
	C* harina	21.8 $\pm$ 1.7	22.1	[18.7, 24.8]	18.7	25.0
	L* semilla	25.3 $\pm$ 2.7	24.9	[20.3, 30.3]	21.4	32.5
	a* semilla	14.1 $\pm$ 1.6	13.9	[11.1, 17.1]	11.1	17.2
	b* semilla	13.7 $\pm$ 3.6	13.4	[7.1, 20.4]	8.7	22.3
	C* semilla	19.8 $\pm$ 2.9	19.9	[14.4, 25.2]	14.1	26.3

Finalmente, la **actividad de agua** de la pulpa (Figura 36) no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las variedades.

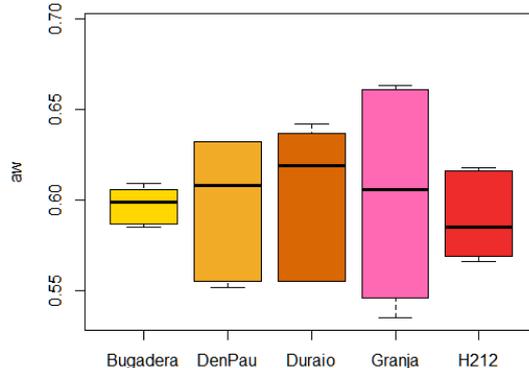


Figura 36. Actividad de agua. Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

### 5.3 Caracterización química de la algarroba de Mallorca

Los resultados obtenidos en la caracterización química de las diferentes variedades de algarrobas mallorquinas analizadas se pueden observar en las siguientes figuras (de la Figura 37 a la Figura 55).

En cuanto a la **humedad**, las únicas diferencias observadas fueron entre la variedad D'en Pau ( $14.3 \pm 2.2$  % bh) y la variedad H2-12 ( $13.1 \pm 1.4$  % bh) (Figura 37). La humedad de la harina (Figura 38) fue significativamente ( $p < 0.05$ ) más alta para la variedad D'en Pau ( $13.0 \pm 0.7$  % bh) que para el resto de las variedades. El contenido en humedad de la harina se ha utilizado en el presente estudio para la determinación de la composición química en base seca, para aquellos parámetros que se determinaron sobre la muestra en forma de harina.

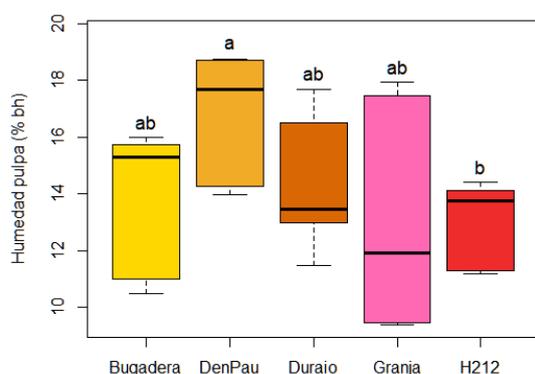


Figura 37. Contenido en humedad de la pulpa de algarroba (% bh). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

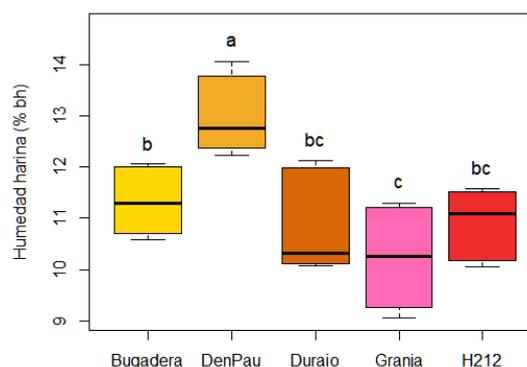


Figura 38. Contenido en humedad de la harina de algarroba (% bh). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

El contenido en **fructosa** (Figura 39) fue similar entre las diferentes variedades de algarroba de Mallorca. No obstante, la variedad D'en Pau presentó un valor significativamente ( $p < 0.05$ ) más alto ( $9.8 \pm 0.9$  % bs) que otras variedades como Bugadera y Granja (aprox. 7.4 %). En cuanto al contenido de **glucosa** (Figura 40), los valores observados fueron relativamente bajos pero en la variedad D'en Pau se obtuvo un contenido significativamente ( $p < 0.05$ ) más alto ( $6.2 \pm 0.4$  % bs) que en el resto de muestras. El contenido en **sacarosa** (Figura 41) fue el más elevado de entre todos los azúcares analizados. Las variedades D'en Pau ( $33.5 \pm 2.4$  % bs) y H2-12 ( $34.5 \pm 1.8$  % bs) presentaron valores significativamente ( $p < 0.05$ ) más bajos al resto de muestras para este azúcar. El contenido en maltosa fue en todos los casos inferior al 0.5 %. El contenido total en azúcares (suma de fructosa, glucosa y sacarosa) fue similar entre las variedades de algarroba de Mallorca, aunque en la variedad Duraio ( $51.9 \pm 2.7$  % bs), significativamente ( $p < 0.05$ ) más elevado que en la H2-12 ( $46.2 \pm 2.7$  % bs).

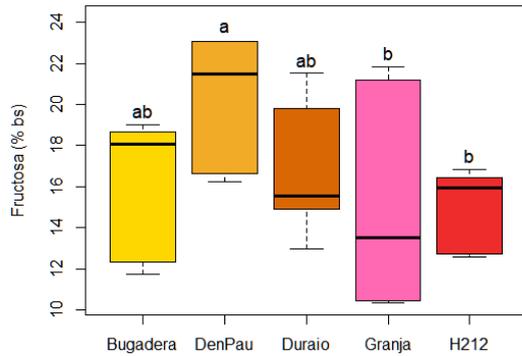


Figura 39. Contenido en fructosa (% bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

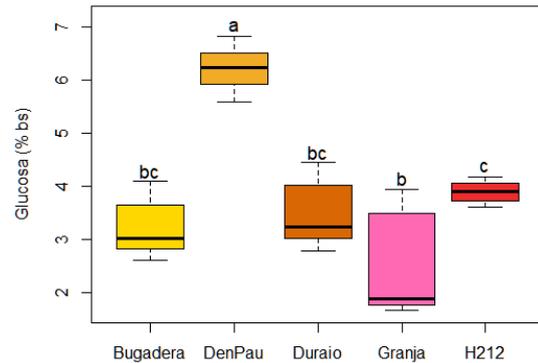


Figura 40. Contenido en glucosa (% bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

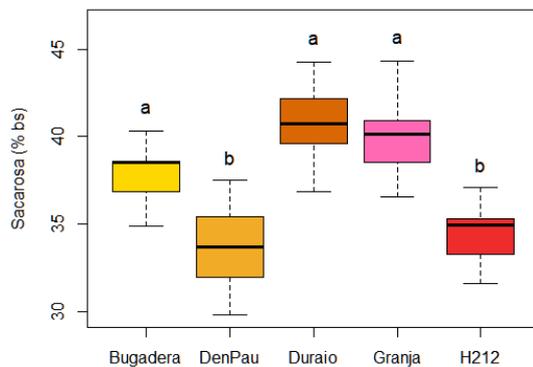


Figura 41. Contenido en sacarosa (% bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

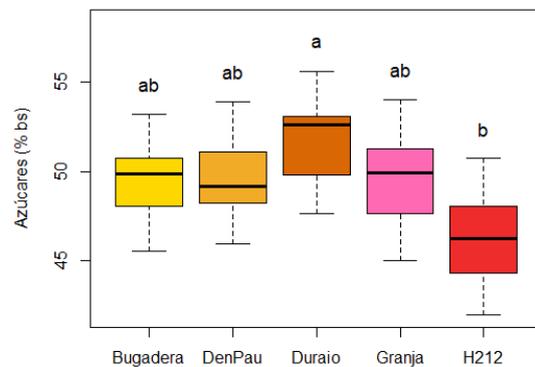


Figura 42. Contenido en azúcares (% bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

El contenido en **proteína** (Figura 43) de las diferentes variedades fue similar y relativamente bajo, sin embargo las variedades D'en Pau ( $4.0 \pm 0.1$  % bs) y Granja ( $4.0 \pm 0.3$  % bs) presentaron los valores ligeramente más elevados ( $p < 0.05$ ). Tal y como cabía esperar, la **fibra** (Figura 44) fue uno de los principales componentes de la harina de algarroba, D'en Pau ( $37.9 \pm 1.3$  %bs) y H2-12 ( $41.0 \pm 3.4$  %bs) presentaron los valores más altos. El contenido en **grasa** (Figura 45) fue muy bajo para todas las variedades sin diferencias ( $p > 0.05$ ) significativas entre sí. De la misma manera las **cenizas** (Figura 46) resultaron ser un componente minoritario sin diferencias entre las variedades de algarroba.

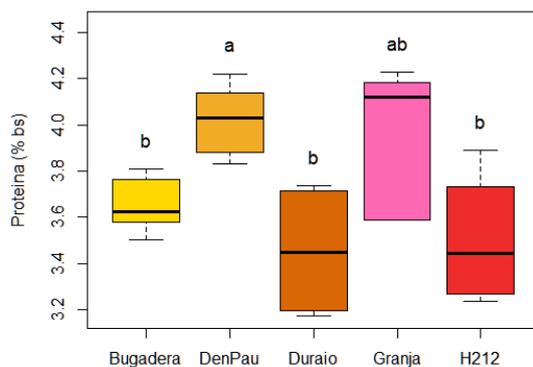


Figura 43. Contenido en proteína (% bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

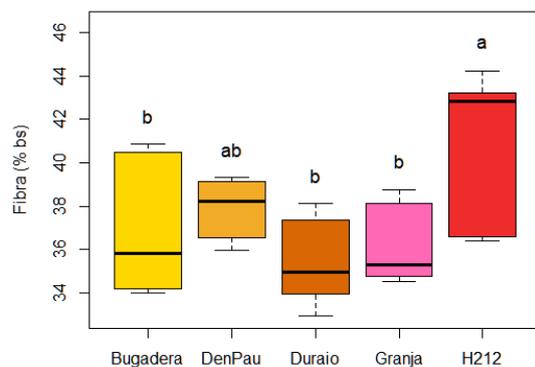


Figura 44. Contenido en fibra total (% bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

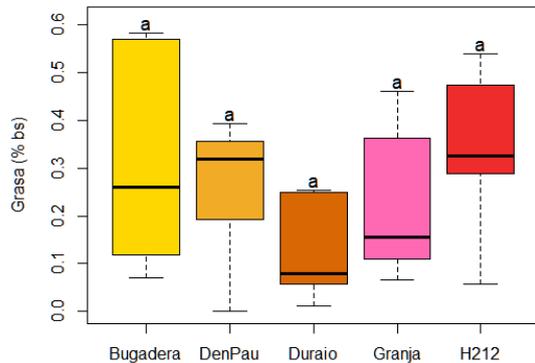


Figura 45. Contenido en grasa (% bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

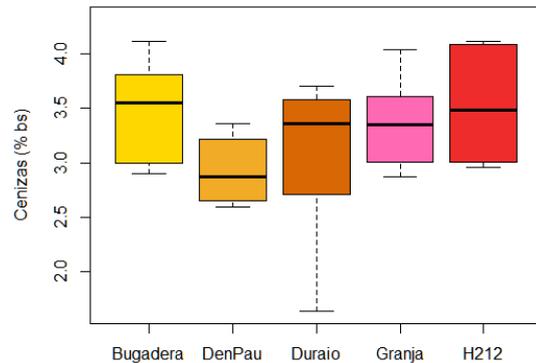


Figura 46. Contenido en cenizas (% bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

El **calcio** (Figura 47) fue uno de los minerales más abundantes en las variedades mallorquinas (el segundo después del potasio), la única diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) se observó entre las variedades Bugadera ( $374 \pm 76$  mg/g bs) y Duraio ( $259 \pm 53$  mg/g bs). No se observaron diferencias significativas entre las variedades ( $p > 0.05$ ) en el contenido de **potasio** (Figura 48), **magnesio** (Figura 49) y **sodio** (Figura 50). Si que se observaron diferencias ( $p < 0.05$ ) en el contenido de **fósforo** (Figura 51) al comparar las muestras D'en Pau ( $85.3 \pm 4.5$  mg/g bs) y Duraio ( $84.0 \pm 6.6$  mg/g bs) con la variedad Bugadera ( $64.2 \pm 4.9$  mg/g bs).

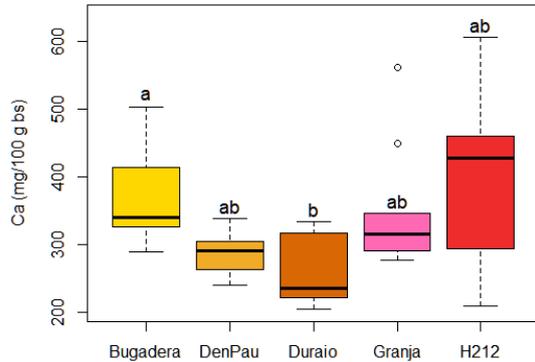


Figura 47. Contenido en calcio (mg/100 g bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

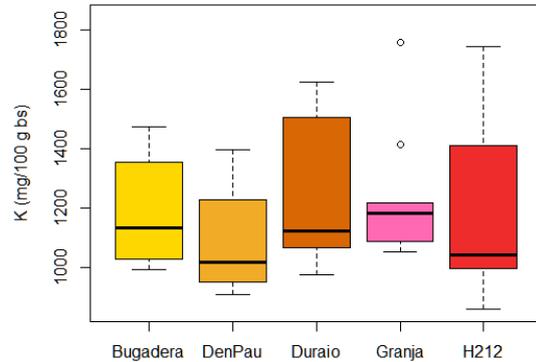


Figura 48. Contenido en potasio (mg/100 g bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

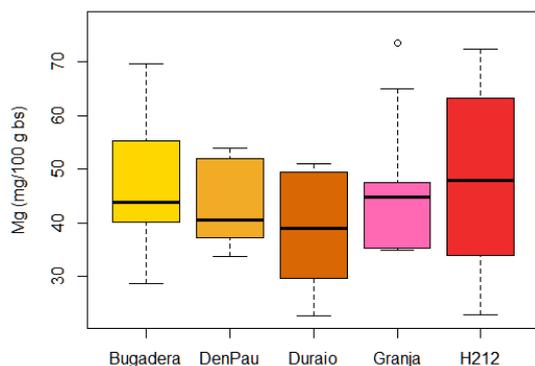


Figura 49. Contenido en magnesio (mg/100 g bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

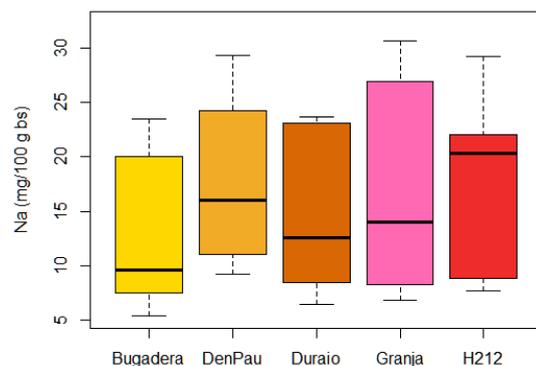


Figura 50. Contenido en sodio (mg/100 g bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

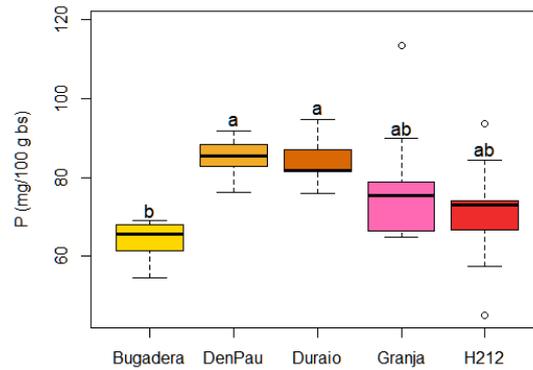


Figura 51. Contenido en fósforo (mg/100 g bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

El contenido en **polifenoles totales** (Figura 52) fue relativamente similar entre las variedades, siendo la única diferencia significativa observada ( $p < 0.05$ ) entre las variedades H2-12 ( $19.1 \pm 4.3$  mg AG/g bs) y D'en Pau ( $13.7 \pm 1.4$  mg AG/g bs) y Duraio ( $13.3 \pm 1.4$  mg AG/g bs). En cuanto al contenido en **taninos** (Figura 53), la variedad H2-12 ( $6.9 \pm 2.4$  mg AG/g bs) también presentó un valor significativamente ( $p < 0.05$ ) más alto que las variedades D'en Pau ( $3.1 \pm 0.8$  mg AG/g bs) y Duraio ( $3.1 \pm 0.3$  mg AG/g bs) y esta misma tendencia se observó para la **actividad antioxidante** según el método FRAP (Figura 54). No se observaron diferencias significativas entre las muestras en la AA según el método ABTS (Figura 55).

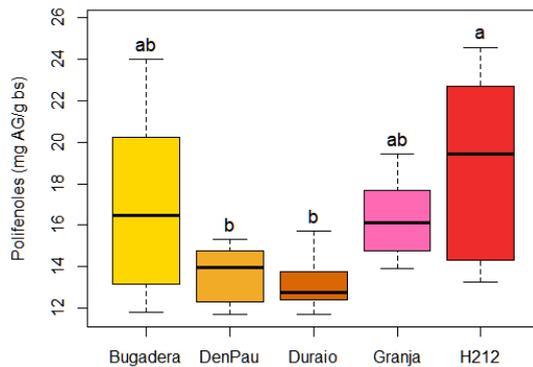


Figura 52. Contenido en polifenoles totales (mg AG/g bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

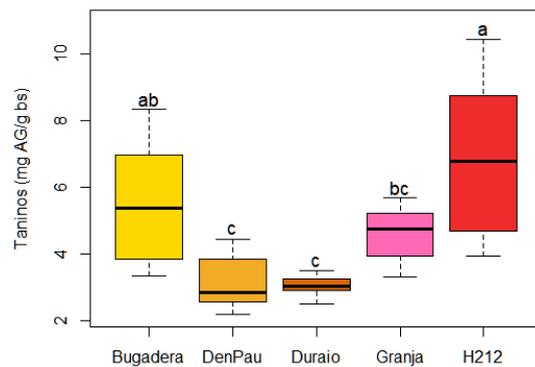


Figura 53. Contenido en taninos (mg AG/g bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

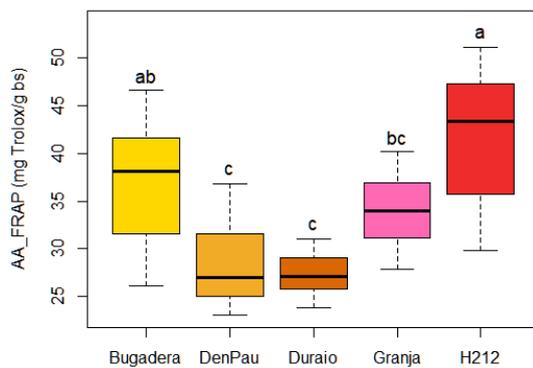


Figura 54. Actividad antioxidante (método FRAP) (mg Trolox/g bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

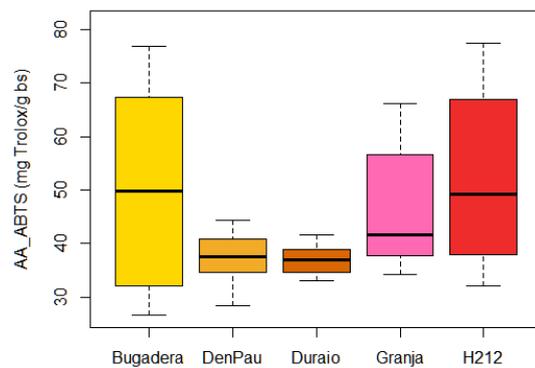


Figura 55. Actividad antioxidante (método ABTS) (mg Trolox/g bs). Diferentes variedades de algarroba de Mallorca.

En la Tabla 5 se puede observar el promedio de la composición química junto con la actividad de agua de todas las variedades de algarroba de Mallorca analizadas. El contenido en humedad ( $14.6 \pm 2.6$  % bh) fue en general más elevado que el reportado en la bibliografía. Por ejemplo, Avallone et al. (1997) caracterizó la pulpa de la algarroba cultivada al sur de Italia y reportó valores de humedad entre 6 y 10 % bh. Simsek et al. (2017) analizó algarrobas salvajes y cultivadas en Turquía y reportó valores de humedad entre 7.1 y 12.1 % bh. Yousif & Alghzawi (2000) analizaron algarrobas obtenidas en Jordán y reportaron valores promedios de  $11.1 \pm 0.4$  % bh. Papaefstathiou et al. (2018), por otra parte, reportaron valores muy similares a los observados en las variedades mallorquinas (13.6-14.8 % bh) para algarrobas cultivadas en Chipre. En cuanto a la actividad de agua, no se encontraron valores bibliográficos sobre este parámetro en determinados en pulpa de algarroba.

El contenido de fructosa es muy similar al reportado por Avallone et al. (1997) (3-8 % bs) pero más alto que el observado por Petkova et al. (2017) ( $4.16 \pm 0.21$  % bs) e inferior al propuesto por Biner et al. (2007) para la algarroba turca ( $11.5 \pm 2.7$  % bs). La glucosa para las variedades mallorquinas varió entre 1.9-6.8 % bs, este rango es más amplio pero similar al reportado por Avallone et al. (1997) (3-5 % bs). Petkova et al. (2017) reportaron un valor promedio de  $3.25 \pm 0.42$  % bs y Biner et al. (2007) de  $3.3 \pm 1.6$  % bs, similares al reportado en este estudio ( $3.9 \pm 1.4$  % bs). La sacarosa es el azúcar más abundante de la pulpa de algarroba, las variedades mallorquinas presentaron un promedio de  $37.5 \pm 3.9$  % bs muy similar al promedio presentado por Avallone et al. (1997) ( $34 \pm 4$  % bs), Biner et al. (2007) ( $38.4 \pm 6.4$  % bs) y Petkova et al. (2017) ( $34 \pm 1$  % bs). El contenido total en azúcares ( $49.4 \pm 3.1$  % bs) fue similar al propuesto por Biner et al. (2007) para variedades turcas de algarroba ( $53.1 \pm 9.3$  % bs)

El contenido en proteína (3.2-5.0 % bs) es en general similar al publicado en otros estudios como el de Papaefstathiou et al. (2018) (5.0-5.4 % bs) Avallone et al. (1997) ( $3 \pm 2$  % bs), ligeramente más bajo que el reportado por Petkova et al. (2017) ( $5.90 \pm 0.10$  % bs) y por debajo de los reportados por Korkmaz et al. (2020) (3.7-7.0 % bs), Simsek et al. (2017) (6.1-9.1 %), y Yousif & Alghzawi (2000) ( $6.22 \pm 0.38$  % bs).

La fibra es uno de los principales componentes de la harina de pulpa de algarroba mallorquina (32.9-44.2 % bs). Los valores observados son similares a los reportados por Papaefstathiou et al. (2018) (32.3-40.8 % bs) Petkova et al. (2017) (30-36 % bs). Estos valores son en general más altos que los reportados por Yousif & Alghzawi (2000) ( $12.4 \pm 0.5$  % bs).

Margalef et al (2019) determinaron los contenidos en proteína, grasa, cenizas y fibra total en harina de algarroba negra (*Prosopis nigra*) obteniendo valores de 12.7 %, 4.8 %, 3.2 % y 16.5 %, respectivamente. Aunque estos resultados están expresados en base húmeda y los autores no indican el contenido en humedad de la harina, puede suponerse que por la naturaleza del producto, ésta era baja, por lo que se puede afirmar que los valores de proteína y grasa propuestos por dichos autores son considerablemente superiores (unas 3 y 17 veces superiores aproximadamente) y a los obtenidos para la algarroba de Mallorca, mientras que el contenido en fibra fue considerablemente inferior (menos de la mitad).

Comparando los resultados obtenidos en el presente proyecto, con 5 variedades de algarroba de Mallorca de la campaña 2023, con los presentados por Gálvez (2023) sobre 23 variedades de algarroba de Mallorca de la campaña 2022, se observa que:

- En relación a los azúcares, los contenidos en glucosa y sacarosa son coincidentes, mientras que en la campaña de 2022 se obtuvo un contenido en fructosa menor, solo del 2.6 %.
- Los contenidos en proteína, grasa y cenizas fueron muy similares.
- El contenido en fibra fue notablemente inferior (un 22 % inferior), debido a que la determinación de Gálvez se refiere a fibra dietética, y no a la total.

Tabla 5. Contenido en humedad, actividad de agua, composición química, minerales y antioxidantes de la algarroba de Mallorca. Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (mín) y máximo (máx).

ALGARROBA DE MALLORCA	media $\pm$	sd	mediana	int. tolerancia	mín	máx
Humedad vaina (% bh)	14.6 $\pm$	2.6	14.1	[9.7, 19.5]	9.4	18.8
Humedad harina (% bh)	11.4 $\pm$	1.2	11.3	[9.1, 13.6]	9.0	14.1
Actividad de agua	0.59 $\pm$	0.04	0.61	[0.51, 0.66]	0.53	0.66
Fructosa (% bs)	8.0 $\pm$	1.4	7.9	[5.3 10.7]	5.6	11.4
Glucosa (% bs)	3.9 $\pm$	1.4	3.7	[1.3 6.5]	1.7	6.8
Sacarosa (% bs)	37.5 $\pm$	3.9	37.1	[30.3 44.6]	29.8	45.1
Azúcares (% bs)	49.4 $\pm$	3.1	49.7	[43.5 55.2]	41.9	55.6
Proteína (% bs)	3.9 $\pm$	0.5	3.7	[3.0, 4.7]	3.2	5.0
Fibra (% bs)	37.6 $\pm$	3.2	36.5	[31.8, 43.5]	32.9	44.2
Grasa (% bs)	<0.28		<0.28	[<0.28, 0.55]	<0.28	0.63
Cenizas (% bs)	3.2 $\pm$	0.5	3.4	[2.3, 4.1]	1.6	4.1
Ca (mg/ 100 g bs)	318 $\pm$	106	317	[121, 514]	150	606
K (mg/ 100 g bs)	1164 $\pm$	228	1122	[742, 1587]	857	1756
Mg (mg/ 100 g bs)	43.6 $\pm$	13.2	43.4	[19.2, 68.0]	22.6	73.5
Na (mg/ 100 g bs)	14.1 $\pm$	8.6	14.1	[0, 30.0]	2.8	30.7
P (mg/ 100 g bs)	77.5 $\pm$	12.7	76.3	[54.0, 101.0]	44.9	113.5
Polifenoles totales (mg ag/g bs)	15.8 $\pm$	3.1	14.7	[10.1, 21.6]	11.7	24.6
Taninos (mg ag/g bs)	4.5 $\pm$	1.9	3.9	[1.1, 8.0]	2.2	10.4
AA (FRAP) (mg trolox/g bs)	34.2 $\pm$	7.3	31.6	[20.7, 47.7]	23.0	51.1
AA (ABTS) (mg trolox/g bs)	45.2 $\pm$	11.7	40.8	[23.5, 66.9]	28.5	77.4

bh: base húmeda, bs: base seca.

La grasa es un componente minoritario en la harina de pulpa de algarroba. Para las variedades mallorquinas analizadas se observó un valor  $< 0.28$  % bs. Papaefstathiou et al. (2018) y Yousif & Alghzawi (2000) reportaron valores entre 0.24-0.35 % bs muy similares a los observados en este estudio. Avallone et al. (1997) observó valores similares pero ligeramente superiores ( $0.6 \pm 0.1$  % bs), similares a los observados por Petkova et al. (2017) ( $0.53 \pm 0.05$  % bs).

El contenido en cenizas de las variedades mallorquinas fue similar a los valores propuestos en la bibliografía, con un promedio de  $3.2 \pm 0.5$  % bs. Papaefstathiou et al. (2018) reportó valores muy similares (3.3-3.5 % bs). Avallone et al. (1997) reportó una media de  $3 \pm 2$  % bs, Petkova et al. (2017) de  $2.25 \pm 0.02$  % bs y Yousif & Alghzawi (2000) de  $3.1 \pm 0.2$  % bs.

Para las variedades mallorquinas, el calcio fue uno de los minerales más abundantes con un promedio de  $318 \pm 106$  mg/100 g bs. Papaefstathiou et al. (2018) reportó valores de calcio entre

293-462 mg/100 g bs similares a los observados en este estudio. Kamal et al. (2013) analizaron harina de pulpa de algarroba cultivada en Aswan (Egipto) y reportaron también un valor alto en el contenido de calcio (212.3 mg/100 g bs), sin embargo, en otros estudios como en el de Fidan et al. (2019) en el que se caracterizó harina de pulpa de algarroba cultivada en Mersin (Turquía), el calcio no se menciona entre los minerales principales. Shawakfeh & Ereife, (2005) analizaron dos variedades (*siliqua* y *macrocarpa*) de algarroba (harina de la pulpa) cultivadas en Ajloun y Anjara en el Norte de Jordán ellos reportaron valores de calcio de 432-553 mg/100 g bs. El potasio fue el mineral más abundante en las variedades mallorquinas (1128 ± 228 mg /100 g bs). Papaefstathiou et al. (2018) reportó un rango de 1030-1088 mg/100 g bs muy parecido al observado en este estudio. El valor observado por Kamal et al. (2013) para este mineral fue más bajo (863.76 mg /100 g bs) pero también fue el mineral más abundante de todos los evaluados por dichos autores. Los autores Shawakfeh & Ereife, (2005) reportaron un valor similar para el potasio (1169-1463 mg /100 g bs) al observado en las variedades mallorquinas. El magnesio presentó valores de 43.6 ± 13.2 mg /100 g bs más bajos que los reportados por Shawakfeh & Ereife, (2005) (120-137 mg/100 g bs) y por Papaefstathiou et al. (2018) (62-67 mg/100 g bs) y más alto que los reportados por Fidan et al. (2019) (24.9 ± 228 mg /100 g bs). Se observó un contenido bajo en sodio (14.1 ± 8.6 mg /100 g bs), similar pero más alto al observado por Papaefstathiou et al. (2018) (3.6-10.6 mg /100 g bs). Shawakfeh & Ereife, (2005) y Kamal et al. (2013) reportaron un valor más alto para este mineral (44.5-60.8 mg /100 g bs) (50.5 mg /100 g bs). Por último, para el fósforo se observó una media de 77.5 ± 12.7 mg /100 g bs para las variedades mallorquinas. Este valor fue bastante más bajo al reportado por Kamal et al. (2013) (225.5 mg /100 g bs) mientras que Shawakfeh & Ereife, (2005) presentaron un rango muy amplio afectado por la variedad (55-236 mg /100 g bs). Los valores observados para las variedades mallorquinas fueron muy cercanos a los reportados por Papaefstathiou et al. (2018) (65-68 mg /100 g bs).

En cuanto al contenido de polifenoles, las variedades mallorquinas presentaron una media de 15.8 ± 3.1 mg GAE/g bs. Este valor se encuentra dentro del rango reportado por Bouzdoudi et al., (2016) que analizaron 8 variedades autóctonas de Marruecos obteniendo valores entre 10 y 22.75 mg GAE/g muestra bs. Por otra parte, Fidan et al. (2019) y Petkova et al., (2017) reportaron valores más bajos (4.53 ± 0.08 y 8.11 ± 1.15 mg GAE/ g bs, respectivamente). Richane et al., (2022) observaron valores más altos en su estudio donde analizaban 10 variedades de algarrobas cultivadas en Túnez (entre 25 y 61 mg GAE/g bs). Con respecto al contenido de taninos, las variedades mallorquinas presentaron una media de 4.5 ± 1.9 mg GAE/g bs, Richane et al., (2022) obtuvo un valor de “taninos condensados” entre 0.002 y 0.016 mg catequina equivalente/g bs, sin embargo debido a la diferencia en la metodología de determinación y a las unidades (en este estudio se usa mg equivalente de ácido gálico y no de catequina), la comparación es inadecuada. No se encontraron otros valores para pulpa de algarroba publicados en la bibliografía.

En el caso de la actividad antioxidante, se analizó mediante dos métodos diferentes (FRAP y ABTS). Según los resultados obtenidos mediante el método FRAP, la media de AA observada para las variedades mallorquinas sería 34.2 ± 7.3 mg TE/g bs, valor es más alto pero similar al reportado por Fidan et al. (2019) (27.3 ± 0.28 mg TE/g bs). El valor obtenido para las variedades mallorquinas se encuentra dentro del rango reportado por (Martić et al., (2022) para diferentes variedades croatas (29.81 – 51.45 mg TE/g bs). Según el método ABTS, el valor de la AA es de

45.2 ± 11.7 mg TE/g bs, este valor es notablemente más alto al reportado por Fidan et al. (2019) (16.2 ± 1.0 mg TE/g bs) según el mismo método.

## 5.4 Caracterización sensorial de la algarroba de Mallorca

A continuación se incluye el resultado de la caracterización sensorial cualitativa realizada sobre la pulpa de la algarroba de Mallorca.

- Vainas alargadas, en ocasiones con forma curvada, retorcida y coriácea.
- Color entre marrón oscuro y muy oscuro, en general bastante uniforme, encontrando algunas zonas ligeramente más claras.
- Superficie lisa, suave y aterronada.
- Estructura dura y seca, pero algo frágil longitudinalmente, especialmente en las vainas curvadas.
- Olor intenso y persistente, con notas de caramelo, dulce y tostado, con ligero toque de anís.
- Textura dura, seca y fibrosa en boca, y algo gomosa.
- Sabor dulce, aromático y penetrante, con notas de caramelo, cacao, regaliz, anís y dulce de leche, con una ligera sensación astringente en boca.
- Persistencia intensa del aroma.

## 5.5 Influencia de la zona geográfica

A partir de la información bibliográfica recabada sobre las características de la algarroba cultivada en otras zonas geográficas, se han construido la Tabla 6 (comparación de las características morfológicas) y la Tabla 7 (comparación de la composición química). No se ha encontrado información bibliográfica relevante sobre el color de la algarroba.

En función de dicha información, puede decirse que la vaina de la algarroba de Mallorca presenta unas dimensiones medias, en general, de mayor tamaño que las de Marruecos, pero menor que las de Croacia. Respecto a los datos sobre las dimensiones de las semillas, no son concluyentes.

Por otro lado, probablemente debido a la elevada humedad relativa de la isla de Mallorca, la algarroba de Mallorca presenta un contenido en humedad elevado en comparación con otras algarrobas originarias del sur de Italia, Turquía o Jordania. El contenido en fructosa y sacarosa parece estar situado en el rango superior en comparación con algarrobas de otras zonas geográficas mientras que el contenido en proteína resulta claramente inferior al de la mayoría, especialmente al de las provenientes de Bulgaria y Jordania. En cuanto al contenido en fibra total, la algarroba de Mallorca parece situarse en los márgenes superiores.

Dado que la información bibliográfica sobre las características morfológicas y físico-químicas de la algarroba en general es limitada y que parece existir un efecto elevado de la variedad sobre ellas, se decidió analizar algarrobas de las mismas variedades seleccionadas en el presente

estudio pero cultivadas en otra zona geográfica. Gracias a la colaboración del IRFAP y de la organización nacional Empresas Innovadoras Garrofa (EiG), quienes gestionaron la selección y envío de las muestras a los laboratorios del grupos de Ingeniería Agroalimentaria de la UIB.

Se analizaron las mismas características morfológicas y físico-químicas en muestras de algarroba cultivadas en Tarragona, de las variedades Bugadera, Duraió y H2-12. En el [anexo 2](#) se han incluido los resultados, en forma de medias y desviaciones estándar, de las distintas características medidas en la algarroba de Mallorca (Bugadera, Duraió y H2-12) y de las cultivadas en la zona de Tarragona (mismas variedades). En el [anexo 3](#), se detallan los valores medios para todas las variables estudiadas, distinguiendo entre variedades y zona de cultivo, e incluyendo también el resultado de la comparación estadística entre grupos.

Tabla 6. Comparación de las características morfológicas de las algarrobas de Mallorca con los valores reportados en la bibliografía para algarrobas de diferentes partes del mundo

PARÁMETRO	Mallorca (Este estudio)	Albanell et al. (1990)	Benković et al. (2016)	Korkmaz et al. (2020)	Kahkahi & Chitt (2014)	Barracosa et al. (2007)	Naghmouchi et al., 2009	Biner et al., 2007
Origen	Mallorca	España	Croacia	Turquía	Marruecos	Algarve (Portugal)	Túnez	Turquía
Variedad	Descrita en el texto	No se indica	Ceratonia siliqua tipo 'Komiza'	36 genotipos de algarroba silvestre	No se indica	15 variedades locales	19 variedades locales	22 variedades locales
Longitud de la vaina (cm)	15.3 ± 1.9	15.8 ± 0.2	17.6 ± 0.1	12.9 - 20.7	10.2 - 16.6	12.9 ± 2.1	16.9	17.7 ± 0.3
Ancho de la vaina (mm)	19.0 ± 2.1	21.1 ± 0.2	26.6 ± 0.1	14.3 - 23.1	12.1 - 18.1	20.5 ± 1.7	20.5	22.9 ± 0.2
Espesor de la vaina (mm)	6.9 ± 1.5	8.5 ± 0.1	7.6 ± 0.1	4.6 - 8.4	4.5 - 8.7	9.0 ± 1.2	8.3	9.5 ± 0.2
Masa de la vaina (g)	12.8 ± 3.9	-	29.0 ± 0.4	8.3 - 29.5	-	18.7 ± 3.6	16.4	24.7 ± 0.6
Núm. Semillas	12 ± 2	3 - 15	-	-	8 - 14	12 ± 1	12	10.8 ± 0.3
Masa de las semillas (g)	2.2 ± 0.4	-	-	1.1 - 3.4	-	-	-	-
Rendimiento en semillas (%)	14.3 ± 1.6	-	-	10.2 ± 1.5	-	13.1 ± 2.1	17.2	7.8 ± 0.4
Masa de la semilla (mg)	186.5 ± 18.8	-	180 ± 10	-	-	192 ± 19 <sup>1</sup>	200	193 ± 9
Volumen (mm <sup>3</sup> )	142.8 ± 13.1	-	83.8	-	-	-	-	-
Área proyectada (mm <sup>2</sup> )	51.6 ± 7.9	-	98.3	-	-	-	-	-
Diám. de feret (mm)	9.6 ± 1.0	-	8.6 ± 0.1	-	7.2	9.6 ± 0.4	9.1	-

<sup>1</sup> Medida con las tres semillas más grandes de cada vaina

Tabla 7. Comparación de la composición química de las algarrobas de Mallorca con los valores reportados en la bibliografía para algarrobas de diferentes partes del mundo

PARÁMETRO	Mallorca (este estudio)	Avallone et al. (1997)	Simsek et al. (2017)	Yousif & Alghzawi (2000)	Papaefstathiou et al. (2018)	Petkova et al. (2017)	Korkmaz et al. (2020)	Biner et al., 2007	Frühbauerova et al., (2022)
<b>Variedad</b>	Indicado en el texto	No se indica	No se indica	No se indica	No se indica	No se indica	36 silvestres	22 locales	No se indica
<b>Origen</b>	Mallorca, España	Sur de Italia	Turquía	Jordania	Chipre	Bulgaria	Turquía	Turquía	Rep. Checa
Humedad vaina (% bh)	14.6 ± 2.6	6-10	7.1-12.1	11.1 ± 0.4	13.6-14.8	-	-	-	-
Fructosa (% bs)	8.0 ± 1.4	3-8	-	-	-	4.16 ± 0.21	-	11.5 ± 2.7	-
Glucosa (% bs)	3.9 ± 1.4	3-5	-	-	-	3.25 ± 0.42	-	3.3 ± 1.6	-
Sacarosa (% bs)	37.5 ± 3.9	34 ± 4	-	-	-	34 ± 1	-	38.4 ± 6.4	-
Azúcares (% bs)	49.4 ± 3.1	-	-	-	-	-	-	53.1 ± 9.3	-
Proteína (% bs)	3.9 ± 0.5	3 ± 2	6.1-9.1	6.22 ± 0.38	5.0-5.4	5.90 ± 0.10	3.7 – 7.0	-	-
Fibra total (% bs)	37.6 ± 3.2	-	-	12.4 ± 0.5	32.3-40.8	30-36	4.9-7.7 <sup>2</sup>	-	-
Grasa (% bs)	<0.28	0.6 ± 0.1	-	0.24-0.35	0.24-0.35	0.53 ± 0.05	-	-	-
Cenizas (% bs)	3.2 ± 0.5	3 ± 2	-	3.1 ± 0.2	3.3-3.5	2.25 ± 0.02	-	-	-
Ca (mg/100 g bs)	318 ± 106	-	-	432-553	293-462	-	-	-	-
K (mg/100 g bs)	1164 ± 228	-	-	-	1030-1088	-	-	-	-
Mg (mg/100 g bs)	43.6 ± 13.2	-	-	-	62-67	-	-	-	-
Na (mg/100 g bs)	14.1 ± 8.6	-	-	-	3.6-10.6	-	-	-	-
P (mg/100 g bs)	77.5 ± 12.7	-	-	-	65-68	-	-	-	-
Polifenoles (mg AG/g dm)	15.8 ± 3.1	-	-	-	-	-	-	-	6.5 ± 0.1
AA (ABTS) (mg Trolox/g dm)	45.2 ± 11.7	-	-	-	-	-	-	-	28.6 ± 2.9

<sup>2</sup> Fibra dietética (%)

### 5.5.1 Comparación mediante análisis univariable

En las figuras siguientes (de la Figura 56 a la Figura 65), se muestran los diagramas de caja de las variables morfológicas y fisicoquímicas de la algarroba de Mallorca (variedades Bugadera, Duraió y H2-12) y de las cultivadas en la zona de Tarragona (mismas variedades).

Como puede observarse en la Figura 56, se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las variables morfológicas longitud, ancho y espesor, entre la algarroba de Mallorca (variedades Bugadera, Duraió y H2-12) y de las cultivadas en la zona de Tarragona, siendo la algarroba mallorquina ligeramente más corta, más ancha y también más estrecha. No se observan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en la altura del valle ni en la masa de la vaina.

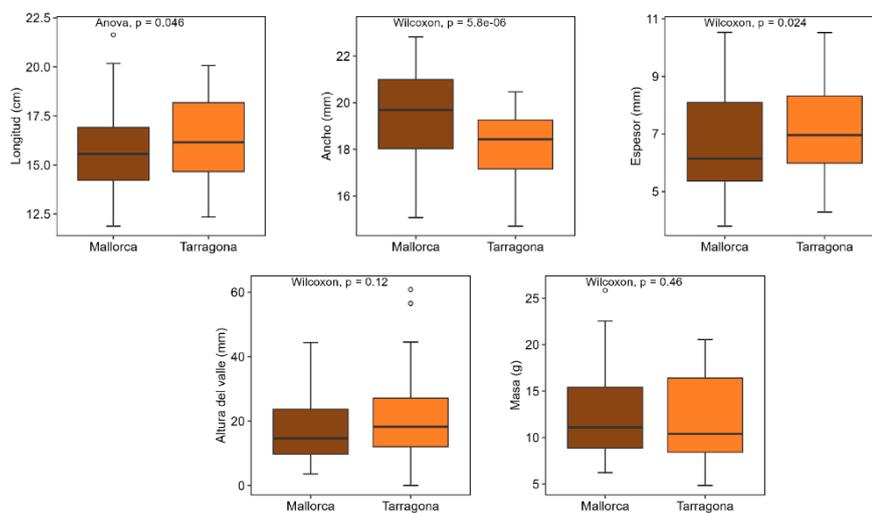


Figura 56. Características morfológicas de la vaina. Comparación entre la algarroba de Mallorca y la algarroba cultivada en la zona de Tarragona.

Con respecto a las variables morfológicas de las semillas (Figura 57), las diferencias significativas entre los dos grupos se observaron únicamente en el número de semillas, la masa total de semillas en una vaina y el rendimiento en semillas (inferiores en la algarroba de Mallorca).

Se llevó a cabo un ANOVA de dos vías, considerando la variedad de algarroba y la zona de cultivo, para evaluar la existencia de diferencias significativas entre la algarroba de Mallorca y la cultivada en Tarragona, con respecto a las variables morfológicas. Los resultados se muestran en la Tabla 8. Se observa que el efecto de la variedad es significativo en todas las variables excepto en la altura del valle y en el número de semillas. En cambio, la zona de cultivo presentó diferencias significativas únicamente en la longitud, ancho y espesor de la vaina, en el número y la masa de las semillas de una vaina, el rendimiento en semillas y en el índice de circularidad. El último bloque de la Tabla 8. muestra, mediante el valor de  $p$ , la existencia o no de diferencias entre las algarrobas de ambas zonas para una misma variedad (Bu: Bugadera; Du: Duraió). Se observa que las algarrobas de la variedad Bugadera fueron significativamente diferentes en el ancho y la masa de la vaina, en el rendimiento en semillas y en el diámetro de Feret de las semillas; las de la variedad Duraió, en la longitud y el ancho de la vaina, el número y masa de las semillas de una vaina, el rendimiento en semillas y en el área y diámetro de Feret de las semillas;

la variedad H2-12 fue la que presentó menores diferencias, resultando significativas únicamente respecto al ancho de la vaina y al diámetro de Feret de la semilla.

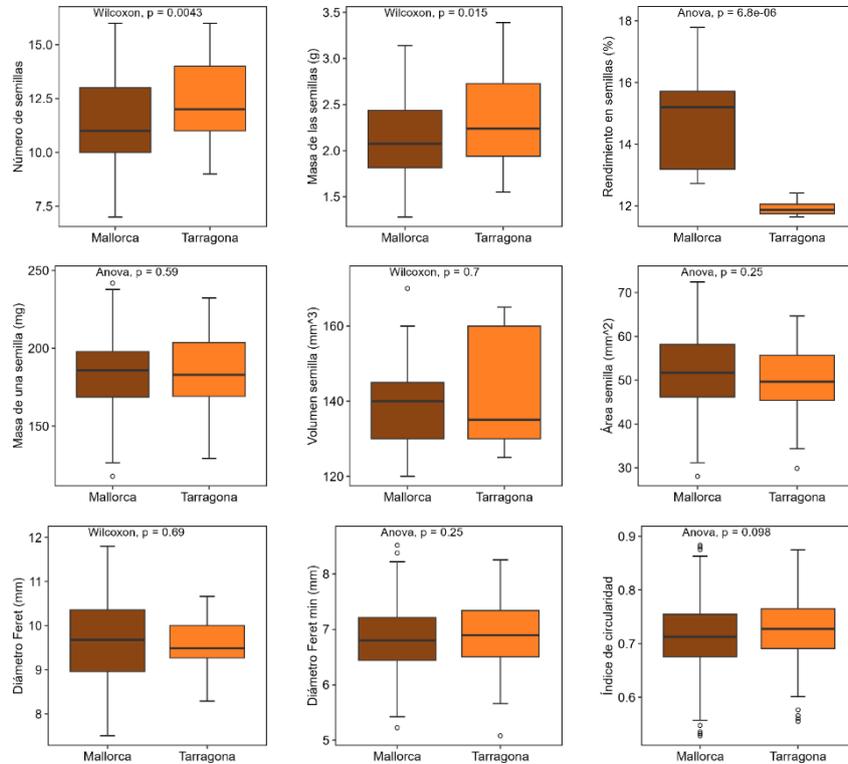


Figura 57. Características morfológicas de las semillas. Comparación entre la algarroba de Mallorca y algarroba cultivada en la zona de Tarragona.

Tabla 8. ANOVA de dos vías (Variedad y Zona) con interacción. Variables morfológicas. Comparación entre la algarroba de Mallorca de las variedades Bugadera, Duraió y H2-12 con las cultivadas en la zona de Tarragona.

	Variedad		Zona		Interacción		Diferencias Mallorca-Tarragona		
	F	p	F	p	F	p	Bu	Du	H2-12
Longitud	17.3	***	5.4	*	8.9	***	ns	**	ns
Ancho	25.9	***	35.6	***	13.2	***	***	*	ns
Espesor	183.4	***	16.8	***	2.3	ns	ns	ns	*
Altura del valle	2.7	ns	3.1	ns	2.7	ns	ns	ns	ns
Masa	151.4	***	1.5	ns	8.2	***	**	ns	ns
Núm. semillas	2.9	ns	10.9	**	3.1	*	ns	**	ns
Masa semillas	16.9	***	10.4	**	9.7	***	ns	***	ns
Redimiento semillas	60.0	***	145.9	***	13.0	***	***	***	*
Masa semilla	25.9	***	0.4	ns	10.0	***	ns	ns	ns
Volumen semilla	28.1	***	0.1	ns	4.6	*	ns	ns	ns
Área semilla	4.2	*	1.5	ns	21.2	***	ns	***	***
Diám. Feret	20.2	***	0.6	ns	11.1	***	***	ns	ns
Diám. Feret mín	16.6	***	1.5	ns	14.9	***	ns	***	ns
Índice circularidad	79.4	***	3.9	*	0.2	ns	ns	ns	ns

p<0.001: \*\*\*; p<0.01: \*\*; p<0.05: \*; p>0.05: ns

En cuanto al color, se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las variables  $L^*$  exterior, interior, y de la harina,  $b^*$  interior y Cromat\* interior, entre la algarroba de Mallorca (variedades Bugadera, Duraió y H2-12) y de las cultivadas en la zona de Tarragona, siendo la algarroba mallorquina ligeramente más luminosa y con una mayor contribución del amarillo en su interior, si bien esto no se traduce en diferente color de la harina. No se observan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el resto de variables evaluadas.

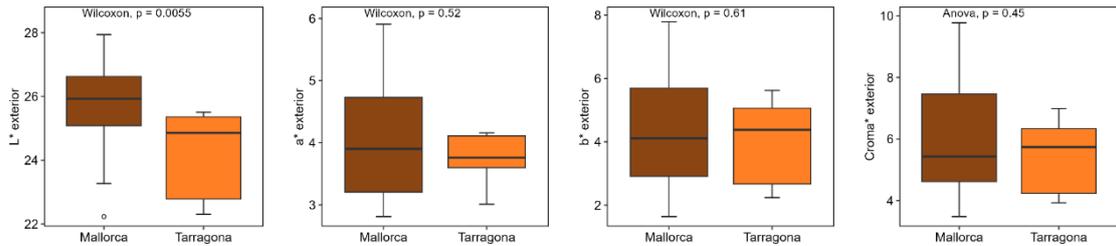


Figura 58. Color exterior de las vainas. Comparación entre la algarroba de Mallorca y la algarroba cultivada en la zona de Tarragona.

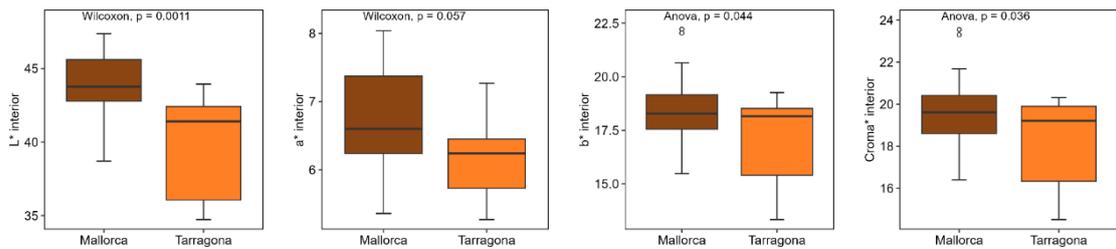


Figura 59. Color interior de las vainas. Comparación entre la algarroba de Mallorca y la algarroba cultivada en la zona de Tarragona.

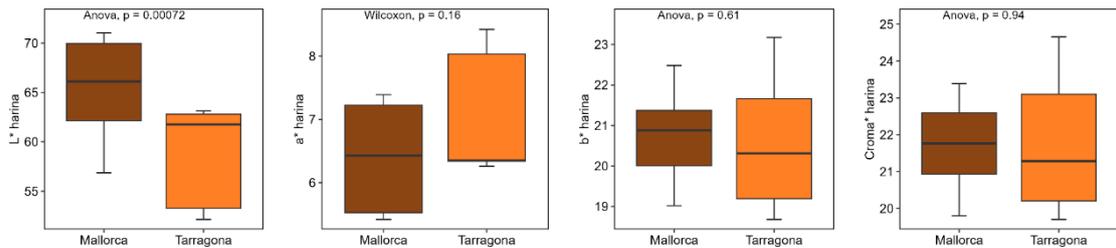


Figura 60. Color de la harina. Comparación entre la algarroba de Mallorca y la algarroba cultivada en la zona de Tarragona.

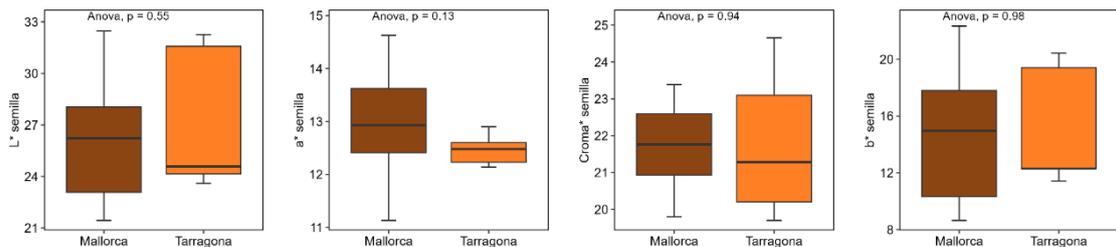


Figura 61. Color de las semillas. Comparación entre la algarroba de Mallorca y la algarroba cultivada en la zona de Tarragona.

Los resultados del ANOVA de dos vías, considerando la variedad de algarroba y la zona de cultivo, para evaluar la existencia de diferencias significativas entre la algarroba de Mallorca y la cultivada en Tarragona, con respecto a las variables de color, se muestran en la Tabla 9. Se observa en general pocas diferencias y la mayoría de las observadas son en la variedad Bugadera; las de la variedad Duraíó, no presentaron ninguna diferencia significativa respecto al color; y la variedad H2-12, solo en la coordenada de color a\* de la semilla.

Tabla 9. ANOVA de dos vías (Variedad y Zona) con interacción. Variables de color. Comparación entre la algarroba de Mallorca de las variedades Bugadera, Duraíó y H2-12 con las cultivadas en la zona de Tarragona.

	Variedad		Zona		Interacción		Diferencias Mallorca-Tarragona		
	F	p	F	p	F	p	Bu	Du	H2-12
L* exterior	3.2	ns	9.6	**	1.2	ns	ns	ns	ns
a* exterior	1.7	ns	1	ns	2.4	ns	ns	ns	ns
b* exterior	0.9	ns	0.4	ns	2.1	ns	ns	ns	ns
C* exterior	0.1	ns	0.6	ns	2.3	ns	ns	ns	ns
L* interior	10.7	***	39.8	***	19.2	***	***	ns	ns
a* interior	1.8	ns	4.1	ns	0.9	ns	ns	ns	ns
b* interior	0.4	ns	6.5	*	10.1	***	**	ns	ns
C* interior	0.6	ns	6.8	*	8.7	**	**	ns	ns
L* harina	4.9	*	18.5	***	2.8	ns	**	ns	ns
a* harina	2	ns	4.4	*	4.9	*	**	ns	ns
b* harina	28.8	***	0.7	ns	4.6	*	ns	ns	ns
C* harina	21.7	***	0	ns	1.7	*	ns	ns	ns
L* semilla	102.1	***	2.7	ns	10.5	***	ns	ns	ns
a* semilla	23.9	***	7.4	*	14.4	***	ns	ns	***
b* semilla	124	***	0	ns	8.9	***	*	ns	ns
C* semilla	108.6	***	0.3	ns	7.3	**	ns	ns	ns

p<0.001: \*\*\*; p<0.01: \*\*; p<0.05: \*; p>0.05: ns

La Figura 62 muestra los diagramas de caja del contenido en humedad y la actividad de agua de la algarroba de Mallorca y de la cultivada en Tarragona. Aunque las diferencias entre los grupos resultaron significativas en ambos parámetros, las muestras de algarroba de Mallorca presentaron una amplia dispersión. Sin embargo, las diferencias observadas en el contenido en humedad no pueden atribuirse a la zona de cultivo, Mallorca o Tarragona, en ninguna de las tres variedades (Tabla 10).

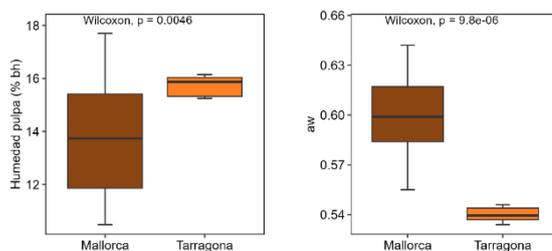


Figura 62. Contenido en humedad y actividad de agua. Comparación entre la algarroba de Mallorca y la algarroba cultivada en la zona de Tarragona.

Con respecto al resto de las variables químicas, solo se observaron diferencias significativas entre la algarroba de Mallorca y la cultivada en Tarragona, en el contenido en proteína ( $p < 0.001$ ), siendo significativamente superior en las muestras cultivadas en Tarragona, y en el contenido en sodio ( $p < 0.001$ ), siendo significativamente superior en la algarroba de Mallorca. De acuerdo con el ANOVA de dos vías (Tabla 10), esta diferencia en el contenido en proteína se dio únicamente en las variedades Duraió y H2-12, mientras que la diferencia en el contenido en sodio se observó en la variedad H2-12. También se detectaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el contenido en fructosa de las algarrobas de la variedad Bugadera de Mallorca y de Tarragona.

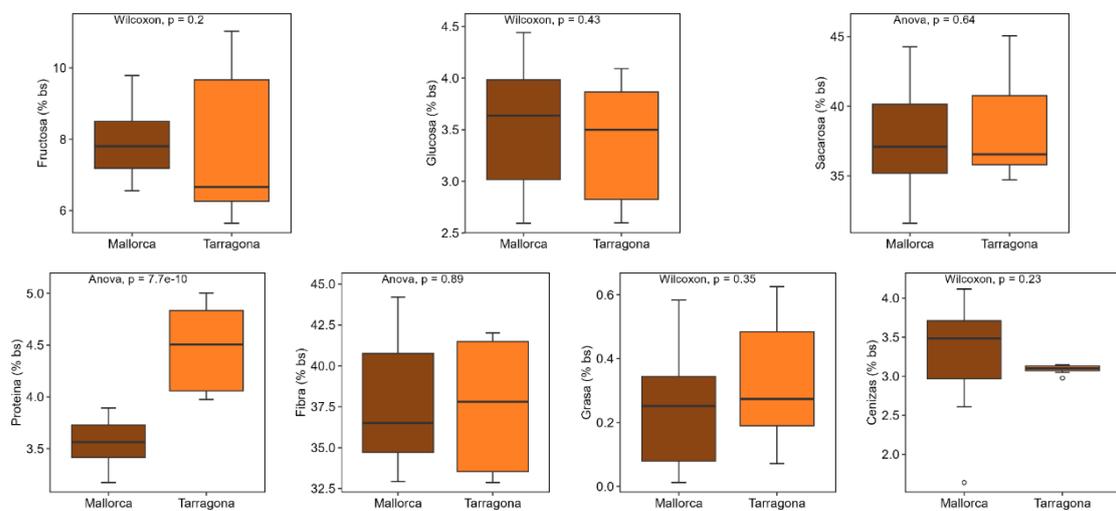


Figura 63. Composición química. Comparación entre la algarroba de Mallorca y la algarroba cultivada en la zona de Tarragona.

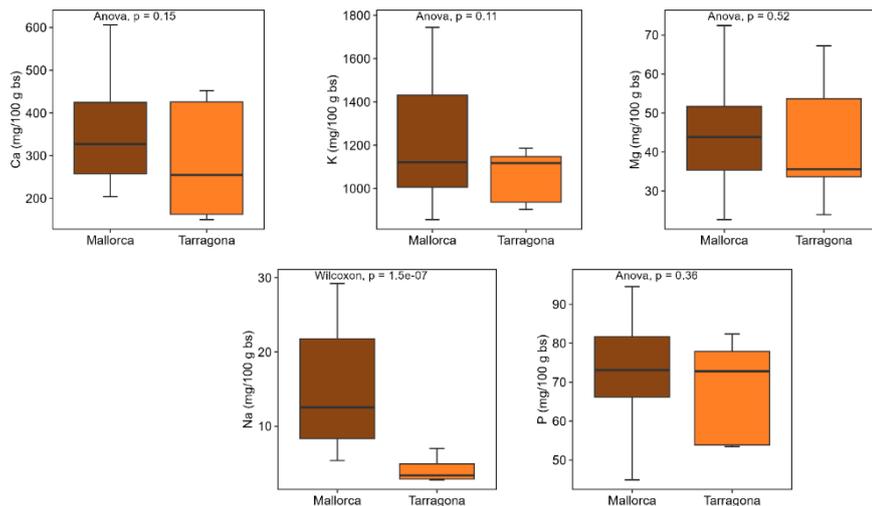


Figura 64. Contenido en minerales. Comparación entre la algarroba de Mallorca y la algarroba cultivada en la zona de Tarragona.

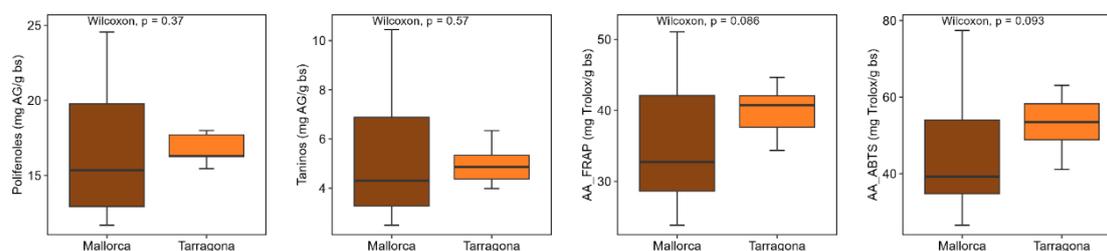


Figura 65. Contenido en polifenoles, taninos y actividad antioxidante (métodos FRAP y ABTS). Comparación entre la algarroba de Mallorca y la algarroba cultivada en la zona de Tarragona.

Tabla 10. ANOVA de dos vías (Variedad y Zona) con interacción. Variables de químicas y actividad de agua. Comparación entre la algarroba de Mallorca de las variedades Bugadera, Duraió y H2-12 con las cultivadas en la zona de Tarragona.

	Variedad		Zona		Interacción		Diferencias Mallorca-Tarragona		
	F	p	F	p	F	p	Bu	Du	H2-12
Humedad pulpa	1.1	ns	7.5	*	0.1	ns	ns	ns	ns
Actividad de agua	0.6	ns	41	***	0.4	ns	*	**	*
Fructosa	14.7	***	0.5	ns	11.5	***	*	ns	ns
Glucosa	4.4	*	0.9	ns	6.3	**	ns	ns	ns
Sacarosa	34.3	***	0.7	ns	1.9	ns	ns	ns	ns
Azúcares	15.4	***	0.1	ns	0.2	ns	ns	ns	ns
Proteína	2.5	ns	131.6	***	14	***	ns	***	***
Fibra	19.1	***	0	ns	1.1	ns	ns	ns	ns
Grasa	6.9	**	1.1	ns	2.5	ns	ns	ns	ns
Cenizas	2.1	ns	1.9	ns	0.5	ns	ns	ns	ns
Ca	12.8	***	4	ns	4.2	*	ns	ns	ns
K	0.5	ns	2.5	ns	0.5	ns	ns	ns	ns
Mg	4.5	*	0.5	ns	2.4	ns	ns	ns	ns
Na	1.3	ns	18.7	***	0.3	ns	ns	ns	*
P	19.2	***	1.8	ns	1.1	ns	ns	ns	ns
Polifenoles	6.5	**	0.1	ns	1.1	ns	ns	ns	ns
Taninos	13.5	***	0.1	ns	1.3	ns	ns	ns	ns
AA (FRAP)	13.3	***	6	*	2.2	ns	ns	ns	ns
AA (ABTS)	4.2	*	1.4	ns	0.2	ns	ns	ns	ns

p<0.001: \*\*\*; p<0.01: \*\*; p<0.05: \*; p>0.05: ns

### 5.5.2 Comparación mediante análisis multivariable

A continuación, se presenta un estudio estadístico multivariable con el objetivo de evaluar la existencia de diferencias entre la algarroba de Mallorca y la de Tarragona, de acuerdo a las variables morfológicas, de color, de composición química y de compuestos antioxidantes. En este estudio, se han utilizado los resultados correspondientes a las muestras de algarroba de Mallorca y de Tarragona de las variedades Bugadera, Duraió y H2-12.

A partir de los resultados obtenidos en el ANOVA de dos vías, presentados en las Tabla 8, Tabla 9, y Tabla 10, se redujo el conjunto de variables, de 48 a 38, seleccionando únicamente aquellas en las que se obtuvieron diferencias significativas entre las muestras por variedad (Bugadera, Duraió o H2-12) o por zona (Mallorca o Tarragona).

Con el objeto de determinar las variables con elevadas correlaciones entre sí, se procedió a calcular la matriz de correlaciones. La matriz completa resulta demasiado grande (38x38), por lo que se presentan las matrices de correlación de las variables morfológicas (Figura 66), de las variables de color (Figura 67), y de las variables químicas (Figura 68). Se han indicado en color marrón las correlaciones positivas entre variables, con mayor intensidad cuanto más cercana es la correlación a 1, y en color azul, las correlaciones negativas con mayor intensidad cuanto más cercana es la correlación a -1.

Como puede observarse en dichas figuras, se han obtenido numerosas correlaciones elevadas:

En las variables morfológicas:

- La longitud de la vaina se correlaciona positivamente con todas las variables excepto con el Rendimiento.
- La masa de la vaina, se correlaciona positivamente con el ancho y el espesor,
- EL número de semillas se correlaciona positivamente con la masa de semillas de una vaina, como era de esperar, y ambas con la longitud,
- El rendimiento solo se correlaciona positivamente con el ancho de la vaina,
- El diámetro de Feret se correlaciona positivamente con el área proyectada de la semilla, al igual que el diámetro de Feret mínimo, si bien este último se correlaciona también con el número y la masa de las semillas de una vaina.

En las variables de color:

- Las del interior se correlacionan positivamente entre ellas con L\* de la harina, y negativamente con el resto de variables de color de la harina
- Las de la semilla, solo se correlacionan entre ellas, y lo hacen positivamente.

Las variables químicas:

- No se observan correlaciones importantes entre los azúcares (fructosa, glucosa, sacarosa y azúcares totales), pero sí entre el contenido en sacarosa y azúcares totales, con la fibra, con correlaciones elevadas negativas.
- Proteína se correlaciona negativamente con sodio y aw

Para evitar redundancia excesiva en los datos a la hora de llevar a cabo el análisis de componentes principales (ACP), se eliminan variables muy correlacionadas, reduciendo el conjunto de variables, de 38 a 12. Las variables seleccionadas, tanto por su capacidad discriminante como por estar muy correlacionadas con otras descartadas fueron.

- variables morfológicas: longitud, ancho y espesor de la vaina, y rendimiento y diámetro de Feret
- variables de color: L\* interior, de la harina y de la semilla
- variables químicas: Sacarosa, proteína, Na, y polifenoles

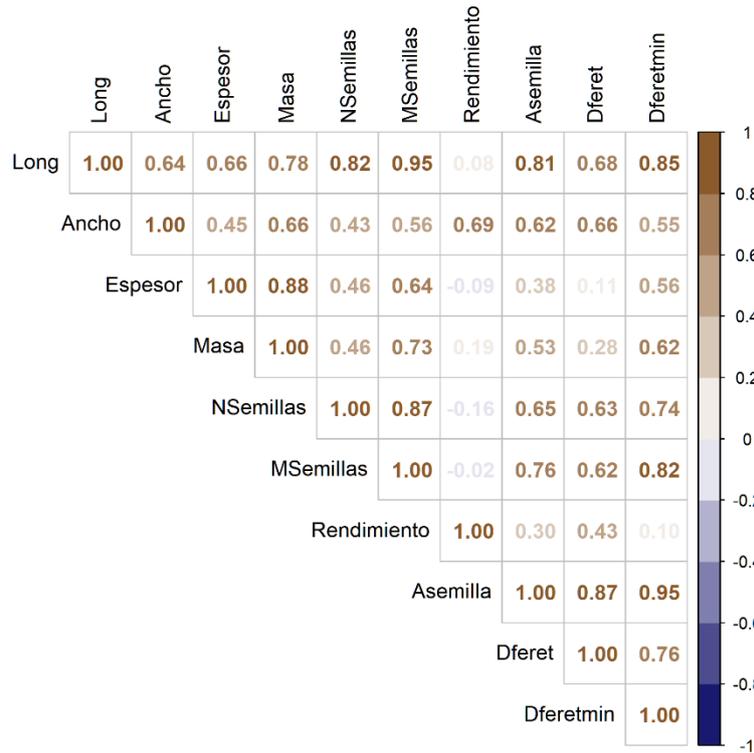


Figura 66. Matriz de correlaciones entre las variables significativas morfológicas. Muestras de algarroba de Mallorca y de Tarragona de las variedades Bugadera, Duraió y H2-12.

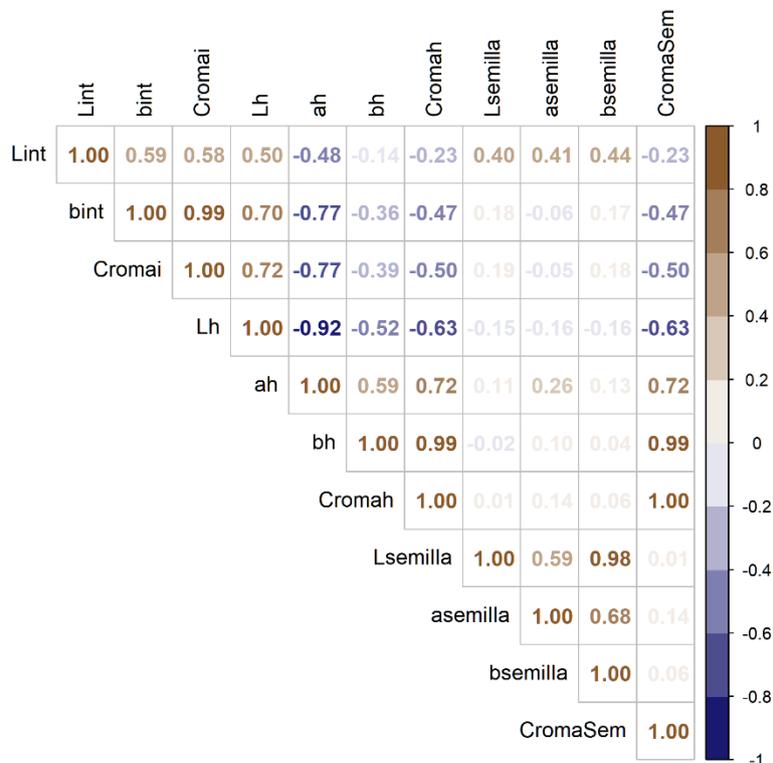


Figura 67. Matriz de correlaciones entre las variables significativas de color. Muestras de algarroba de Mallorca y de Tarragona de las variedades Bugadera, Duraió y H2-12.

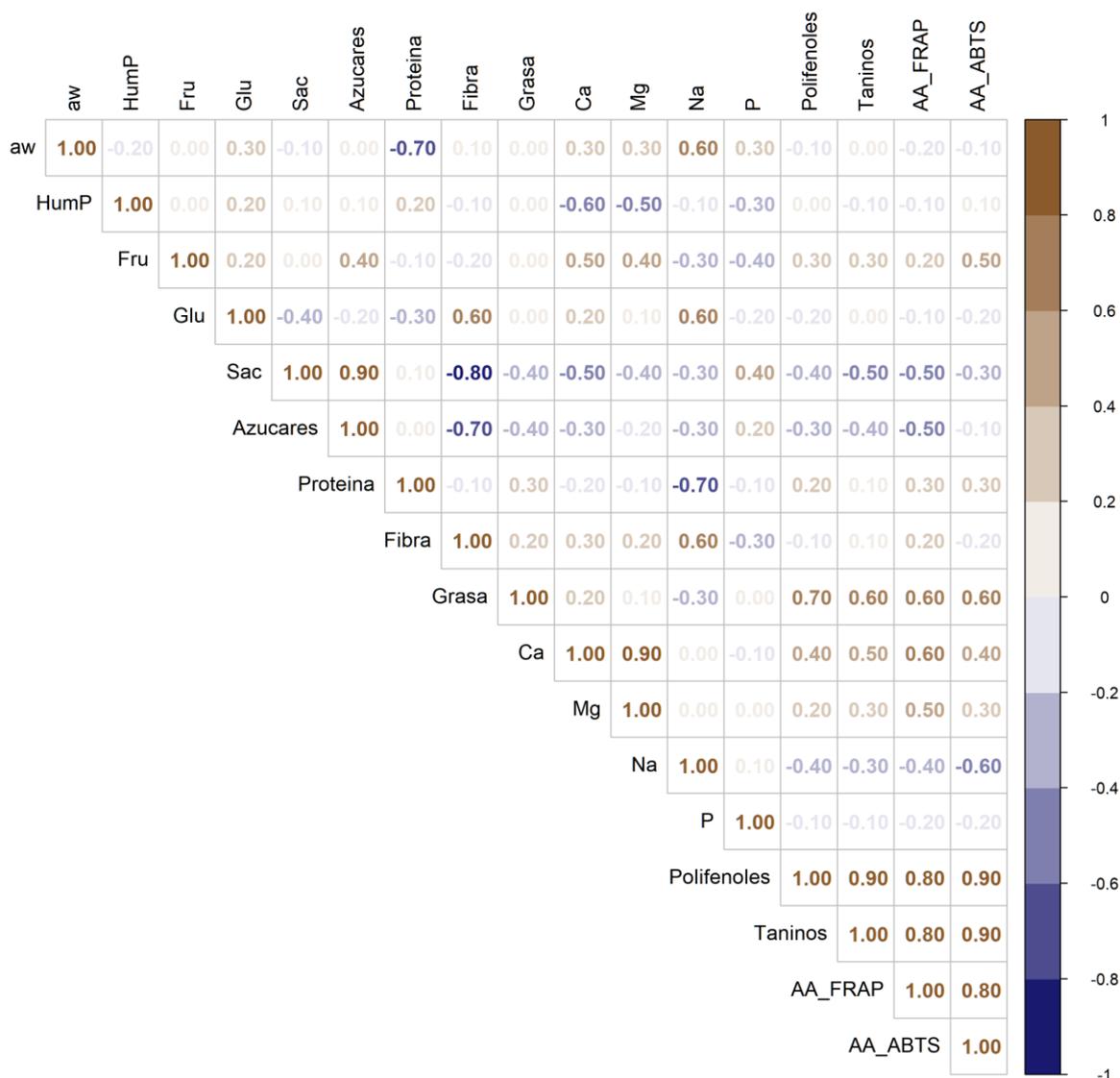


Figura 68. Matriz de correlaciones entre las variables significativas químicas. Muestras de algarroba de Mallorca y de Tarragona de las variedades Bugadera, Duraió y H2-12.

A continuación, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP) con las 12 variables seleccionadas, y utilizando la función PCA del paquete de R *FactoMineR*, en el que se escalan previamente las variables a varianza igual a 1 para normalizar el rango de las variables. De esta manera, todas las variables tienen la misma desviación estándar, por lo tanto, todas las variables tienen el mismo peso.

En la Tabla 11 se muestran los coeficientes de los tres primeros componentes principales, y en la Figura 69, la contribución de cada variable a los tres primeros componentes principales (Dim1, Dim2 y Dim3). La línea roja discontinua indica el valor medio de contribución. Para una determinada componente, una variable con una contribución mayor a este límite puede

considerarse importante a la hora de contribuir a esta componente. Como puede observarse, las variables morfológicas de la vaina, presentaron coeficientes elevados en el primer componente principal, junto con los contenidos en sacarosa y polifenoles y L\* de la semilla ; mientras que, en el segundo, las variables con mayor contribución fueron los contenidos en sodio y proteína, el rendimiento en semilla y L\* interior; en el tercer componente principal, se observan contribuciones importantes de L\* de la harina, diámetro de Feret, de nuevo el contenido en proteína y L\* de la semilla.

Tabla 11. ACP. Coeficientes de los tres primeros componentes principales. Muestras de algarroba de Mallorca y de Tarragona.

Variable	Dim1	Dim2	Dim3
<i>Longitud</i>	<b>0.76</b>	-0.12	-0.36
<i>Ancho</i>	<b>0.85</b>	0.24	0.01
<i>Espesor</i>	<b>0.74</b>	<b>-0.48</b>	0.09
<i>Rendimiento</i>	0.50	<b>0.65</b>	0.23
<i>Diámetro de Feret</i>	<b>0.55</b>	0.39	<b>-0.61</b>
<i>L* interior</i>	-0.09	<b>0.58</b>	0.27
<i>L* harina</i>	0.07	0.00	<b>0.82</b>
<i>L* semilla</i>	<b>-0.63</b>	0.34	<b>-0.44</b>
<i>Sacarosa</i>	<b>0.77</b>	-0.44	0.29
<i>Proteína</i>	-0.14	<b>-0.66</b>	<b>-0.46</b>
<i>Na</i>	0.17	<b>0.80</b>	-0.09
<i>Polifenoles</i>	<b>-0.67</b>	-0.12	0.26

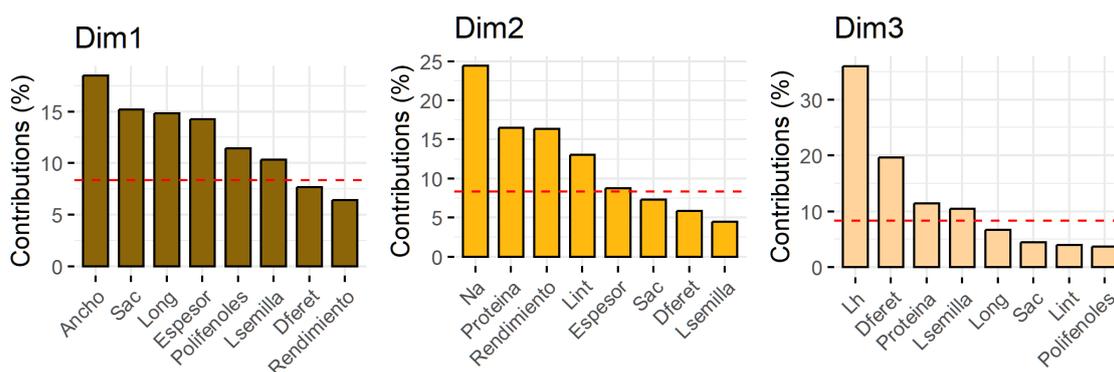


Figura 69. ACP. Contribución de las variables a los tres primeros componentes principales (Dim1, Dim2 y Dim3). Muestras de algarroba de Mallorca y de Tarragona.

En la Tabla 12 se muestra la varianza, el porcentaje de varianza explicada por los 12 componentes principales y la varianza acumulada. El primer componente principal (Dim1) explicó el 32.4 % de la varianza, mientras que el segundo (Dim2) explicó el 21.8 %, sumando ambos componentes aproximadamente el 54.2 % de la varianza. La Figura 70 muestra la varianza explicada y el porcentaje de varianza explicada acumulada por cada componente principal

mediante un *scree plot* (función *fviz\_screplot* del paquete *factoextra* de R). Se observa que los tres primeros componentes principales explican el 69.9 % de la varianza.

Tabla 12. ACP. Porcentaje de varianza explicada por los 14 componentes principales. Muestras de algarroba de Mallorca y de Tarragona.

Dimensión	Varianza	%Varianza Explicada	% Varianza Explicada Acumulada
1	3.9	32.4	32.4
2	2.6	21.8	54.2
3	1.9	15.7	69.9
4	1.6	13.7	83.7
5	0.9	7.6	91.2
6	0.5	3.9	95.1
7	0.2	1.7	96.8
8	0.1	1.1	97.9
9	0.1	0.9	98.8
10	0.1	0.7	99.4
11	0.0	0.3	99.8
12	0.0	0.2	100.0

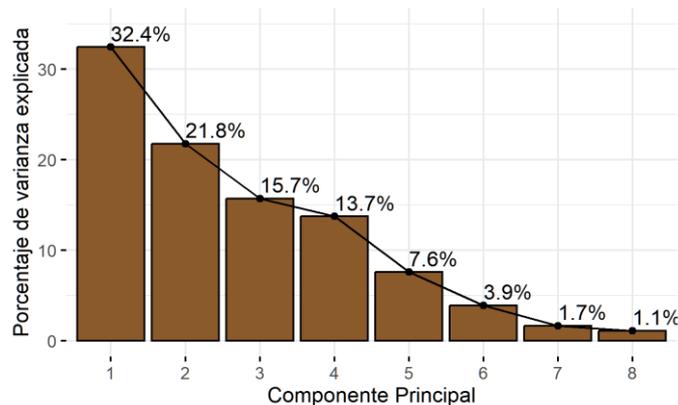


Figura 70. ACP. Porcentaje de varianza explicada por cada componente principal. Muestras de algarroba de Mallorca y de Tarragona.

En la Figura 71 (izq.) se representan las variables en el espacio Dim2-Dim1. En este tipo de gráfico, además de indicarse el % de varianza explicada por el primer (Dim1) y segundo componente (Dim2), las variables positivamente correlacionadas se agrupan juntas o próximas, mientras que las negativamente correlacionadas se representan en lados opuestos del origen o cuadrantes opuestos. Ángulos pequeños entre vectores representa alta correlación entre las variables implicadas (observaciones con valores altos en una de esas variables tendrá valores altos en la variable o variables correlacionadas); ángulos rectos representan falta de correlación, y ángulos opuestos representan correlación negativa (una observación con valores altos en una

de las variables irá acompañado de valores bajos en la otra). Además, la distancia entre las variables y el origen mide la calidad de la representación de las variables (mayor cuanto más próxima a la circunferencia o círculo de correlación, siendo éstas las que más contribuyen en los dos primeros componentes). La calidad de esta representación se mide por el valor al cuadrado del coseno ( $\cos^2$ ) del ángulo del triángulo formado por el punto del origen, la observación y su proyección sobre el componente. Para una variable dada, la suma del  $\cos^2$  sobre todos los componentes principales será igual a 1, y si además la variable es perfectamente representable por solo los dos primeros componentes principales, la suma de  $\cos^2$  sobre estos dos será igual a 1. Variables posicionadas cerca del origen puede ser un indicativo de que serían necesarios más de dos componentes principales para su representación.

Se observa como las variables morfológicas de la vaina junto con la sacarosa se localizan en la parte positiva del primer componente principal, y el contenido en polifenoles y  $L^*$  de la semilla en la negativa. La longitud y el ancho, y el contenido en polifenoles se localizan casi sobre el eje horizontal mostrando su prácticamente nula contribución a Dim2. En cuanto al rendimiento en semilla y los contenidos en sodio y proteína, estas variables presentan elevadas contribuciones a Dim2, las dos primeras hacia valores positivos y la tercera, hacia negativos.

De forma similar, en la Figura 71 (dcha.) se representan las variables en el espacio Dim3-Dim1. Se observa como el contenido en proteína se localiza en la parte negativa del tercer componente principal mientras que el  $L^*$  de la harina lo hace hacia la parte positiva, muy cercana al eje.

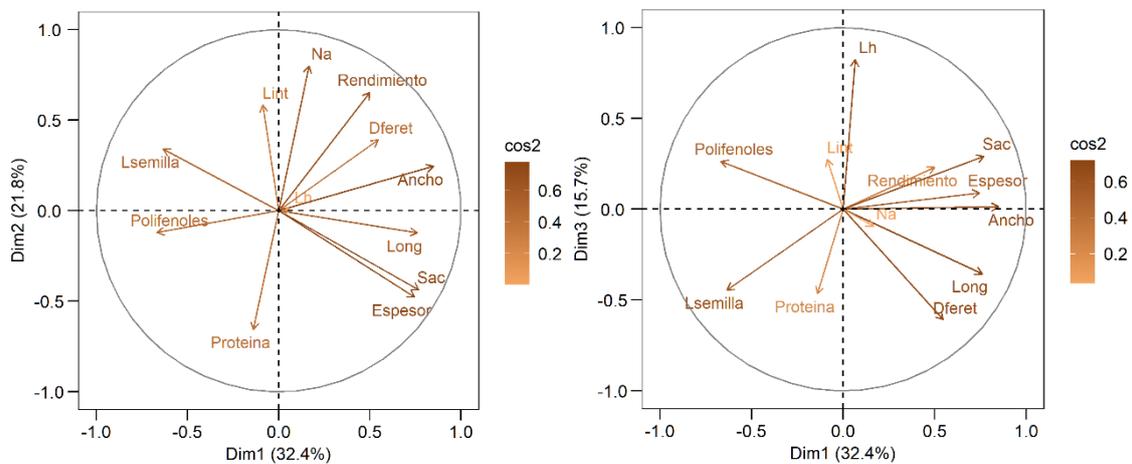


Figura 71. ACP. Representación de las variables en las coordenadas Dim2 vs Dim1 y Dim3 vs Dim1. Muestras de algarroba de Mallorca y de Tarragona.

En la Figura 72 se representan las variables y las muestras en el nuevo sistema de coordenadas Dim2-Dim1 (izq.) y Dim3-Dim2 (dcha.). En este tipo de gráfico, además de indicarse el % de varianza explicada por los componentes representados en los ejes, las variables positivamente correlacionadas se agrupan juntas o próximas, mientras que las negativamente correlacionadas se representan en lados opuestos del origen o cuadrantes opuestos. Ángulos pequeños entre vectores representa alta correlación entre las variables implicadas (observaciones con valores altos en una de esas variables tendrá valores altos en la variable o variables correlacionadas); ángulos rectos representan falta de correlación, y ángulos opuestos representan correlación negativa (una observación con valores altos en una de las variables irá acompañado de valores

bajos en la otra). Se incluyen también las elipses de confianza ( $p < 0.05$ ) que permiten visualizar si los grupos son significativamente diferentes o no. Con respecto a las muestras, en la figura, puntuaciones próximas representan observaciones de similares características. Además, la relación de las muestras con las variables se puede estudiar proyectando las observaciones sobre la dirección de los vectores.

Se puede observar en la Figura 72 (izq.) que las muestras de algarroba de Mallorca se localizan principalmente en valores positivos del Dim2, con mayores valores del rendimiento en semilla, contenido en sodio y L\* interior y menor contenido en proteína, mientras que las de Tarragona se encuentran en la parte baja, con valores negativos del eje Dim2.

En la Figura 72 (dcha.), en la que se ha representado las variables y las muestras en el nuevo sistema de coordenadas Dim3-Dim2, se observa aún una mayor separación entre las muestras de diferente origen geográfico, indicando que no solo las variables implicadas en el Dim2 diferencian estos dos conjuntos de muestras, sino también la luminosidad de la harina de algarroba.

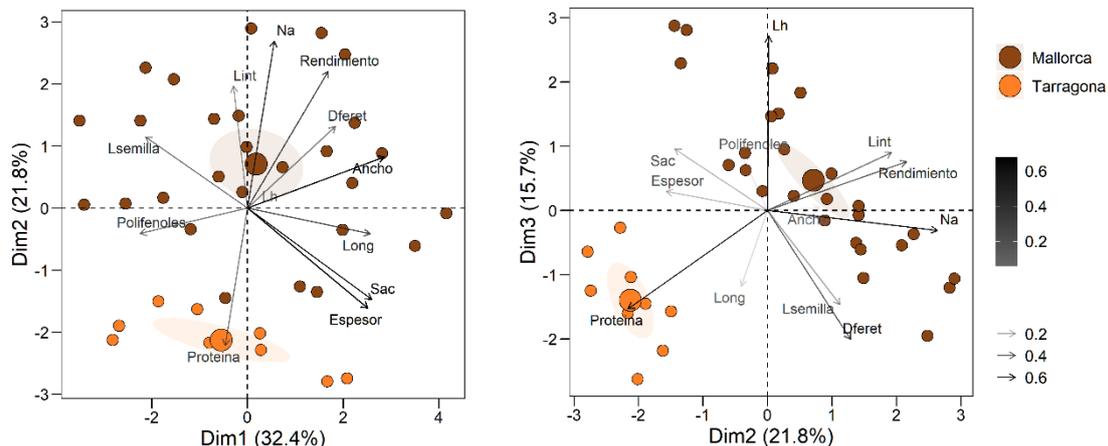


Figura 72. ACP. Representación de las variables y las muestras en las coordenadas Dim2 vs Dim1 (izq.) y Dim3 vs Dim2(dcha.). Muestras de algarroba de Mallorca y de Tarragona.

En la Figura 73 se ha representado de nuevo las variables y las muestras en el sistema de coordenadas Dim2-Dim1 (izq. de la figura), identificando las muestras de acuerdo a la variedad de algarroba, y en el sistema Dim3-Dim2 (dcha. de la figura), identificando las muestras de acuerdo a la procedencia, distinguiendo para las de Mallorca, entre las originarias de Son Real, Son Mulet y Consell. De acuerdo a la variedad (Figura 73 izq.), las muestras se distribuyen principalmente a lo largo del eje horizontal (Dim1), mostrando así las diferencias en las dimensiones (Duraió de mayor tamaño y H2-12 más pequeñas), en el contenido en sacarosa (mayor en Duraió), y en polifenoles (mayor en H2-12).

Según la procedencia (Figura 73 dcha.), se observa que, aunque las muestras de Mallorca quedan cerca entre sí y separadas ampliamente de las cultivadas en Tarragona, los tres grupos quedan diferenciados y ordenados a lo largo del eje Dim3 (Consell hacia valores positivos y Son Real negativos), y también según el eje Dim2, indicando mayores rendimientos y contenido en sodio en las muestras de Son Real. Las de Son Mulet se localizan en una zona intermedia entre las otras dos.

El resto de representaciones combinando los ejes de coordenadas obtenidos en el ACP no se han incluido por considerar que no aportan información relevante.

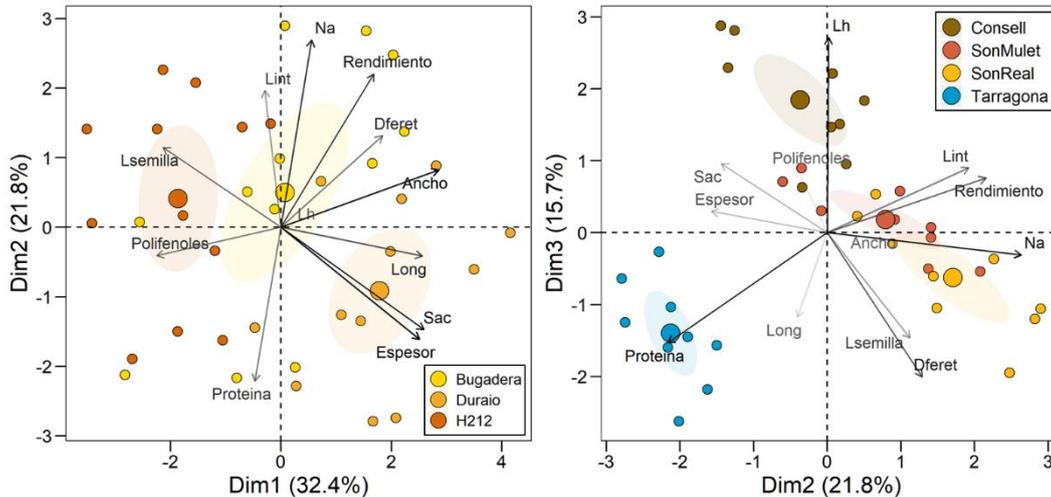


Figura 73. ACP. Representación de las variables y las muestras en las coordenadas Dim2 vs Dim1 (izq.) de acuerdo a la variedad de algarroba; y Dim3 vs Dim2(dcha.) según la procedencia.

En general, se han observado ciertas diferencias significativas entre la algarroba de Mallorca y la cultivada en Tarragona, principalmente debidas a los contenidos en sodio y proteína, y al rendimiento en semilla. Dado que, para los datos recogidos, estas diferencias han sido pequeñas, sería necesario recabar información de diferentes campañas para poder afirmar que la zona geográfica tiene una influencia importante o determinante sobre las características morfológicas y físico-químicas de la algarroba de Mallorca.

## 6. Conclusiones

A partir del estudio realizado pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- Se ha caracterizado morfológica y físico-químicamente 5 variedades de algarroba de Mallorca (Bugadera, D'en Pau, Duraio, Granja y H2-12), de 3 áreas diferentes de la isla (Palma (finca Son Real), Lluçmajor (finca Son Mulet) y Consell), estableciendo valores medios e intervalos de tolerancia para cada variable. La algarroba de Mallorca destaca por un elevado rendimiento en semillas, con un  $14.3 \pm 1.6$  % de media. La harina de su pulpa presenta una coloración marrón suave con elevada luminosidad, elevado contenido en azúcares ( $49.4 \pm 3.1$  % bs) de los cuales la sacarosa y la fructosa representan aproximadamente el 76 y 16 % bs, respectivamente, siendo el resto glucosa, cerca de un 4 % bs de proteína y un 38 % bs de fibra total. Su contenido en grasa es muy bajo ( $<0.3$  % bs). Presenta elevada actividad antioxidante, con un importante contenido en polifenoles y taninos. En cuanto a los minerales, la algarroba de Mallorca presenta elevados contenidos de potasio y calcio, aportando también magnesio. Estos resultados son similares a los publicados en la bibliografía, si bien se aprecian algunas diferencias en las dimensiones, tanto de la vaina como de las semillas, y en la

composición química, especialmente en el contenido en algunos azúcares (fructosa y sacarosa), proteína y fibra.

- Se ha descrito sensorialmente la pulpa de la algarroba de Mallorca, destacando su olor intenso y persistente, con notas de caramelo, dulce y tostado, con ligero toque de anís, su sabor dulce, aromático y penetrante, con notas de caramelo, cacao, regaliz, anís y dulce de leche, con una ligera sensación astringente en boca y la persistencia intensa de su aroma. No ha sido posible comparar esta descripción con la de algarrobas cultivadas en otras zonas geográficas por falta de información bibliográfica.
- Se han observado algunas diferencias entre las características de las algarrobas de Mallorca de acuerdo con su localización (Palma, Lluçmajor y Consell), sin embargo, estas diferencias han resultado ser menores que las observadas con algarrobas cultivadas en otras zonas geográficas, tanto a partir de datos bibliográficos como de los resultados experimentales obtenidos con muestras de igual variedad y procedencia cercana (Tarragona), lo que parece indicar que la algarroba de Mallorca constituye un grupo homogéneo formado por diferentes variedades de algarroba, diferenciado de la algarroba de otras zonas geográficas.
- Los intervalos de tolerancia propuestos para las diferentes características morfológicas, físicas y químicas de la algarroba de Mallorca incluyen en la mayoría de casos, de acuerdo con la bibliografía consultada, los correspondientes a algarrobas de otras zonas geográficas. No obstante, se observó que la algarroba de Mallorca presenta valores de ancho y masa de la vaina considerablemente inferiores a los de las algarrobas de Croacia, pero mayor rendimiento en semillas que la algarroba turca. El contenido en fructosa de la algarroba búlgara resultó considerablemente inferior al de la algarroba de Mallorca, mientras que ésta, presentó un contenido en proteína inferior a las de procedencia jordana, chipriota y búlgara. Finalmente, la actividad antioxidante de la algarroba de Mallorca resultó ser superior al de la algarroba de la República Checa.
- Entre las variables que se ha observado presentan capacidad diferenciadora entre la algarroba de Mallorca y la cultivada en Tarragona, cabe destacar el mayor rendimiento en semilla y el menor contenido en proteína de la primera, por ser variables de especial relevancia.
- Finalmente, sería necesario recabar información de diferentes campañas para poder afirmar que la zona geográfica tiene una influencia importante o determinante sobre las características morfológicas y físico-químicas de la algarroba de Mallorca.

## 7. Difusión de los resultados

La memoria del presente proyecto se encuentra publicada en la web del grupo de Ingeniería Agroalimentaria de la UIB, en la sección de Proyectos (<https://engalim.uib.es/Proyectos/>).

Además, los TFGs derivados del proyecto se encontrarán alojados en el repositorio de TFGs de la UIB (<https://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/2> ) una vez hayan sido defendidos por los estudiantes.

## 8. Análisis de sostenibilidad económica y medioambiental de los resultados

En las últimas décadas, el cultivo del algarrobo en Mallorca se ha caracterizado por plantaciones tradicionales envejecidas, de secano, con bajas densidades (unos 50 árboles/ha), y relativamente poco cuidadas, con bajas producciones y de variable calidad comercial. Sin embargo, en los últimos años se evidencia un aumento del interés por este cultivo, con reestructuraciones de las plantaciones tradicionales, tendiendo hacia otras más intensivas, mecanizables y con menores costes.

En marzo de 2021, se presentó el Plan de Reestructuración del sector de los Frutos Secos (Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació, CAIB) con el objetivo general de revalorizar la producción de frutos secos, especialmente de almendra y algarroba, como sector agrario estratégico de las Islas Baleares, incrementando la superficie destinada a suelo de cultivo, el volumen de producción, el valor de la producción y su contribución al PIB agrario, mejorando la eficiencia en la producción y transformación y aumentando la comercialización de las producciones y de los productos derivados o procesados. De acuerdo con la información disponible, este Plan cuenta con un presupuesto total de unos 28 millones de euros y se desarrollará hasta el 2027.

Por otro lado, un reciente estudio sobre la evaluación del valor añadido de los productos DOP/IGP encargado por la Comisión Europea<sup>3</sup> concluye que en la mayoría de los casos, los productos con estos distintivos de calidad alcanzan precios superiores a los productos estándar correspondientes, además de otros impactos positivos como una mejor protección de los derechos de propiedad intelectual, visibilidad mejorada, acceso a nuevos mercados, mejor acceso a fondos de promoción y ayudas a la inversión y mejor apoyo en el marco del desarrollo rural.

En este marco de creciente interés por recuperar y fomentar el cultivo de la algarroba, tanto desde el sector agrícola como de la industria agroalimentaria y la administración, se considera que la obtención de un distintivo de calidad para la algarroba de Mallorca contribuiría a potenciar el sector, augurando un importante incremento tanto en su rentabilidad como en la calidad comercial del fruto.

Cabe mencionar, además, que el algarrobo resulta un árbol muy beneficioso para el ecosistema, y por tanto altamente recomendable para un entorno sensible como el de la isla de Mallorca: es protector frente a la erosión hídrica y eólica, regulador hidrológico, contribuye a atenuar las oscilaciones térmicas, es barrera contra el viento, salvaguarda de la biodiversidad de flora y fauna, favorece el asentamiento de la población rural, mejora del paisaje, genera empleo en el medio rural, mejora de la habitabilidad de la población, promueve actividades económicas directas e indirectas en áreas desfavorecidas, y mitiga el CO<sub>2</sub><sup>4</sup>.

Concretamente, esta leguminosa arbórea tiene un papel medioambiental importante en la restauración de suelos y la mitigación del cambio climático en las comarcas del litoral

---

<sup>3</sup> <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/7ec0d921-8630-4acc-96e3-1ccad465282a>

<sup>4</sup> <https://www.caroube.net/es/articulo/106-entrevista-diego-rubio>

mediterráneo (Tous, 2021) y al ser un árbol rebrotante, es más tolerante a los incendios forestales que otras especies resinosas. Pérez-Pastor y col. (Pérez-Pastor, Soares-Neto, De-La-Rosa, Tous, & Iglesias, 2016) concluyeron en su estudio que el algarrobo tiene una alta eficiencia fotosintética, ideal para absorber CO<sub>2</sub> de la atmósfera. Los datos obtenidos indicaron que las plantaciones tradicionales de algarrobo presentan un balance neto de carbono positivo, cercano a las 5,4 t C equivalentes/ha/año que, extrapolado al total de superficie cultivada en Mallorca (alrededor de 9.500 ha), representa un secuestro total anual de más de 50.000 t C. Estos resultados sugieren un potencial prometedor de las plantaciones de algarrobo para mitigar el cambio climático, ya que son responsables de la asimilación directa de grandes cantidades de carbono de la atmósfera, comparables, o incluso superiores, a otros cultivos leñosos. En un futuro este cultivo podría llevar un etiquetado de “Bajo en carbono”.

## 9. Costes y beneficios

Los costes directos del proyecto (recursos invertidos) se detallan a continuación, según presupuesto aprobado para el trabajo a desarrollar:

<i>Concepto</i>	<i>Gasto</i>
<i>PERSONAL</i>	10.000 €
- <i>Salario y la cuota de la Seguridad Social del personal investigador de plantilla de la UIB</i>	
<i>MATERIAL FUNGIBLE</i>	5.840 €
- <i>Pequeño material de laboratorio y material de vidrio (adquisición y/o reposición)</i>	
- <i>Reactivos químicos incluidos disolventes, patrones, etc.</i>	
<i>SUBCONTRATACIÓN</i>	1.160 €
<i>TOTAL=</i>	17.000€

El desarrollo del proyecto comporta efectos positivos:

- Ha permitido profundizar en el conocimiento de las características de la algarroba de Mallorca, y a establecer un aval científico para la toma de decisiones, tanto por parte de los agricultores como de la administración, respecto al cultivo del algarrobo y a la implicación de las diferentes variedades.
- Se ha podido comparar las características de la algarroba de Mallorca con la de algarrobas cultivadas en zonas geográficas diferentes, incluyendo las de una zona con características climáticas semejantes, como es la de Tarragona. Esta información puede resultar relevante a la hora de plantear la posibilidad de definir una Indicación Geográfica Protegida o una Denominación de Origen Protegida de la algarroba de Mallorca, lo que podría contribuir, en el caso de ser amparada, en una mejora significativa de la competitividad del producto y de su aprovechamiento integral en alimentación humana, junto con una mejora de los ingresos de los productores.

- Dado el importante papel medioambiental del algarrobo en la restauración de suelos y la mitigación del cambio climático en las comarcas del litoral mediterráneo, los esfuerzos realizados en el fomento de su fruto redundan en una mayor sostenibilidad del entorno y protección del medio ambiente.
- Adicionalmente, el proyecto ha servido de marco para el desarrollo de dos Trabajos Final de Grado de estudiantes del Grado de Química de la UIB, contribuyendo a su formación como profesionales cualificados y a su conocimiento sobre un producto muy relevante en el entorno balear.

Por todo ello, la relación costes/beneficios del proyecto de investigación aplicada, comparando los recursos invertidos (costes) y los resultados obtenidos (beneficios) se considera muy positiva.

## 10. Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por los *Fons de Garantia Agrària i Pesquera de les Illes Balears* (FOGAIBA) y a la *Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació* de la CAIB mediante la "Convocatòria de subvencions de projectes d'investigació aplicada" (2021) (proyecto BIA05/21). Así mismo, las autores agradecen la colaboración y el apoyo de la *Cooperativa Camp Mallorca* y de sus empresas adheridas, y de l'*Institut de recerca i formació agrària i pesquera* (IRFAP), que han formado parte de la Comisión de seguimiento para la selección de muestras y análisis de los resultados.

## 11. Bibliografía

- AACC. (1999). Total Dietary Fiber. AACC International Method 32-05.01.
- Albanell, E., Caja, G., & Plaixats, J. (1990). Characteristics of Spanish carob pods and nutritive value of carob kibbles Characteristics carob pods of Spanish nutritive value of .carob kibbles and. <https://www.researchgate.net/publication/236029113>
- AOAC. (1998a). Protein (Total) in Flour. AOAC Official Method 920.87.
- AOAC. (1998b). Ash of Flour. AOAC Official Method 923.03.
- AOAC. (1998c). Total Dietary Fiber in Foods. AOAC Official Method 985.29.
- Arnao, M. B., Cano, A., & Acosta, M. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry*, 73(2), 239–244. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00324-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00324-1)
- Arnold, J. B. (2021). Extra Themes, Scales and Geoms for "ggplot2."
- Avallone, R., Plessi, M., Baraldi, M., & Monzani, A. (1997). Determination of Chemical Composition of Carob (*Ceratonia siliqua*): Protein, Fat, Carbohydrates, and Tannins. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10(2), 166–172. <https://doi.org/10.1006/JFCA.1997.0528>
- Barracosa, P., Osório, J., Cravador, A. (2007). Evaluation of fruit and seed diversity and characterization of carob (*Ceratonia siliqua* L.) cultivars in Algarve region, *Scientia Horticulturae*, 114(4), 250-257.
- Batlle, I., Tous, J., Batlle, I., Ninot, A., Plana, J., Romero, M., Rovira, M., & Vargas, F. J. (2014). Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. International Plan Genetic Resources Institute.
- Benković, M., Siniša, S., Bauman, I., Ježek, D., Karlović, S., Kremer, D., Karlović, K., & Erhatic, R. (2016). Assessment of Drying Characteristics and Texture in Relation with Micromorphological Traits of Carob (*Ceratonia silliqua* L.) Pods and Seeds. *Food Technology Biotechnology*, 54(4). <https://doi.org/10.17113/ft b.54.04.16.4475>

- Biner, B., Gubbuk, H., Karhan, M., Aksu, M., Pekmezci, M. (2007). Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey, *Food Chemistry*, 100(4), 1453-1455.
- Boublenza, I., Lazouni, H. A., Ghaffari, L., Ruiz, K., Fabiano-Tixier, A.-S., & Chemat, F. (2017). and Physicochemical Properties of Carob Pod Powder (*Ceratonia siliqua* L.). *Research Article Influence of Roasting on Sensory*. <https://doi.org/10.1155/2017/4193672>
- Bouzdoudi, B. El, Ansari, Z. N. El, Mangalagiu, I., Mantu, D., Badoc, A., Lamarti, A., Bouzdoudi, B. El, Ansari, Z. N. El, Mangalagiu, I., Mantu, D., Badoc, A., & Lamarti, A. (2016). Determination of Polyphenols Content in Carob Pulp from Wild and Domesticated Moroccan Trees. *American Journal of Plant Sciences*, 7(14), 1937–1951. <https://doi.org/10.4236/AJPS.2016.714177>
- Červenka, L., Stępień, A., Frühbauerová, M., Velichová, H., & Witczak, M. (2019). Thermodynamic properties and glass transition temperature of roasted and unroasted carob (*Ceratonia siliqua* L.) powder. *Food Chemistry*, 300, 125208. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2019.125208>
- Eim, V. S., Simal, S., Rosselló, C., Femenia, A., & Bon, J. (2013). Optimisation of the addition of carrot dietary fibre to a dry fermented sausage (sobrassada) using artificial neural networks. *Meat Science*, 94(3), 341–348. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.02.009>
- Fidan, H., Mihaylova, D., Petkova, N., Sapoundzhieva, T., Slavov, A., & Krastev, L. (2019). Determination of chemical composition, antibacterial and antioxidant properties of products obtained from carob and honey locust. *Turkish Journal of Biochemistry*, 44(3), 316–322. <https://doi.org/10.1515/TJB-2018-0113/MACHINEREADABLECITATION/RIS>
- Frühbauerová M., Červenka L., Hájek T., Pouzar M., Palarčík J., (2022). Bioaccessibility of phenolics from carob (*Ceratonia siliqua* L.) pod powder prepared by cryogenic and vibratory grinding, *Food Chemistry*, 377.
- Gálvez, I. 2023. Caracterización agronómica, fisicoquímica, antioxidante y tecnológica de las algarobas de 23 cultivares de *ceratonia siliqua* L. del banco de germoplasma de Son Real en Mallorca. Trabajo final de Grado, Grau de: Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural, Escola Politècnica Superior de la Universitat de les Illes Balears, Any acadèmic 2022-23.
- González-Centeno, M. R., Jourdes, M., Femenia, A., Simal, S., Rosselló, C., & Teissedre, P.-L. (2012). Proanthocyanidin Composition and Antioxidant Potential of the Stem Winemaking Byproducts from 10 Different Grape Varieties (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(48), 11850–11858. <https://doi.org/10.1021/jf303047k>
- ISO. (1973). Sodium Chloride for industrial use- Determination of the loss of mass at 110 oC. International Organization for Standardization 2483.
- Kahkahi, E. R., & Chitt, A. M. (2014). Morocco carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations: Morphological variability of Pods and Kernel. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. [www.ijpab.com](http://www.ijpab.com)
- Kamal, M., Youssef, E., El-Manfaloty, M. M., & Ali, H. M. (2013). Assessment of Proximate Chemical Composition, Nutritional Status, Fatty Acid Composition and Phenolic Compounds of Carob (*Ceratonia Siliqua* L.). *Food and Public Health*, 2013(6), 304–308. <https://doi.org/10.5923/j.fph.20130306.06>
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. Package Version 1.0.7. R Package Version.

- Korkmaz, N., Akin, M., Koc, A., Eyduran, S. P., Ilhan, G., Sagbas, H. I., & Ercisli, S. (2020). Morphological and biochemical diversity among wild-grown carob trees (*Ceratonia siliqua* L.). *Folia Horticulturae*, 32(1), 69–78. <https://doi.org/10.2478/fhort-2020-0007>
- Kyriacou, M. C., Antoniou, C., Roupheal, Y., Graziani, G., & Kyratzis, A. (2021). Mapping the Primary and Secondary Metabolomes of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Fruit and Its Postharvest Antioxidant Potential at Critical Stages of Ripening. <https://doi.org/10.3390/antiox10010057>
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR. *Journal of Statistical Software*.
- Mair, P., & Wilcox, R. (2020). Robust statistical methods in R using the WRS2 package. *Behavior Research Methods*, 52(2), 464–488. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01246-w>
- Margalef, M. I., Tóffoli, S., Burgos, V. E., Campos, A., Valdez Clinis, G. A., & Jiménez, M. J. (2019). Algarroba negra (*prosopis nigra*): Caracterización físico- química y elaboración de productos dietéticos. *Revista De La Facultad De Ciencias De La Salud*, 1(2), 13–19
- Martić, N., Zahorec, J., Stilinović, N., Andrejić-Višnjić, B., Pavlič, B., Kladar, N., Šoronja-Simović, D., Šereš, Z., Vujčić, M., Horvat, O., & Rašković, A. (2022). Hepatoprotective Effect of Carob Pulp Flour (*Ceratonia siliqua* L.) Extract Obtained by Optimized Microwave-Assisted Extraction. *Pharmaceutics*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14030657>
- Naghmouchi S., Khouja M.L., Romero A., Tous J., Boussaid M., (2009). Tunisian carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations: Morphological variability of pods and kernel, *Scientia Horticulturae*, 121(2), 125-130.
- Palacios-Morillo, A., Jurado, J. M., Alcázar, Á., & De Pablos, F. (2014). Geographical characterization of Spanish PDO paprika by multivariate analysis of multielemental content. *Talanta*, 128, 15–22. <https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2014.04.025>
- Papaefstathiou, E., Agapiou, A., Giannopoulos, S., & Kokkinofa, R. (2018). Nutritional characterization of carobs and traditional carob products. *Food Science & Nutrition*, 6(8), 2151–2161. <https://doi.org/10.1002/FSN3.776>
- Petkova, N. T., Ivanov, I., & Mihov, R. (2017). Nutritional and antioxidant potential of carob (*Ceratonia siliqua*) flour and evaluation of functional properties of its polysaccharide fraction. In Article in *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. <https://www.researchgate.net/publication/321359642>
- R Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. In R Foundation for Statistical Computing.
- Ricco, R. A., Agudelo, I. J., & Wagner, M. L. (2015). Métodos empleados en el análisis de los polifenoles en un laboratorio de baja complejidad | Lilloa. *Lilloa*, 161–174. <https://www.lilloa.org.ar/journals/index.php/lilloa/article/view/329>
- Richane, A., Ben Ismail, · H, Darej, · C, Attia, · K, & Moujahed, · N. (2022). Potential of Tunisian carob pulp as feed for ruminants: chemical composition and in vitro assessment. *Tropical Animal Health and Production*, 1, 3. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03071-4>
- RStudio Team. (2024). RStudio: Integrated Development for R. RStudio. <http://www.rstudio.com/>.
- Schindelin, J., Arganda-Carreras, I., Frise, E., Kaynig, V., Longair, M., Pietzsch, T., Preibisch, S., Rueden, C., Saalfeld, S., Schmid, B., Tinevez, J. Y., White, D. J., Hartenstein, V., Eliceiri, K., Tomancak, P., & Cardona, A. (2012). Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. *Nature Methods* 2012 9:7, 9(7), 676–682. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2019>
- Shawakfeh, K. Q., & Ereife, K. I. (2005). POD CHARACTERISTICS OF TWO CERATONIA SILIQUA L. VARIETIES FROM JORDAN. *Ital. J. Food Sci*, 17.

<https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=eca671d9-a2e1-41e0-9358-3d2aff514c60%40redis>

Simsek, S., Ozcan, M. M., Al Juhaimi, F., ElBabiker, E., & Ghafoor, K. (2017). Amino Acid and Sugar Contents of Wild and Cultivated Carob (*Ceratonia siliqua*) Pods Collected in Different Harvest Periods. *Chemistry of Natural Compounds*, 53(5), 1008–1009. <https://doi.org/10.1007/S10600-017-2187-9/TABLES/1>

Wei, T., & Simko, V. (2016). The corrplot package. R Core Team.

Wickham, H. (2017). *ggplot2 - Elegant Graphics for Data Analysis* | Hadley Wickham | Springer. In Springer Science & Business Media.

Yousif, A. K., & Alghzawi, H. M. (2000). Processing and characterization of carob powder. *Food Chemistry*, 69(3), 283–287. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00265-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00265-4)

## 12. Anexo 1. Tablas de resultados de la caracterización de las muestras de algarroba.

Tabla 13. Características morfológicas de la vaina. Variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas. Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (mín) y máximo (máx), y resultado del análisis estadístico (ANOVA+Tuckey o Kruskal-Wallis+Wilcox).

Longitud (cm)	Media $\pm$	sd	Mediana	Int. tolerancia	mín	máx	
Bugadera	15.7 $\pm$	2.2	15.8	[11.6, 19.7]	11.9	20.0	ab
D'en Pau	15.0 $\pm$	1.7	14.9	[11.7, 18.2]	12.1	19.1	ab
Duraió	16.4 $\pm$	2.2	16.1	[12.3, 20.5]	12.9	21.6	a
Granja	14.4 $\pm$	2.1	14.6	[10.5, 18.2]	10.8	19.0	b
H2-12	15.0 $\pm$	1.3	14.9	[12.7, 17.3]	12.4	17.6	ab
		chi <sup>2</sup> = 15.3		p < 0.01			
Ancho (mm)	Media $\pm$	sd	Mediana	Int. tolerancia	mín	máx	
Bugadera	20.6 $\pm$	1.5	20.7	[17.7, 23.4]	16.8	22.8	a
D'en Pau	19.7 $\pm$	1.3	19.3	[17.3, 22.1]	17.0	22.1	a
Duraió	20.2 $\pm$	1.3	20.3	[17.7, 22.6]	17.4	22.8	a
Granja	16.5 $\pm$	1.9	16.3	[12.9, 20.1]	12.8	20.5	b
H2-12	17.9 $\pm$	1.4	17.8	[15.3, 20.5]	15.1	21.1	c
		chi <sup>2</sup> = 74.1		p < 0.001			
Espesor (mm)	Media $\pm$	sd	Mediana	Int. tolerancia	mín	máx	
Bugadera	5.5 $\pm$	0.7	5.4	[4.2, 6.9]	3.8	6.8	c
D'en Pau	8.0 $\pm$	0.9	8.1	[6.3, 9.7]	6.0	10.1	a
Duraió	8.6 $\pm$	0.8	8.4	[7.2, 10.0]	7.1	10.5	a
Granja	6.9 $\pm$	1.0	6.6	[5.0, 8.7]	5.1	9.8	b
H2-12	5.6 $\pm$	0.8	5.6	[4.0, 7.1]	4.1	6.9	c
		F = 105.4		p < 0.001			
Altura del valle (mm)	Media $\pm$	sd	Mediana	Int. tolerancia	mín	máx	
Bugadera	18.7 $\pm$	9.3	18.1	[1.6, 35.9]	7.0	37.4	ac
D'en Pau	19.2 $\pm$	8.2	19.0	[4.0, 34.4]	0.0	36.4	a
Duraió	11.8 $\pm$	6.4	11.0	[0.0, 23.6]	3.6	32.5	b
Granja	13.5 $\pm$	6.9	13.9	[0.8, 26.2]	4.8	33.6	bc
H2-12	20.5 $\pm$	9.1	19.4	[3.6, 37.4]	6.8	44.4	a
		F = 26.2		p < 0.001			
Masa (g)*	Media $\pm$	sd	Mediana	Int. tolerancia	mín	máx	
Bugadera	11.1 $\pm$	3.2	10.4	[5.1, 17.1]	6.6	18.0	bc
D'en Pau	14.8 $\pm$	2.6	14.7	[9.9, 19.6]	10.7	20.1	a
Duraió	16.9 $\pm$	3.5	16.9	[10.5, 23.3]	10.8	25.9	a
Granja	12.0 $\pm$	3.1	11.9	[6.3, 17.7]	6.5	19.5	b
H2-12	9.1 $\pm$	1.6	9.0	[6.1, 12.0]	6.2	11.9	c
		chi <sup>2</sup> = 77.3		p < 0.001			

Letras diferentes en un mismo parámetro indican la existencia de diferencias significativas entre las variedades ( $p < 0.05$ ).

\*sin semilla

Tabla 14. Características morfológicas de la semilla. Variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas (parte 1). Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (mín) y máximo (máx), y resultado del análisis estadístico (ANOVA+Tuckey o Kruskal-Wallis+Wilcox).

Núm. semillas	Media $\pm$	sd	Mediana	Int. tolerancia	mín	máx	
Bugadera	11 $\pm$ 2		11	[7, 16]	7	16	
D'en Pau	11 $\pm$ 2		11	[8, 15]	8	15	
Duraió	11 $\pm$ 2		11	[8, 15]	8	14	
Granja	12 $\pm$ 2		11	[8, 15]	9	15	
H2-12	12 $\pm$ 2		12	[9, 15]	7	15	
		chi <sup>2</sup> = 2.2		p > 0.05			
Masa de las semillas (g) <sup>#</sup>	Media $\pm$	sd	Mediana	Int. tolerancia	mín	máx	
Bugadera	2.1 $\pm$ 0.5		2.0	[1.1, 3.0]	1.3	3.0	ab
D'en Pau	2.1 $\pm$ 0.5		2.0	[1.2, 2.9]	1.1	3.0	ab
Duraió	2.2 $\pm$ 0.5		2.3	[1.3, 3.2]	1.4	3.1	ab
Granja	2.4 $\pm$ 0.5		2.2	[1.5, 3.2]	1.6	3.4	a
H2-12	2.0 $\pm$ 0.3		2.1	[1.4, 2.6]	1.4	2.7	b
		chi <sup>2</sup> = 10.2		p < 0.05			
Rendimiento semilla (%)	Media $\pm$	sd	Mediana	Int. tolerancia	mín	máx	
Bugadera	16.4 $\pm$ 0.8		16.4	[14.9, 17.9]	15.4	17.8	a
D'en Pau	14.8 $\pm$ 0.3		14.7	[14.2, 15.4]	14.4	15.4	b
Duraió	14.8 $\pm$ 0.8		15.2	[13.4, 16.2]	13.3	15.6	b
Granja	12.3 $\pm$ 0.4		12.2	[11.5, 13.1]	11.7	12.9	d
H2-12	13.0 $\pm$ 0.2		12.9	[12.6, 13.5]	12.7	13.5	c
		F = 39.1		p < 0.001			
Masa de una semilla (mg)	Media $\pm$	sd	Mediana	Int. tolerancia	mín	máx	
Bugadera	185 $\pm$ 14		190	[159, 211]	149	204	b
D'en Pau	183 $\pm$ 18		182	[149, 217]	129	211	bc
Duraió	195 $\pm$ 31		190	[137, 252]	133	242	ab
Granja	202 $\pm$ 19		196	[166, 238]	155	232	a
H2-12	171 $\pm$ 20		171	[134, 208]	118	208	c
		chi <sup>2</sup> = 14.9		p < 0.01			

Letras diferentes en un mismo parámetro indican la existencia de diferencias significativas entre las variedades ( $p < 0.05$ ).

<sup>#</sup>En una vaina

Tabla 15. Características morfológicas de las semillas de las variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas (parte 2). Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (mín) y máximo (máx), y resultado del análisis estadístico (ANOVA+Tuckey o Kruskal-Wallis+Wilcox).

Volumen (mm <sup>3</sup> )	Media ±	sd	Mediana	Int. tolerancia	mín	máx	
Bugadera	138 ±	7	140	[125, 151]	130	150	ab
D'en Pau	144 ±	7	140	[132, 157]	135	155	a
Duraió	150 ±	14	145	[125, 175]	130	170	a
Granja	151 ±	17	150	[121, 182]	125	175	a
H2-12	131 ±	7	130	[118, 143]	120	140	b
F = 5.5				$p < 0.01$			
1							
Área proyectada (mm <sup>2</sup> )	Media ±	sd	Mediana	Int. tolerancia	mín	máx	
Bugadera	53 ±	7	53.4	[41, 65]	42	64	ab
D'en Pau	56 ±	5	55.0	[46, 65]	48	63	a
Duraió	52 ±	12	54.3	[29, 75]	34	68	b
Granja	48 ±	7	48.6	[34, 61]	35	60	c
H2-12	50 ±	5	51.6	[40, 60]	41	57	bc
$\chi^2 = 52.3$				$p < 0.001$			
Diámetro Feret (mm)	Media ±	sd	Mediana	Int. tolerancia	mín	máx	
Bugadera	10.3 ±	1.0	10.3	[8.4, 12.2]	8.5	11.8	a
D'en Pau	10.2 ±	0.7	10.3	[9.0, 11.5]	9.2	11.3	a
Duraió	9.3 ±	1.2	9.7	[7.0, 11.6]	7.5	10.7	bcd
Granja	8.9 ±	0.9	9.0	[7.2, 10.7]	7.5	10.6	c
H2-12	9.4 ±	0.6	9.5	[8.3, 10.5]	8.4	10.3	d
$\chi^2 = 112.2$				$p < 0.001$			
Diámetro Feret mín. (mm)	Media ±	sd	Mediana	Int. tolerancia	mín	máx	
Bugadera	6.8 ±	0.3	6.8	[6.2, 7.4]	6.2	7.3	b
D'en Pau	6.9 ±	0.4	6.9	[6.1, 7.6]	6.3	7.4	ab
Duraió	7.0 ±	0.8	7.1	[5.5, 8.5]	5.7	8.0	ab
Granja	7.0 ±	0.5	7.2	[6.0, 8.0]	5.9	7.7	a
H2-12	6.8 ±	0.4	6.8	[6.0, 7.5]	6.1	7.4	b
$\chi^2 = 16.9$				$p < 0.01$			
Índice de circularidad	Media ±	sd	Mediana	Int. tolerancia	mín	máx	
Bugadera	0.66 ±	0.06	0.66	[0.56, 0.77]	0.60	0.77	c
D'en Pau	0.67 ±	0.04	0.66	[0.59, 0.75]	0.61	0.74	c
Duraió	0.75 ±	0.04	0.74	[0.67, 0.83]	0.68	0.81	a
Granja	0.79 ±	0.07	0.79	[0.66, 0.91]	0.68	0.90	a
H2-12	0.72 ±	0.04	0.73	[0.65, 0.80]	0.67	0.80	b
$\chi^2 = 203.6$				$p < 0.001$			

Letras diferentes en un mismo parámetro indican la existencia de diferencias significativas entre las variedades ( $p < 0.05$ ).

Tabla 16. Color exterior de las variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas. Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (mín) y máximo (máx), y resultado del análisis estadístico (ANOVA+Tuckey o Kruskal-Wallis+Wilcox).

L* exterior	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	máx	
Bugadera	25.2 $\pm$ 1.7	25.8	[22.1, 28.3]	22.2	27.2	ab
D'en Pau	24.1 $\pm$ 2.5	24.7	[19.6, 28.7]	20.4	27.3	ab
Duraió	25.9 $\pm$ 1.8	26.5	[22.6, 29.3]	23.3	27.9	ab
Granja	24.5 $\pm$ 0.7	24.5	[23.1, 25.8]	23.2	25.7	b
H2-12	26.1 $\pm$ 0.5	25.9	[25.2, 26.9]	25.4	26.8	a
chi <sup>2</sup> = 9.6		p<0.05				
a* exterior	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	máx	
Bugadera	4.4 $\pm$ 0.9	4.7	[2.7, 6.1]	3.1	5.9	ab
D'en Pau	5.0 $\pm$ 0.5	4.7	[4.0, 6.0]	4.5	5.8	a
Duraió	3.5 $\pm$ 0.8	3.2	[2.1, 5.0]	2.8	4.8	b
Granja	4.3 $\pm$ 0.5	4.4	[3.4, 5.2]	3.6	4.9	ab
H2-12	4.2 $\pm$ 0.7	3.9	[2.8, 5.5]	3.4	5.1	ab
chi <sup>2</sup> = 13.5		p<0.01				
b* exterior	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	máx	
Bugadera	4.4 $\pm$ 2.1	4.4	[0.5, 8.4]	1.6	7.8	
D'en Pau	4.7 $\pm$ 1.0	4.3	[2.8, 6.5]	3.1	6.2	
Duraió	4.5 $\pm$ 1.5	4.3	[1.7, 7.3]	2.5	6.5	
Granja	5.1 $\pm$ 1.0	5.5	[3.2, 6.9]	3.3	6.0	
H2-12	3.9 $\pm$ 1.4	3.5	[1.4, 6.4]	2.1	6.1	
F= 0.7		p>0.05				
C* exterior	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	máx	
Bugadera	6.3 $\pm$ 2.1	6.4	[2.3, 10.2]	3.5	9.8	
D'en Pau	6.9 $\pm$ 1.0	6.5	[5.0, 8.8]	5.6	8.4	
Duraió	5.7 $\pm$ 1.6	5.2	[2.8, 8.7]	4.0	8.1	
Granja	6.6 $\pm$ 1.1	7.1	[4.7, 8.6]	4.9	7.8	
H2-12	5.7 $\pm$ 1.4	5.0	[3.2, 8.2]	4.5	7.9	
F= 1.1		p>0.05				

Letras diferentes en un mismo parámetro indican la existencia de diferencias significativas entre las variedades ( $p < 0.05$ ).

Tabla 17. Color interior de las variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas. Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (mín) y máximo (máx), y resultado del análisis estadístico (ANOVA+Tuckey o Kruskal-Wallis+Wilcox).

L* interior	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	máx	
Bugadera	44.8 $\pm$ 1.3	44.7	[42.3, 47.3]	42.9	47.3	a
D'en Pau	44.0 $\pm$ 2.2	42.9	[40.0, 48.0]	41.6	48.1	ab
Duraió	41.6 $\pm$ 2.0	42.2	[37.8, 45.4]	38.7	43.9	b
Granja	38.0 $\pm$ 1.7	37.6	[34.9, 41.2]	36.2	40.8	c
H2-12	45.2 $\pm$ 1.8	45.6	[41.9, 48.5]	42.6	47.4	a
chi <sup>2</sup> = 28.0		p<0.001				
a* interior	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	máx	
Bugadera	6.5 $\pm$ 0.9	6.6	[4.9, 8.2]	5.4	7.8	ab
D'en Pau	6.6 $\pm$ 0.6	6.7	[5.5, 7.7]	5.8	7.2	ab
Duraió	6.8 $\pm$ 0.7	7.0	[5.4, 8.1]	5.4	7.7	ab
Granja	6.0 $\pm$ 0.5	6.0	[5.1, 6.8]	5.4	6.8	b
H2-12	6.9 $\pm$ 0.7	6.5	[5.5, 8.2]	6.1	8.0	a
chi <sup>2</sup> = 9.3		p<0.05				
b* interior	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	máx	
Bugadera	19.2 $\pm$ 2.1	18.4	[15.4, 23.0]	16.3	22.2	
D'en Pau	18.5 $\pm$ 2.4	19.6	[14.0, 22.9]	15.0	21.1	
Duraió	17.9 $\pm$ 1.2	17.7	[15.6, 20.2]	15.5	19.9	
Granja	17.2 $\pm$ 1.1	17.1	[15.1, 19.3]	15.4	19.1	
H2-12	18.4 $\pm$ 0.9	18.3	[16.8, 20.0]	17.3	19.6	
chi <sup>2</sup> = 7.0		p>0.05				
C* interior	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	máx	
Bugadera	20.3 $\pm$ 2.2	19.7	[16.2, 24.3]	17.2	23.5	
D'en Pau	19.6 $\pm$ 2.4	20.9	[15.1, 24.1]	16.1	22.2	
Duraió	19.1 $\pm$ 1.4	19.0	[16.6, 21.7]	16.4	21.3	
Granja	18.2 $\pm$ 1.2	18.1	[16.0, 20.4]	16.3	20.2	
H2-12	19.6 $\pm$ 0.9	19.7	[17.9, 21.4]	18.4	20.8	
chi <sup>2</sup> = 6.5		p>0.05				

Letras diferentes en un mismo parámetro indican la existencia de diferencias significativas entre las variedades ( $p < 0.05$ ).

Tabla 18. Color de la harina de las variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas. Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (mín) y máximo (máx), y resultado del análisis estadístico (ANOVA+Tuckey o Kruskal-Wallis+Wilcox).

<b>L* harina</b>	<b>Media ± sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>máx</b>	
Bugadera	64.1 ± 5.5	66.1	[53.9, 74.3]	56.9	69.4	
D'en Pau	63.4 ± 3.0	64.6	[57.8, 68.9]	59.1	66.3	
Duraió	67.8 ± 4.2	70.3	[60.1, 75.6]	62.1	71.1	
Granja	66.7 ± 6.4	67.9	[54.8, 78.6]	58.4	74.0	
H2-12	65.4 ± 3.7	65.0	[58.6, 72.3]	61.3	70.0	
chi <sup>2</sup> = 6.7		p>0.05				
<b>a* harina</b>	<b>Media ± sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>máx</b>	
Bugadera	6.4 ± 0.8	6.4	[4.9, 7.9]	5.4	7.4	ab
D'en Pau	7.4 ± 0.6	7.0	[6.3, 8.5]	6.9	8.3	a
Duraió	6.3 ± 0.8	5.9	[4.8, 7.8]	5.5	7.4	ab
Granja	5.9 ± 1.0	6.0	[4.0, 7.7]	4.6	7.0	b
H2-12	6.5 ± 0.8	6.8	[5.0, 8.0]	5.4	7.3	ab
chi <sup>2</sup> = 9.6		p<0.05				
<b>b* harina</b>	<b>Media ± sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>máx</b>	
Bugadera	21.7 ± 0.6	21.8	[20.7, 22.8]	20.9	22.5	b
D'en Pau	22.8 ± 0.6	23.0	[21.7, 24.0]	22.0	23.6	a
Duraió	20.3 ± 0.9	20.3	[18.5, 22.0]	19.0	21.4	bc
Granja	19.8 ± 1.3	20.3	[17.5, 22.2]	18.1	21.0	c
H2-12	20.3 ± 0.5	20.0	[19.3, 21.2]	19.7	21.1	c
chi <sup>2</sup> = 30.5		***				
<b>C* harina</b>	<b>Media ± sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>máx</b>	
Bugadera	22.7 ± 0.7	23.0	[21.3, 24.0]	21.6	23.4	b
D'en Pau	24.0 ± 0.7	24.0	[22.6, 25.4]	23.0	25.0	a
Duraió	21.2 ± 1.1	21.2	[19.1, 23.3]	19.8	22.6	c
Granja	20.7 ± 1.5	21.1	[17.9, 23.5]	18.7	22.1	c
H2-12	21.3 ± 0.7	21.0	[20.1, 22.5]	20.7	22.3	c
chi <sup>2</sup> = 28.0		p<0.001				

Letras diferentes en un mismo parámetro indican la existencia de diferencias significativas entre las variedades ( $p < 0.05$ ).

Tabla 19. Color de la semilla de las variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas. Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (mín) y máximo (máx), y resultado del análisis estadístico (ANOVA+Tuckey o Kruskal-Wallis+Wilcox).

<b>L* semilla</b>	<b>Media ±</b>	<b>sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>max</b>	
Bugadera	26.4±	1.0	26.2	[24.4, 28.3]	25.2	28.0	ab
D'en Pau	24.0±	1.1	23.8	[22.0, 26.0]	22.2	25.5	bc
Duraió	22.4±	0.6	22.3	[21.4, 23.5]	21.4	23.2	c
Granja	24.2±	0.9	24.6	[22.7, 25.8]	22.8	25.2	bc
H2-12	29.4±	2.0	28.8	[25.6, 33.1]	27.1	32.5	a
chi <sup>2</sup> = 37.2		p<0.001					
<b>a* semilla</b>	<b>Media ±</b>	<b>sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>max</b>	
Bugadera	12.8±	0.5	12.9	[12.0, 13.6]	12.0	13.3	b
D'en Pau	16.1±	0.8	15.9	[14.6, 17.7]	14.6	17.2	a
Duraió	12.1±	0.6	12.4	[11.0, 13.2]	11.1	12.9	b
Granja	15.4±	0.5	15.4	[14.6, 16.3]	14.8	16.4	a
H2-12	13.9±	0.4	13.9	[13.2, 14.7]	13.4	14.6	ab
chi <sup>2</sup> = 39.7		p<0.001					
<b>b* semilla</b>	<b>Media ±</b>	<b>sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>max</b>	
Bugadera	15.3±	1.3	15.0	[13.0, 17.7]	14.0	17.7	ab
D'en Pau	11.2±	1.4	10.6	[8.6, 13.9]	9.0	13.9	c
Duraió	9.6±	0.9	9.6	[8.0, 11.2]	8.7	11.2	c
Granja	13.4±	0.8	13.4	[11.9, 14.9]	12.2	14.9	bc
H2-12	19.1±	2.2	18.2	[15.0, 23.3]	16.5	22.3	a
chi <sup>2</sup> = 39.4		p<0.001					
<b>C* semilla</b>	<b>Media ±</b>	<b>sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>max</b>	
Bugadera	19.4±	1.5	19.5	[16.6, 22.2]	16.9	22.0	bc
D'en Pau	19.7±	1.4	19.1	[17.0, 22.4]	17.2	21.6	bc
Duraió	16.0±	1.2	16.0	[13.7, 18.3]	14.1	17.8	c
Granja	20.5±	0.8	20.4	[18.9, 22.0]	19.3	21.8	b
H2-12	23.6±	1.7	23.2	[20.5, 26.7]	21.3	26.3	a
F= 12.1		p<0.001					

Letras diferentes en un mismo parámetro indican la existencia de diferencias significativas entre las variedades ( $p < 0.05$ ).

Tabla 20. Contenido en humedad y actividad de agua de las variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas. Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (mín) y máximo (máx), y resultado del análisis estadístico (ANOVA+Tuckey o Kruskal-Wallis+Wilcox).

Humedad pulpa (% bh)	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	max
Bugadera	14.0 $\pm$ 2.4	15.3	[9.5, 18.5]	10.5	16.0
D'en Pau	16.8 $\pm$ 2.2	17.7	[12.8, 20.8]	14.0	18.8
Duraió	14.3 $\pm$ 2.2	13.4	[10.1, 18.4]	11.5	17.7
Granja	13.0 $\pm$ 3.7	11.9	[6.2, 19.8]	9.4	17.9
H2-12	13.1 $\pm$ 1.4	13.7	[10.5, 15.7]	11.2	14.4
chi <sup>2</sup> = 28.5		p<0.001			
Humedad harina (% bh)	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	max
Bugadera	11.3 $\pm$ 0.6	11.3	[10.2, 12.4]	10.6	12.1
D'en Pau	13.0 $\pm$ 0.7	12.8	[11.6, 14.3]	12.2	14.1
Duraió	10.8 $\pm$ 0.9	10.3	[9.1, 12.6]	10.1	12.1
Granja	10.2 $\pm$ 0.9	10.3	[8.5, 11.9]	9.0	11.3
H2-12	10.9 $\pm$ 0.6	11.1	[9.7, 12.1]	10.1	11.6
chi <sup>2</sup> = 10.9		p<0.05			
Actividad de agua	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	max
Bugadera	0.60 $\pm$ 0.01	0.60	[0.58, 0.61]	0.59	0.61
D'en Pau	0.60 $\pm$ 0.03	0.61	[0.53, 0.66]	0.55	0.63
Duraió	0.60 $\pm$ 0.04	0.62	[0.53, 0.68]	0.56	0.64
Granja	0.60 $\pm$ 0.05	0.61	[0.50, 0.70]	0.54	0.66
H2-12	0.59 $\pm$ 0.02	0.59	[0.55, 0.63]	0.57	0.62
chi <sup>2</sup> = 2.1		p>0.05			

Letras diferentes en un mismo parámetro indican la existencia de diferencias significativas entre las variedades ( $p < 0.05$ ).

Tabla 21. Contenido en azúcares (fructosa, glucosa, sacarosa, y azúcares totales) de las variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas. Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (mín) y máximo (máx), y resultado del análisis estadístico (ANOVA+Tuckey o Kruskal-Wallis+Wilcox).

<b>Fructosa (% bs)</b>	<b>Media <math>\pm</math> sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>max</b>	
Bugadera	8.4 $\pm$ 0.8	8.4	[6.8, 10.0]	7.0	9.7	ab
D'en Pau	9.8 $\pm$ 0.9	10.0	[8.2, 11.4]	8.6	11.4	a
Duraió	7.5 $\pm$ 0.6	7.5	[6.4, 8.6]	6.7	8.6	ab
Granja	7.3 $\pm$ 0.5	7.2	[6.4, 8.1]	6.7	7.9	b
H2-12	7.7 $\pm$ 1.1	7.5	[5.7, 9.8]	6.6	9.8	b
F= 13.9		p<0.001				
<b>Glucosa (% bs)</b>	<b>Media <math>\pm</math> sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>max</b>	
Bugadera	3.2 $\pm$ 0.5	3.0	[2.2, 4.2]	2.6	4.1	bc
D'en Pau	6.2 $\pm$ 0.4	6.2	[5.5, 6.9]	5.6	6.8	a
Duraió	3.5 $\pm$ 0.6	3.2	[2.4, 4.6]	2.8	4.4	bc
Granja	2.4 $\pm$ 1.0	1.9	[0.6, 4.2]	1.7	3.9	b
H2-12	3.9 $\pm$ 0.2	3.9	[3.5, 4.3]	3.6	4.2	c
chi <sup>2</sup> = 29.3		p<0.001				
<b>Sacarosa (% bs)</b>	<b>Media <math>\pm</math> sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>max</b>	
Bugadera	38.0 $\pm$ 1.8	38.5	[34.7, 41.2]	34.9	40.3	a
D'en Pau	33.5 $\pm$ 2.4	33.7	[29.0, 38.0]	29.8	37.5	b
Duraió	40.9 $\pm$ 2.4	40.7	[36.5, 45.3]	36.8	44.3	a
Granja	39.9 $\pm$ 2.5	40.1	[35.4, 44.5]	36.5	44.4	a
H2-12	34.5 $\pm$ 1.8	34.9	[31.2, 37.9]	31.6	37.1	b
F= 19.6		p<0.001				
<b>Azúcares (% bs)</b>	<b>Media <math>\pm</math> sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>max</b>	
Bugadera	49.6 $\pm$ 2.5	49.9	[45.0, 54.1]	45.5	53.2	ab
D'en Pau	49.5 $\pm$ 2.6	49.1	[44.7, 54.4]	46.0	53.9	ab
Duraió	51.9 $\pm$ 2.7	52.6	[46.9, 56.9]	47.7	55.6	a
Granja	49.6 $\pm$ 2.8	49.9	[44.4, 54.8]	45.0	54.0	ab
H2-12	46.2 $\pm$ 2.7	46.2	[41.2, 51.2]	41.9	50.7	b
F= 19.6		p<0.001				

Letras diferentes en un mismo parámetro indican la existencia de diferencias significativas entre las variedades ( $p < 0.05$ ).

Tabla 22. Contenido en proteína, fibra, grasa y cenizas de las variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas. Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (mín) y máximo (máx), y resultado del análisis estadístico (ANOVA+Tuckey o Kruskal-Wallis+Wilcox).

<b>Proteína (% bs)</b>	<b>Media <math>\pm</math> sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>max</b>	
Bugadera	3.7 $\pm$ 0.1	3.6	[3.5, 3.9]	3.5	3.8	b
D'en Pau	4.0 $\pm$ 0.1	4.0	[3.8, 4.3]	3.8	4.2	a
Duraió	3.5 $\pm$ 0.2	3.4	[3.0, 3.9]	3.2	3.7	b
Granja	4.0 $\pm$ 0.3	4.1	[3.4, 4.5]	3.6	4.2	ab
H2-12	3.5 $\pm$ 0.2	3.4	[3.0, 4.0]	3.2	3.9	b
chi <sup>2</sup> = 24.6		p<0.001				
<b>Fibra (% bs)</b>	<b>Media <math>\pm</math> sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>max</b>	
Bugadera	36.9 $\pm$ 3.0	35.8	[31.4, 42.3]	34.0	40.8	b
D'en Pau	37.9 $\pm$ 1.3	38.2	[35.4, 40.4]	36.0	39.3	ab
Duraió	35.5 $\pm$ 1.9	34.9	[31.9, 39.0]	32.9	38.1	b
Granja	36.2 $\pm$ 1.8	35.3	[32.9, 39.4]	34.5	38.8	b
H2-12	41.0 $\pm$ 3.4	42.8	[34.7, 47.3]	36.4	44.2	a
chi <sup>2</sup> = 16.6		p<0.01				
<b>Grasa (% bs)</b>	<b>Media <math>\pm</math> sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>max</b>	
Bugadera	0.30 $\pm$ 0.22	0.28	[<0.28, 0.70]	<0.28	0.58	
D'en Pau	0.28 $\pm$ 0.13	0.32	[<0.28, 0.51]	<0.28	0.39	
Duraió	<0.28	<0.28	[<0.28, 0.31]	<0.28	-	
Granja	0.28 $\pm$ 0.15	<0.28	[<0.28, 0.51]	<0.28	0.46	
H2-12	0.33 $\pm$ 0.16	0.33	[<0.28, 0.63]	<0.28	0.54	
chi <sup>2</sup> = 8.7		p>0.05				
<b>Cenizas (% bs)</b>	<b>Media <math>\pm</math> sd</b>	<b>Mediana</b>	<b>Int. Tolerancia</b>	<b>mín</b>	<b>max</b>	
Bugadera	3.5 $\pm$ 0.4	3.6	[2.7, 4.3]	2.9	4.1	
D'en Pau	2.9 $\pm$ 0.3	2.9	[2.4, 3.5]	2.6	3.4	
Duraió	3.0 $\pm$ 0.7	3.4	[1.8, 4.3]	1.6	3.7	
Granja	3.3 $\pm$ 0.4	3.4	[2.7, 4.0]	2.9	4.0	
H2-12	3.5 $\pm$ 0.5	3.5	[2.6, 4.4]	3.0	4.1	
F= 2.7		p>0.05				

Letras diferentes en un mismo parámetro indican la existencia de diferencias significativas entre las variedades ( $p < 0.05$ ).

Tabla 23. Contenido en minerales (calcio, potasio, magnesio, sodio y fósforo) de las variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas. Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (mín) y máximo (máx), y resultado del análisis estadístico (ANOVA+Tuckey o Kruskal-Wallis+Wilcox).

Ca (mg/100 g bs)	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	max	
Bugadera	374 $\pm$ 76	339	[233, 516]	289	504	a
D'en Pau	289 $\pm$ 33	291	[227, 351]	239	338	ab
Duraió	259 $\pm$ 53	236	[161, 357]	204	334	b
Granja	352 $\pm$ 94	315	[178, 525]	277	561	ab
H2-12	408 $\pm$ 131	428	[165, 650]	210	606	ab
chi <sup>2</sup> = 14.0		p<0.01				
K (mg/100 g bs)	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	max	
Bugadera	1185 $\pm$ 195	1134	[825, 1546]	993	1472	
D'en Pau	1085 $\pm$ 177	1017	[757, 1412]	908	1396	
Duraió	1238 $\pm$ 247	1122	[780, 1696]	975	1624	
Granja	1237 $\pm$ 223	1180	[826, 1649]	1050	1756	
H2-12	1197 $\pm$ 316	1042	[612, 1782]	857	1745	
chi <sup>2</sup> =4.5		p>0.05				
Mg (mg/100 g bs)	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	max	
Bugadera	48.1 $\pm$ 13.5	43.8	[23.1, 73.1]	28.7	69.7	
D'en Pau	43.1 $\pm$ 8.0	40.6	[28.3, 57.8]	33.7	54.0	
Duraió	38.1 $\pm$ 11.0	38.9	[17.8, 58.4]	22.6	51.1	
Granja	47.3 $\pm$ 13.5	44.9	[22.3, 72.3]	34.9	73.5	
H2-12	48.1 $\pm$ 16.9	48.0	[16.8, 79.4]	22.9	72.5	
chi <sup>2</sup> =1.0		p>0.05				
Na (mg/100 g bs)	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	max	
Bugadera	12.4 $\pm$ 7.0	9.6	[0.0, 25.3]	5.4	23.5	
D'en Pau	17.5 $\pm$ 7.4	16.0	[3.8, 31.2]	9.2	29.4	
Duraió	14.7 $\pm$ 7.1	12.5	[1.6, 27.9]	6.5	23.7	
Granja	16.4 $\pm$ 9.5	14.0	[0.0, 33.9]	6.8	30.7	
H2-12	17.7 $\pm$ 7.8	20.3	[3.4, 32.1]	7.8	29.2	
chi <sup>2</sup> =4.1		p>0.05				
P (mg/100 g bs)	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	max	
Bugadera	64.2 $\pm$ 4.9	65.7	[55.2, 73.2]	54.5	69.0	b
D'en Pau	85.3 $\pm$ 4.5	85.6	[77.0, 93.7]	76.3	91.7	a
Duraió	84.0 $\pm$ 6.6	81.8	[71.7, 96.3]	76.0	94.6	a
Granja	78.4 $\pm$ 15.4	75.3	[50.0, 106.8]	64.7	113.5	ab
H2-12	71.1 $\pm$ 14.1	73.1	[45.0, 97.2]	44.9	93.5	ab
chi <sup>2</sup> =22.3		p<0.001				

Letras diferentes en un mismo parámetro indican la existencia de diferencias significativas entre las variedades ( $p < 0.05$ ).

Tabla 24. Contenido en polifenoles y taninos, y actividad antioxidante (métodos FRAP y ABTS) de las variedades de algarroba de Mallorca seleccionadas. Media y desviación estándar (sd), mediana, intervalo de tolerancia ( $p < 0.05$ ), valores mínimo (mín) y máximo (máx), y resultado del análisis estadístico (ANOVA+Tuckey o Kruskal-Wallis+Wilcox).

Polifenoles totales (mg AG/g bs)	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	max	
Bugadera	17.2 $\pm$ 4.4	16.5	[9.0, 25.3]	11.8	24.0	ab
D'en Pau	13.7 $\pm$ 1.4	14.0	[11.1, 16.2]	11.7	15.3	b
Duraió	13.3 $\pm$ 1.4	12.8	[10.7, 15.9]	11.7	15.7	b
Granja	16.4 $\pm$ 2.0	16.1	[12.6, 20.2]	13.9	19.4	ab
H2-12	19.1 $\pm$ 4.3	19.4	[11.1, 27.1]	13.3	24.6	a
F= 5.8		p<0.001				
Taninos (mg AG/g bs)	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	max	
Bugadera	5.5 $\pm$ 1.8	5.4	[2.2, 8.9]	3.3	8.4	ab
D'en Pau	3.1 $\pm$ 0.8	2.8	[1.6, 4.6]	2.2	4.4	c
Duraió	3.1 $\pm$ 0.3	3.0	[2.5, 3.7]	2.5	3.5	c
Granja	4.6 $\pm$ 0.8	4.7	[3.1, 6.2]	3.3	5.7	bc
H2-12	6.9 $\pm$ 2.4	6.8	[2.5, 11.3]	3.9	10.4	a
F=11.6		p<0.001				
AA (FRAP) (mg Trolox/g bs)	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	max	
Bugadera	36.5 $\pm$ 6.8	38.1	[24.0, 49.0]	26.1	46.5	ab
D'en Pau	28.5 $\pm$ 4.8	27.0	[19.6, 37.4]	23.0	36.8	c
Duraió	27.3 $\pm$ 2.4	27.1	[22.8, 31.8]	23.8	31.0	c
Granja	33.9 $\pm$ 3.7	33.9	[27.0, 40.8]	27.9	40.1	bc
H2-12	41.2 $\pm$ 7.3	43.3	[27.7, 54.7]	29.8	51.1	a
F=10.4		p<0.001				
AA (ABTS) (mg Trolox/g bs)	Media $\pm$ sd	Mediana	Int. Tolerancia	mín	max	
Bugadera	50.4 $\pm$ 18.9	49.8	[15.5, 85.4]	26.6	77.0	
D'en Pau	37.7 $\pm$ 5.5	37.4	[27.6, 47.8]	28.5	44.4	
Duraió	36.9 $\pm$ 2.8	36.9	[31.8, 42.0]	33.1	41.6	
Granja	46.9 $\pm$ 11.5	41.6	[25.6, 68.3]	34.2	66.1	
H2-12	52.2 $\pm$ 16.7	49.3	[21.2, 83.1]	32.0	77.4	
chi <sup>2</sup> =8.3		p>0.05				

Letras diferentes en un mismo parámetro indican la existencia de diferencias significativas entre las variedades ( $p < 0.05$ ).

## 13.Anexo 2. Tablas de comparación entre la algarroba de Mallorca y la cultivada en Tarragona.

Tabla 25. Comparación entre las características morfológicas de la algarroba de Mallorca y la cultivada en Tarragona. Media y desviación estándar (sd), y resultado del análisis estadístico ANOVA (F y p) o Kruskal-Wallis (chi<sup>2</sup> y p).

	MALLORCA		TARRAGONA		F / chi <sup>2</sup>	p
	Media	sd	Media	sd		
Longitud vaina (cm)	15.7	2.0	16.4	2.0	4.0	*
Ancho vaina (mm)	19.6	1.8	18.2	1.4	20.6	***
Espesor vaina (mm)	6.6	1.6	7.1	1.6	5.1	*
Altura del valle vaina (mm)	17.0	9.1	20.2	13.7	2.5	ns
Masa vaina <sup>#</sup> (g)	12.4	4.4	11.8	4.5	0.6	ns
Núm. semillas	12	2	13	2	8.2	**
Masa semillas (g)	2.11	0.47	2.34	0.49	5.9	*
Rendimiento semilla (%)	14.7	1.6	12.0	0.3	28.2	***
Masa semilla (mg)	183	25	186	24	0.3	ns
Volumen semilla (mm <sup>3</sup> )	140	12	141	17	0.2	ns
Área semilla (mm <sup>2</sup> )	51.6	8.8	50.4	7.6	1.8	ns
Diám. Feret (mm)	6.8	0.6	6.9	0.6	1.3	ns
Diám. Feret mín (mm)	9.7	1.1	9.6	0.8	1.1	ns
Índice de circularidad	0.71	0.06	0.73	0.07	3.4	ns

p<0.001: \*\*\*; p<0.01: \*\*; p<0.05: \*; p>0.05: ns

<sup>#</sup>sin semillas

Tabla 26. Comparación entre el color (coordenadas CIELab\* y Croma\*) de la algarroba de Mallorca y la cultivada en Tarragona. Media y desviación estándar (sd), y resultado del análisis estadístico ANOVA (F y p) o Kruskal-Wallis (chi<sup>2</sup> y p).

	MALLORCA		TARRAGONA		F ó chi <sup>2</sup>	p
	Media	sd	Media	sd		
L* exterior	25.0	1.7	24.2	1.3	7.8	**
a* exterior	4.1	0.8	3.7	0.4	0.4	ns
b* exterior	4.4	1.3	3.9	1.3	0.3	ns
C* exterior	6.1	1.3	5.5	1.2	0.6	ns
L* interior	41.8	3.4	39.9	3.4	9.8	**
a* interior	6.5	0.7	6.2	0.6	3.7	ns
b* interior	17.8	1.7	17.1	2.1	4.3	*
C* interior	19.0	1.8	18.2	2.2	4.7	*
L* harina	65.5	4.8	59.1	4.9	13.8	***
a* harina	6.6	1.0	7.0	0.9	2.0	ns
b* harina	20.7	1.5	20.5	1.5	0.3	ns
C* harina	21.8	1.7	21.7	1.7	0.1	ns
L* semilla	25.3	2.7	26.8	3.9	0.4	ns
a* semilla	14.1	1.6	12.5	0.3	2.4	ns
b* semilla	13.7	3.6	14.7	3.9	0.1	ns
C* semilla	19.7	1.6	19.5	1.7	0.1	ns

p<0.001: \*\*\*; p<0.01: \*\*; p<0.05: \*; p>0.05: ns

Tabla 27. Comparación entre la composición química, actividad de agua y actividad antioxidante de la algarroba de Mallorca y la cultivada en Tarragona. Media y desviación estándar (sd), y resultado del análisis estadístico ANOVA (F y p) o Kruskal-Wallis ( $\chi^2$  y p).

	MALLORCA		TARRAGONA		F ó $\chi^2$	p
	Media	sd	Media	sd		
Humedad pulpa (% bh)	14.6	2.6	15.7	0.4	7.6	**
Actividad de agua	0.59	0.04	0.54	0.00	19.7	***
Fructosa (% bs)	8.0	1.4	7.7	2.0	1.7	ns
Glucosa (% bs)	3.9	1.4	3.4	0.6	0.7	ns
Sacarosa (% bs)	37.5	3.9	38.4	3.7	0.3	ns
Azúcares (% bs)	49.2	3.5	49.5	3.3	0.1	ns
Proteína (% bs)	3.9	0.5	4.4	0.4	71.0	***
Fibra (% bs)	37.6	3.2	37.6	3.7	0.1	ns
Grasa (% bs)	0.26	0.16	0.32	0.20	0.9	ns
Cenizas (% bs)	3.2	0.5	3.1	0.1	1.5	ns
Ca (mg/100 g bs)	318	106	283	125	2.1	ns
K (mg/100 g bs)	1164	228	1065	114	2.6	ns
Mg (mg/100 g bs)	43.6	13.2	41.2	15.0	0.4	ns
Na (mg/100 g bs)	14.1	8.6	4.1	1.4	18.7	***
P (mg/100 g bs)	77.5	12.7	68.7	11.8	0.9	ns
Polifenoles (mg GAE/g bs)	15.8	3.1	16.7	1.0	0.9	ns
Taninos (mg GAE/g bs)	4.5	1.9	5.0	0.8	0.4	ns
AA (FRAP) (mg Trolox/g bs)	34.2	7.3	40.1	3.4	3.0	ns
AA (ABTS) (mg Trolox/g bs)	45.2	11.7	52.5	7.0	2.9	ns

p<0.001: \*\*\*; p<0.01: \*\*; p<0.05: \*; p>0.05: ns

## 14. Anexo 3. Comparación entre las variedades de algarroba de Mallorca y las cultivadas en Tarragona.

Tabla 28. Comparación entre las variedades de algarroba de Mallorca y las cultivadas en Tarragona. Variables morfológicas. Media y desviación estándar (sd).

	Bugadera				Duraió				H2-12			
	Mallorca		Tarragona		Mallorca		Tarragona		Mallorca		Tarragona	
	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd
Longitud (cm)	15.7	2.1	14.7	1.8	16.4	2.2	18.2	1.1	15.0	1.2	16.2	1.1
Ancho (mm)	20.6	1.5	17.7	1.7	20.2	1.2	19.0	0.8	17.9	1.3	17.9	1.1
Espesor (mm)	5.5	0.7	5.9	1.3	8.6	0.7	8.9	0.9	5.6	0.7	6.6	0.8
Altura del valle (mm)	11.1	3.2	8.2	2.0	16.9	3.4	17.6	2.1	9.1	1.5	9.8	1.2
Masa (g)	19	8	20	14	12	6	21	14	20	9	20	13
Núm. semillas	11	2	12	1	11	2	14	2	12	2	12	2
Masa semillas (g)	2.08	0.51	1.95	0.23	2.23	0.52	2.84	0.36	2.02	0.30	2.21	0.35
Rendimiento semillas (%)	16.4	0.8	12.3	0.2	14.8	0.8	11.9	0.2	13.0	0.2	11.7	0.1
Masa semilla (mg)	185	11	166	1	194	28	210	1	170	6	180	3
Volumen semilla (mm <sup>3</sup> )	138	7	127	3	151	12	163	3	131	7	133	3
Área semilla (mm <sup>2</sup> )	53	7	43	5	52	12	57	6	50	5	51	4
Diám. Feret (mm)	10.3	1.0	9.5	1.2	9.3	1.2	9.8	0.5	9.4	0.6	9.5	0.5
Diám. Feret mín (mm)	6.8	0.3	6.4	0.4	7.0	0.8	7.5	0.5	6.8	0.4	6.9	0.4
Índice circularidad	0.66	0.06	0.68	0.07	0.75	0.04	0.76	0.05	0.72	0.04	0.73	0.05

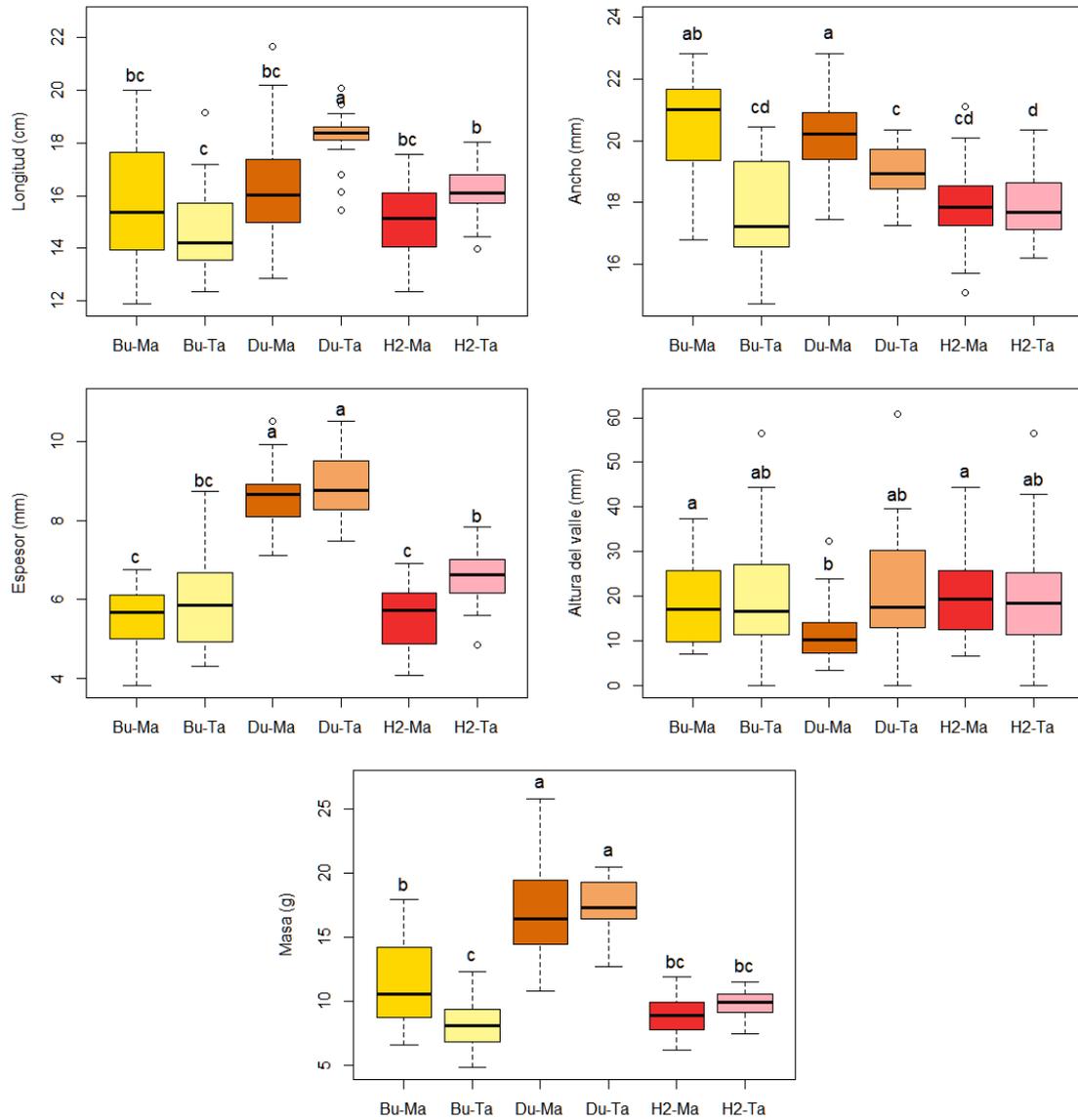


Figura 74. Comparación entre variedades y zonas de cultivo. Variables morfológicas de la vaina. Algarroba de Mallorca (Ma) y cultivada en Tarragona (Ta) de las variedades Bugadera (Bu), Duraió (Du) y H2-12 (H2).

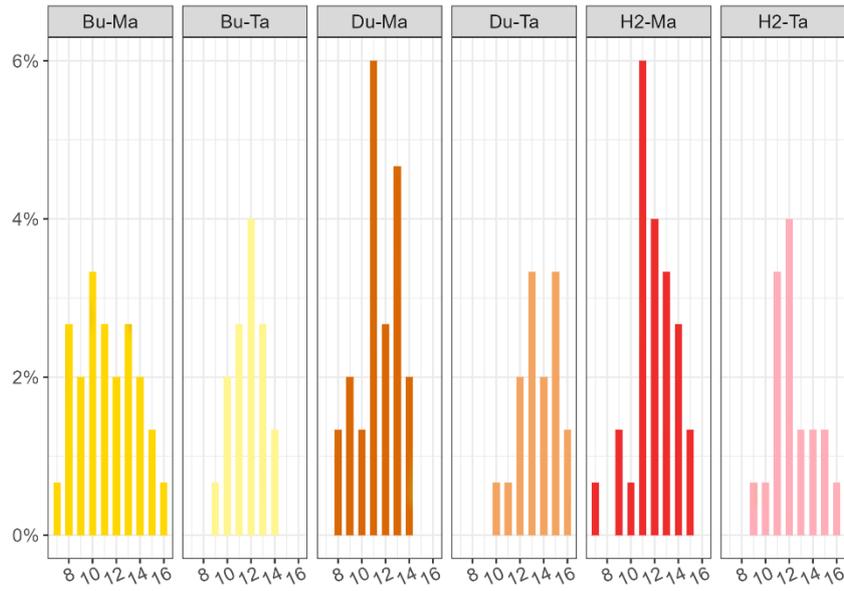


Figura 75. Comparación entre variedades y zonas de cultivo. Distribución de frecuencias del número de semillas en una vaina. Algarroba de Mallorca (Ma) y cultivada en Tarragona (Ta) de las variedades Bugadera (Bu), Duraió (Du) y H2-12 (H2).

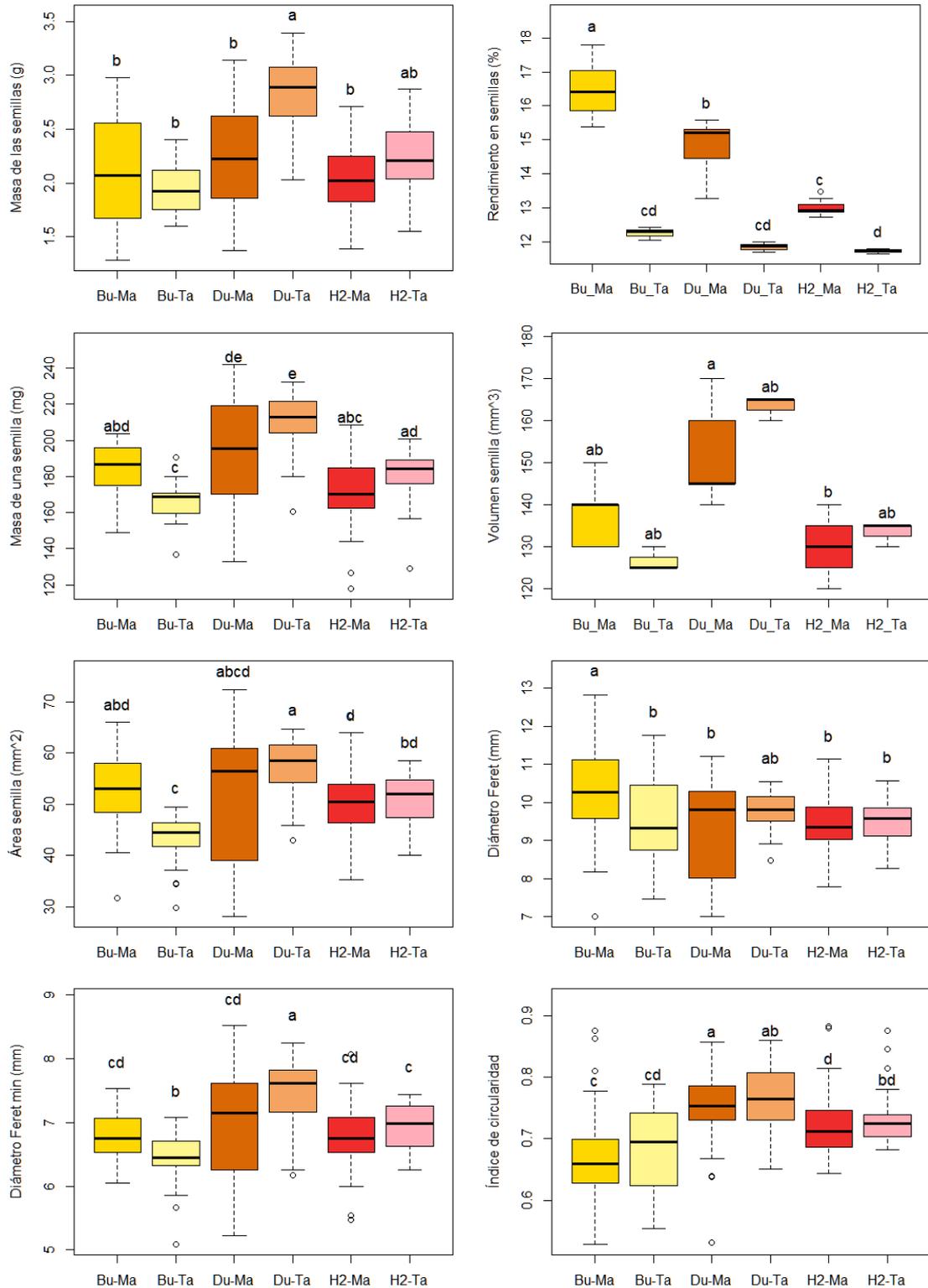


Figura 76. Comparación entre variedades y zonas de cultivo. Variables morfológicas de las semillas. Algarroba de Mallorca (Ma) y cultivada en Tarragona (Ta) de las variedades Bugadera (Bu), Duraió (Du) y H2-12 (H2).

Tabla 29. Comparación entre las variedades de algarroba de Mallorca y las cultivadas en Tarragona. Variables de color. Media y desviación estándar (sd).

	Bugadera				Duraió				H2-12			
	Mallorca		Tarragona		Mallorca		Tarragona		Mallorca		Tarragona	
	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd
L* exterior	25.2	1.7	22.6	0.2	25.9	1.8	24.7	0.8	26.1	0.5	25.2	0.3
a* exterior	4.4	0.9	3.3	0.3	3.5	0.8	3.9	0.2	4.2	0.7	4.0	0.2
b* exterior	4.4	2.1	2.4	0.2	4.5	1.5	5.3	0.3	3.9	1.4	4.1	0.9
C* exterior	6.3	2.1	4.1	0.2	5.7	1.6	6.6	0.4	5.7	1.4	5.7	0.6
L* interior	44.8	1.3	35.6	0.7	41.6	2.0	41.5	0.8	45.2	1.8	42.7	1.3
a* interior	6.5	0.9	5.5	0.2	6.8	0.7	6.4	0.2	6.9	0.7	6.7	0.5
b* interior	19.2	2.1	14.5	1.1	17.9	1.2	18.3	0.8	18.4	0.9	18.6	0.6
C* interior	20.3	2.2	15.5	0.9	19.1	1.4	19.3	0.8	19.6	0.9	19.8	0.6
L* harina	64.1	5.5	52.6	0.6	67.8	4.2	61.7	0.2	65.4	3.7	63.0	0.2
a* harina	6.4	0.8	8.2	0.2	6.3	0.8	6.3	0.0	6.5	0.8	6.4	0.1
b* harina	21.7	0.6	22.3	0.8	20.3	0.9	19.0	0.3	20.3	0.5	20.3	0.2
C* harina	22.7	0.7	23.8	0.8	21.2	1.1	20.0	0.3	21.3	0.7	21.3	0.2
L* semilla	26.4	1.0	24.1	0.5	22.4	0.6	24.4	0.2	29.4	2.0	32.0	0.4
a* semilla	12.8	0.5	12.4	0.2	12.1	0.6	12.7	0.2	13.9	0.4	12.3	0.1
b* semilla	15.3	1.3	12.3	0.5	9.6	0.9	12.0	0.5	19.1	2.2	19.9	0.5
C* semilla	20.0	0.7	17.4	0.8	15.5	1.1	17.5	0.3	23.7	0.7	23.4	0.2

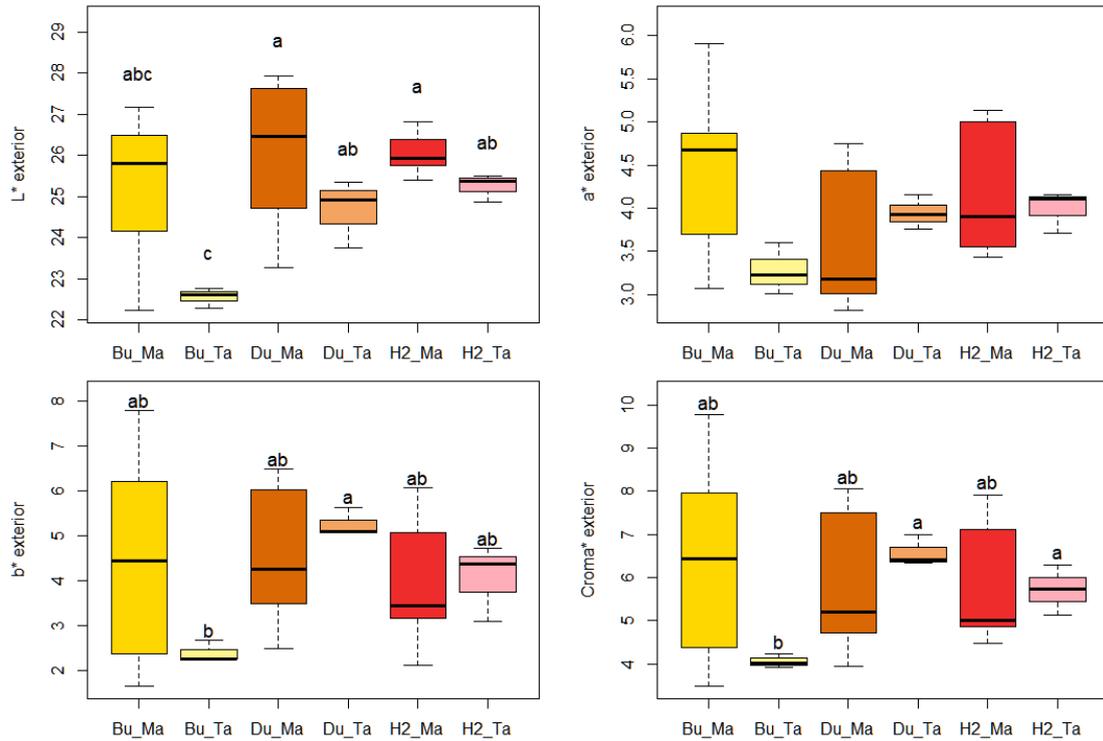


Figura 77. Comparación entre variedades y zonas de cultivo. Variables de color exterior. Algarroba de Mallorca (Ma) y cultivada en Tarragona (Ta) de las variedades Bugadera (Bu), Duraió (Du) y H2-12 (H2).

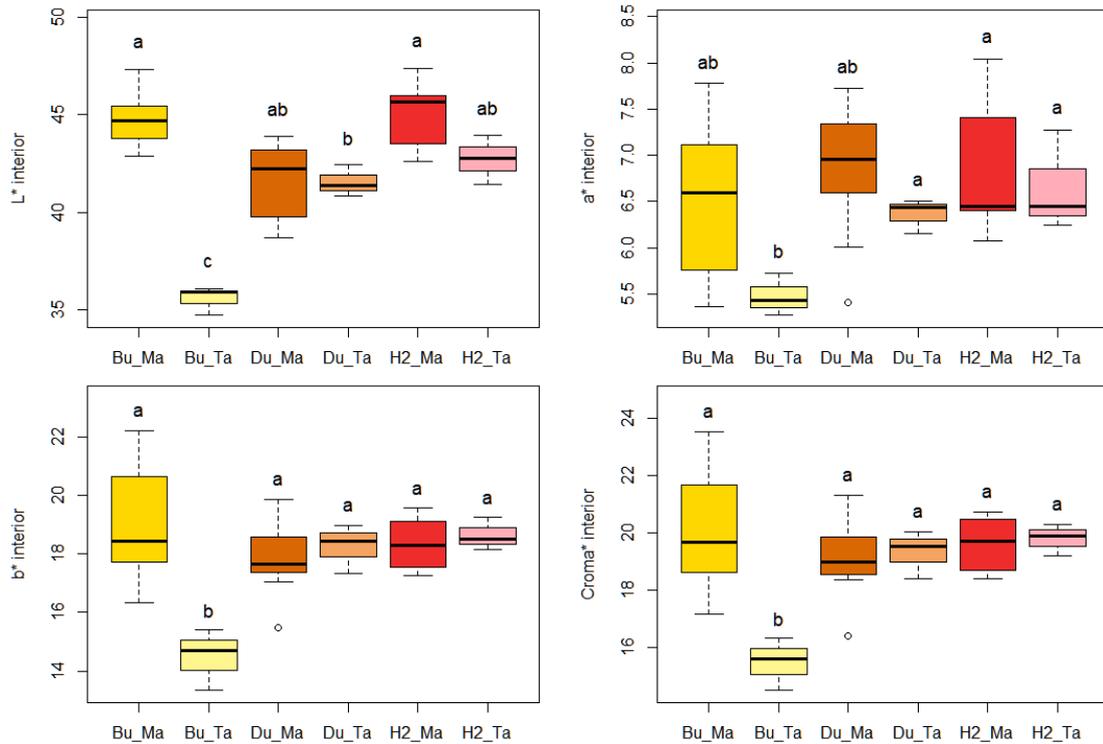


Figura 78. Comparación entre variedades y zonas de cultivo. Variables de color interior. Algarroba de Mallorca (Ma) y cultivada en Tarragona (Ta) de las variedades Bugadera (Bu), Duraió (Du) y H2-12 (H2).

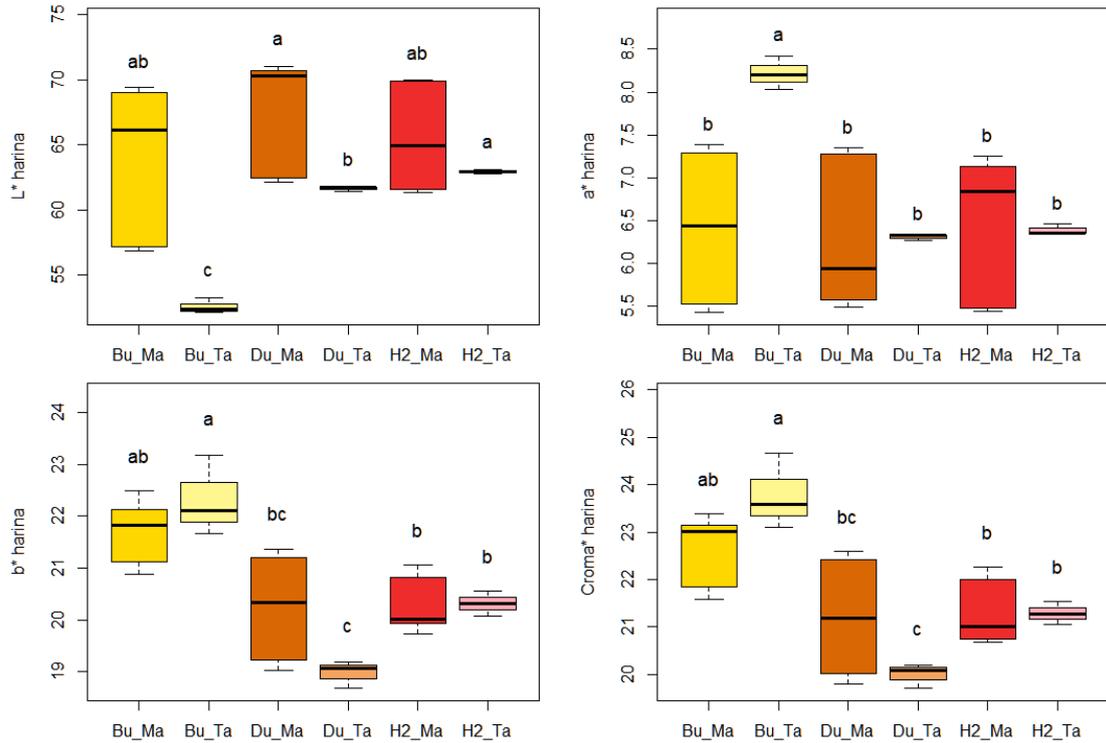


Figura 79. Comparación entre variedades y zonas de cultivo. Variables de color de la harina. Algarroba de Mallorca (Ma) y cultivada en Tarragona (Ta) de las variedades Bugadera (Bu), Duraió (Du) y H2-12 (H2).

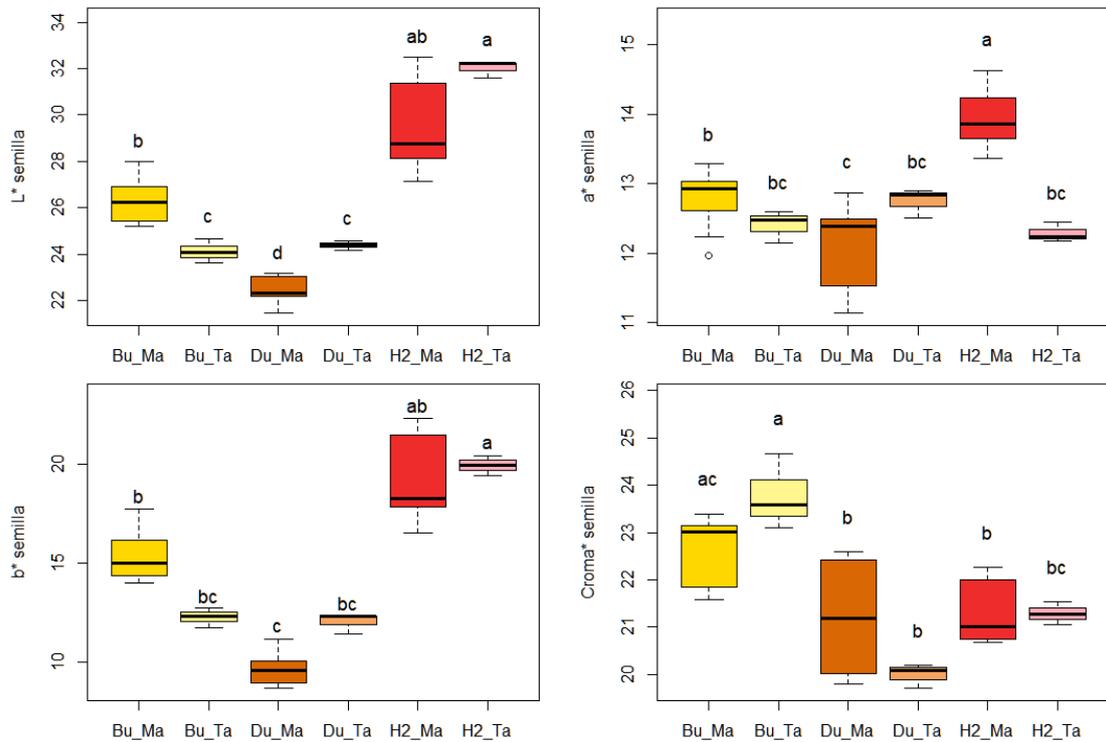


Figura 80. Comparación entre variedades y zonas de cultivo. Variables de color de las semillas. Algarroba de Mallorca (Ma) y cultivada en Tarragona (Ta) de las variedades Bugadera (Bu), Duraió (Du) y H2-12 (H2).

Tabla 30. Comparación entre las variedades de algarroba de Mallorca y las cultivadas en Tarragona. Variables químicas y actividad de agua. Media y desviación estándar (sd).

	Bugadera				Duraió				H2-12			
	Mallorca		Tarragona		Mallorca		Tarragona		Mallorca		Tarragona	
	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd	media	sd
<b>Humedad pulpa</b>	14.0	2.4	15.9	0.2	14.3	2.2	16.0	0.1	13.1	1.4	15.3	0.1
<b>aw</b>	0.60	0.01	0.55	0.01	0.60	0.04	0.54	0.01	0.59	0.02	0.54	0.01
<b>Fructosa</b>	8.4	0.8	10.3	0.7	7.5	0.6	6.1	0.5	7.7	1.1	6.7	0.4
<b>Glucosa</b>	3.2	0.5	3.9	0.2	3.5	0.6	2.7	0.1	3.9	0.2	3.5	0.4
<b>Sacarosa</b>	38.0	1.8	36.5	1.8	40.9	2.4	42.9	2.1	34.5	1.8	35.8	0.4
<b>Azúcares</b>	49.6	2.5	50.8	2.7	51.9	2.7	51.7	2.7	46.2	2.7	46.0	1.2
<b>Proteína</b>	3.7	0.1	4.1	0.0	3.5	0.2	4.3	0.3	3.5	0.2	4.9	0.1
<b>Fibra</b>	36.9	3.0	37.8	0.2	35.5	1.9	33.2	0.3	41.0	3.4	41.8	0.3
<b>Grasa</b>	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.6	0.1
<b>Cenizas</b>	3.5	0.4	3.1	0.0	3.0	0.7	3.0	0.1	3.5	0.5	3.1	0.0
<b>Ca</b>	374	76	438	13	259	53	155	6	408	131	255	10
<b>K</b>	1185	195	917	18	1238	247	1152	35	1197	316	1127	19
<b>Mg</b>	48.1	13.5	59.8	6.9	38.1	11.0	27.8	5.2	48.1	16.9	36.0	1.3
<b>Na</b>	12.4	7.0	3.0	0.3	14.7	7.1	5.0	2.1	17.7	7.8	4.1	0.8
<b>P</b>	64.2	4.9	53.7	0.2	84.0	6.6	79.9	2.3	71.1	14.1	72.5	1.4
<b>Polifenoles</b>	17.2	4.4	16.0	0.4	13.3	1.4	16.2	0.7	19.1	4.3	17.9	0.2
<b>Taninos</b>	5.5	1.8	4.9	0.5	3.1	0.3	4.2	0.2	6.9	2.4	5.8	0.5
<b>AA_FRAP</b>	36.5	6.8	42.1	2.6	27.3	2.4	37.6	3.3	41.2	7.3	40.7	3.6
<b>AA_ABTS</b>	50.4	18.9	58.3	4.8	36.9	2.8	45.0	3.9	52.2	16.7	54.1	4.6

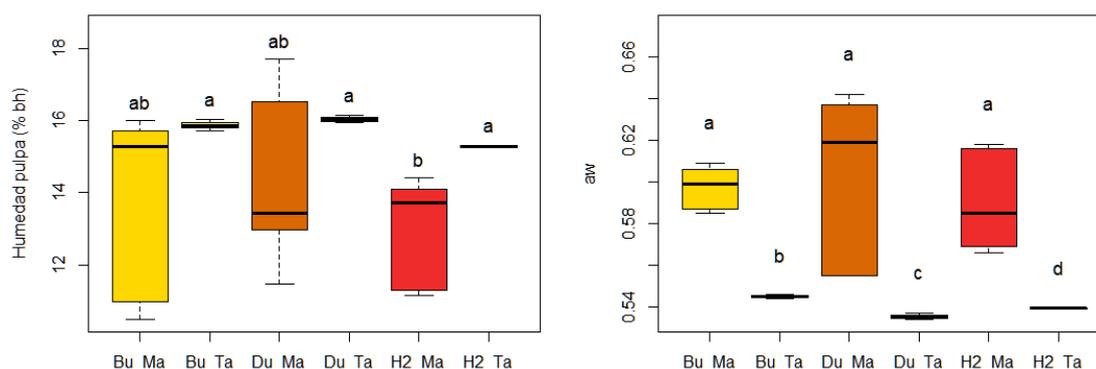


Figura 81. Comparación entre variedades y zonas de cultivo. Contenido en humedad y actividad de agua. Algarroba de Mallorca (Ma) y cultivada en Tarragona (Ta) de las variedades Bugadera (Bu), Duraió (Du) y H2-12 (H2).

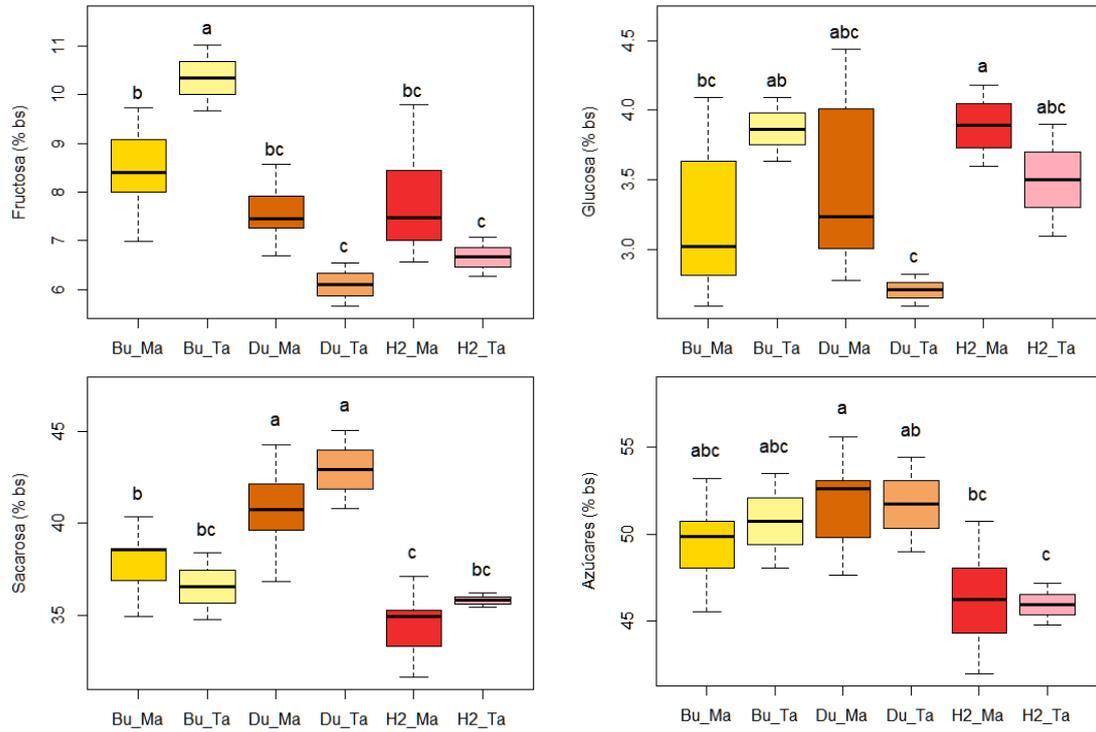


Figura 82. Comparación entre variedades y zonas de cultivo. Contenido en fructosa, glucosa, sacarosa y azúcares totales. Algarroba de Mallorca (Ma) y cultivada en Tarragona (Ta) de las variedades Bugadera (Bu), Duraió (Du) y H2-12 (H2).

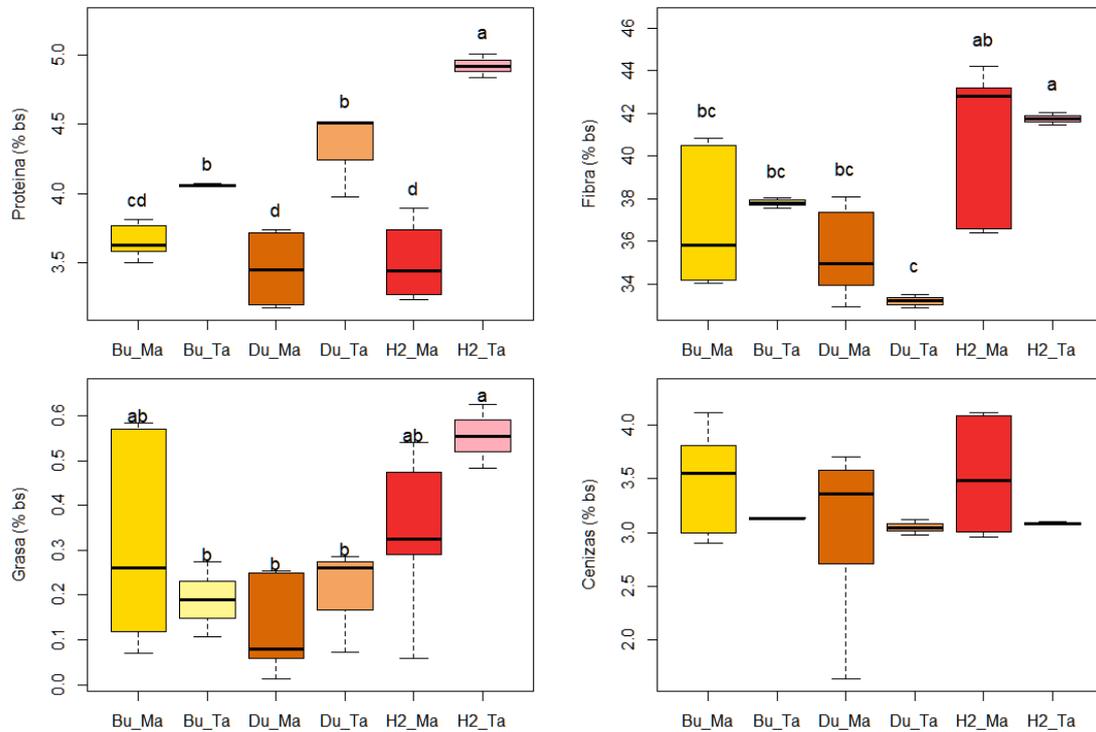


Figura 83. Comparación entre variedades y zonas de cultivo. Contenido en proteína, fibra, grasa y cenizas. Algarroba de Mallorca (Ma) y cultivada en Tarragona (Ta) de las variedades Bugadera (Bu), Duraió (Du) y H2-12 (H2).

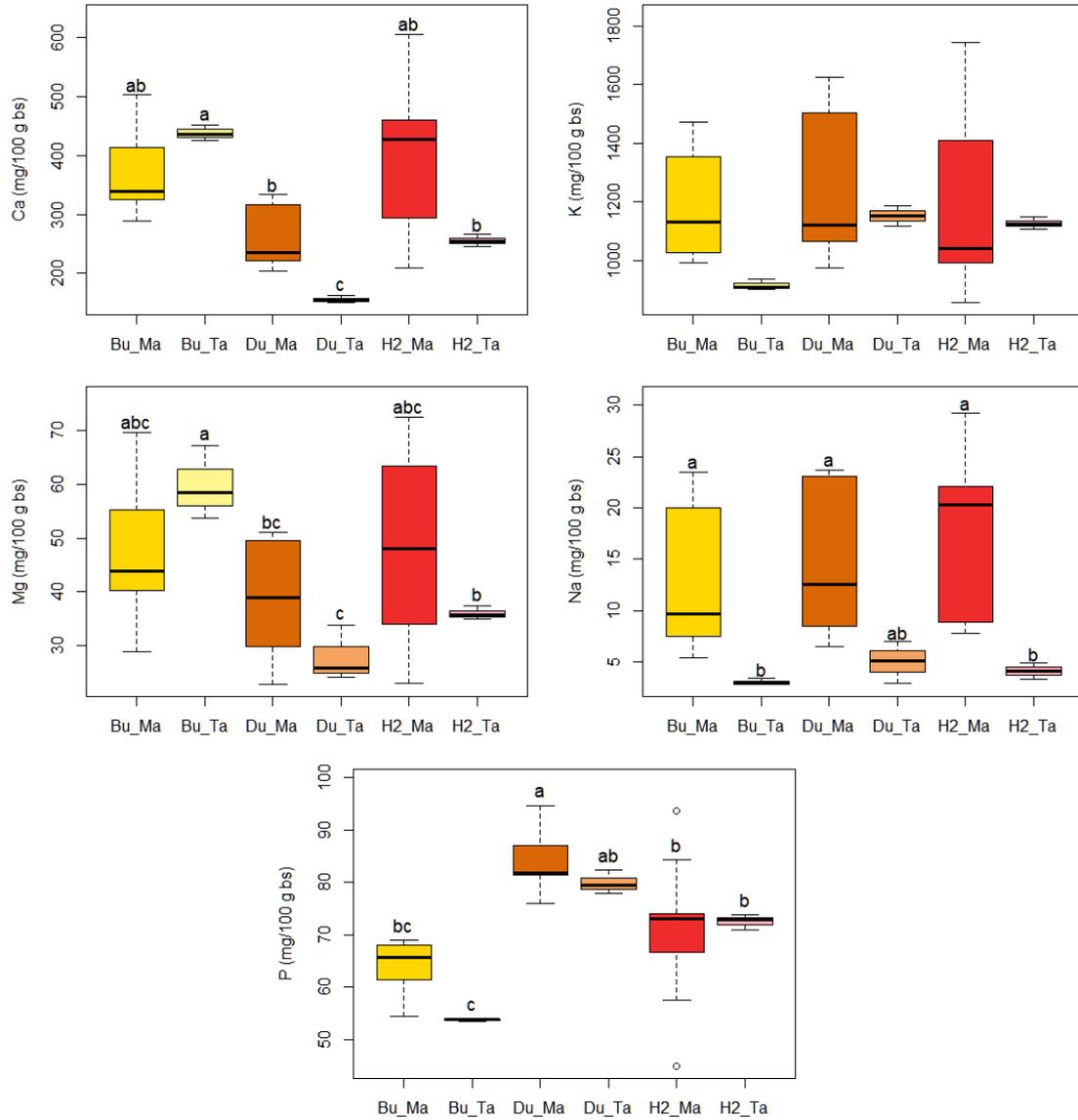


Figura 84. Comparación entre variedades y zonas de cultivo. Contenido en minerales. Algarroba de Mallorca (Ma) y cultivada en Tarragona (Ta) de las variedades Bugadera (Bu), Duraió (Du) y H2-12 (H2).

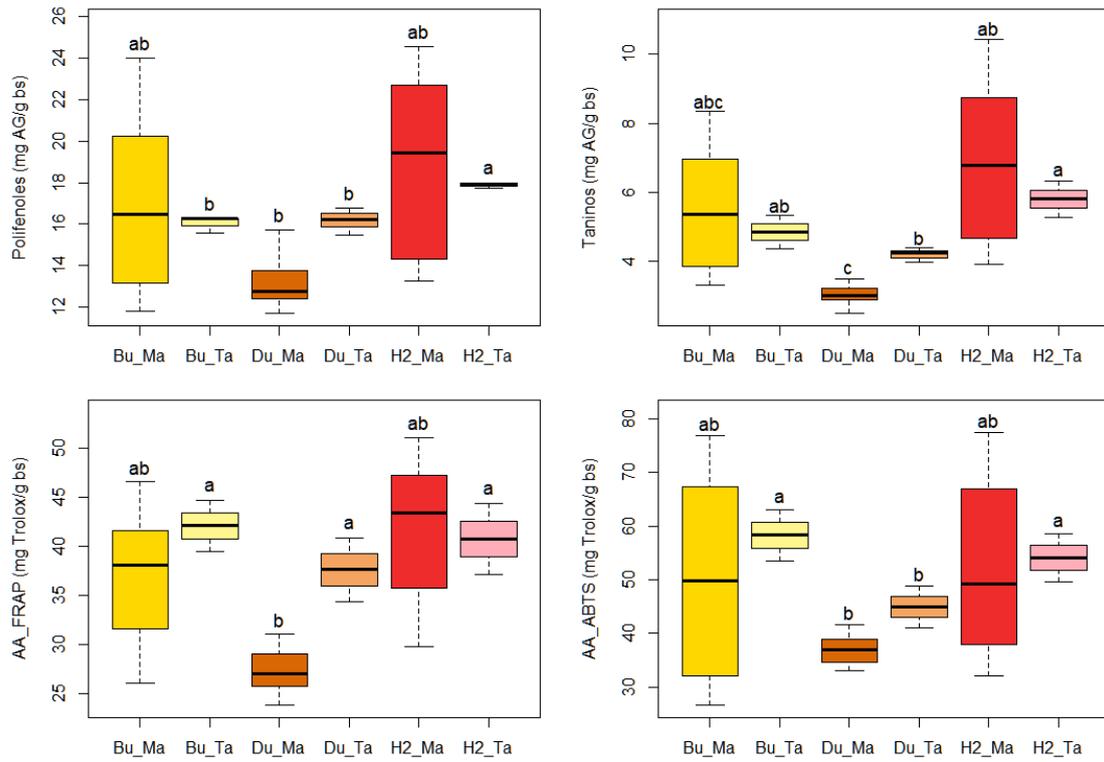


Figura 85. Comparación entre variedades y zonas de cultivo. Contenido en compuestos antioxidantes y actividad antioxidante. Algarroba de Mallorca (Ma) y cultivada en Tarragona (Ta) de las variedades Bugadera (Bu), Duraió (Du) y H2-12 (H2).