

Justificación técnica. Proyecto: BIA13/21

***Título:*** *Caracterització de la mel de Formentera i estudi del vincle amb el medi geogràfic*

***Nombre y apellidos del investigador principal:*** Carmen Rosselló Matas

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

## 1. Resumen del proyecto:

Los alimentos con calidad diferenciada forman parte de la actual riqueza alimentaria balear y constituyen un patrimonio gastronómico que se encuentra ligado íntimamente a la tierra de la que es originario, puesto que son el resultado de la combinación de historia, tradición y medio geográfico en el cual se producen o elaboran.

Se ha llevado a cabo la caracterización químico-física, melisopalinológica y sensorial de la miel de Formentera. Se han identificado los tipos de miel en base a su perfil polínico y se ha realizado un estudio comparativo de las características físico-químicas de los tipos de miel, así como de la posible diferenciación con las mieles DOP Miel de Ibiza.

Como conclusiones de este estudio, cabe destacar que la miel de Formentera (recolectada una vez al año en el mes de julio) presenta un espectro polínico multifloral compuesto por pólenes de las especies botánicas silvestres de Formentera y puede clasificarse en dos tipos en relación con su contenido en polen mayoritario (miel de Cuernecillos y mieles milflores).

Las mieles de Formentera se caracterizan por la presencia de polen de las siguientes especies botánicas: Lotus sp (cuernecillos), Echium sp (chupamieles), palmito y cardo. Las especies botánicas descritas actúan como marcadores del origen geográfico de producción. No se detecta la presencia de Cistus ladanifer.

Las características físicoquímicas de las mieles de Formentera no parecen depender de la localización de los apiarios dentro de la isla y se pueden agrupar en dos tipos mayoritarios en función de su perfil polínico y características físico-químicas: Miel de Cuernecillos y miel milflores. No se han detectado diferencias significativas entre ambos tipos de mieles. Asimismo, se puede afirmar que la miel de Formentera se distingue de la miel de Ibiza por sus características físicoquímicas.

## 2. Objetivos del proyecto:

El objetivo fundamental de este proyecto consiste en obtener la información científica para contribuir al conocimiento de la miel de Formentera mediante su caracterización físico-química, melisopalinológica (espectro polínico) y sensorial y, si es posible, demostrar sus características diferenciales y su vinculación con la isla de Formentera.

La información obtenida en este estudio permitirá evaluar la posibilidad de solicitar el reconocimiento de la calidad del producto mediante una DOP/IGP. Es decir, tiene como finalidad disponer de datos precisos y objetivos que avalen la solicitud de una denominación de calidad para la Miel de Formentera.

Este objetivo general se concreta en los siguientes objetivos parciales:

1. Descripción de la zona geográfica tradicional de producción y elaboración del producto.

2. Identificación de los tipos de miel producidos en Formentera en función de sus características físico químicas y espectro polínico, temporada de recolección y condiciones y métodos de producción.

3. Descripción de los tipos de mieles seleccionados. Caracterización del producto y selección de parámetros que puedan dar lugar a una diferenciación cualitativa en relación con los de su misma naturaleza.

### 3. Equipo investigador:

Investigadora responsable:

Dra. Carmen Rosselló Matas, Catedrática de Ingeniería Química de la UIB.

Investigadoras:

Dra Esperança Dalmau Estelrich. Contratada postdoctoral de la UIB

Sra Beatriz Rayo Aguilar. Máster en Ciencia y Tecnología Química. UIB

### 4. Actuaciones y metodología:

La miel de Formentera se suele recolectar desde la primera quincena de mayo hasta la primera quincena de julio.

En el marco del presente estudio, se han utilizado muestras de miel de Formentera de diferentes elaboradores y zonas de la isla recolectadas en los años 2020, 2021, 2022 y 2023. Estas muestras han sido proporcionadas por los apicultores de Formentera y enviadas por transporte urgente a las dependencias de la UIB.

Como muestras externas se dispone de información de las características físico-químicas y espectro polínico de 41 muestras de la miel de Eivissa proporcionada por el *Institut de Qualitat Alimentaria* (CAIB).

#### 4.1. Recogida y manipulación de muestras

- Protocolo de recogida de la miel

Las muestras de miel se obtuvieron directamente de apicultores de Formentera gracias a su participación en el proyecto, y a la colaboración del Consell Insular de Formentera.

Para llevar a cabo la recolección de la miel, se utilizó un protocolo que se encuentra detallado en el Anexo 1. Además, para cada muestra de miel, los apicultores completaron una encuesta incluyendo los datos de contacto, la localización del apiario, la descripción del entorno, el tipo de manejo, el estado sanitario de los apiarios, las condiciones de extracción y envasado, la antigüedad de la cera de las alzas utilizadas y cualquier comentario que el apicultor considerase importante incluir. El modelo de encuesta se encuentra en el AL Anexo II.

- Muestras de miel

### *Miel de Formentera*

En este estudio se analizaron 20 muestras de miel de Formentera, recolectadas en diferentes zonas de la isla de Formentera. En la tabla 4.1 se presenta la distribución de muestras de acuerdo con las zonas establecidas.

Tabla 4.1.1. Muestras de miel de Formentera utilizadas en el estudio.

	Nº de muestras
<b>San Ferran (SF)</b>	1
<b>San Francesc (SFX)</b>	3
<b>Can Marroig (CM)</b>	3
<b>Es Calo (EC)</b>	1
<b>Es Cab de Barbaria (CB)</b>	3
<b>El Pilar de la Mola (LM)</b>	5
<b>Mezcla de mieles (M)</b>	4
<b>TOTAL</b>	20

En la Tabla 4.2 se presenta el número de muestras recogidas en función del año de producción.

Tabla 4.1.2 Muestras de miel de Formentera según el año de producción.

	Nº de muestras
<b>2020</b>	2
<b>2021</b>	3
<b>2022</b>	5
<b>2023</b>	10
<b>TOTAL</b>	20

Para visualizar mejor la distribución de muestras por zonas se han representado los porcentajes (%) de muestras de miel en cada ubicación (Figura 4.1).

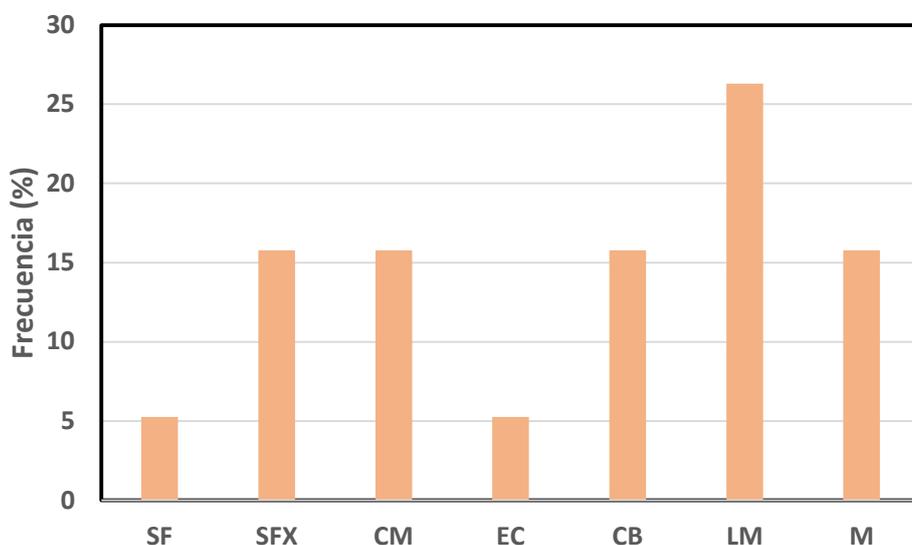


Figura 4.1.1. Distribución por zonas. Miel de Formentera

Muestras de miel de Formentera fueron enviadas a las dependencias de la UIB por transporte urgente y conservadas a  $15.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$  en oscuridad para mantener su calidad durante todo el tiempo necesario para su análisis. Las muestras se dividieron en 3 partes, 50 g se destinaron al análisis polínico, una porción se reservó para los análisis que se ven afectados por un aumento de temperatura (contenido en HMF, actividad diastásica y sensorial), y la tercera porción se utilizó para el resto de las analíticas en las que se realizó un calentamiento al baño maría a  $60^\circ\text{C}$  en caso de que fuera necesario. Para homogeneizar las muestras de miel líquida, se colocó el bote boca abajo durante entre 30 y 60 s, después se agitó tres veces (cada vez con dos giros, boca arriba-boca abajo) asegurando que el aire del bote llega de una parte a la otra. En el caso de muestras cristalizadas y/o poco fluidas, se procedió a agitar con una varilla de vidrio.

Debido al bajo volumen de muestra suministrado, muestra nº 12 no pudo ser analizada fisicoquímica y únicamente pudieron ser analizadas sensorialmente las muestras 8, 13 y 16.

#### *Miel externa de DOP Miel d'Eivissa*

Se dispone de los resultados analíticos de las características fisicoquímicas de 41 muestras de miel de Eivissa.

## 4.2. Diseño experimental

Todas las muestras de miel de Formentera fueron sometidas a determinaciones analíticas para su caracterización fisicoquímica. Además, se determinaron las características melisopalínológicas (espectro polínico) de las muestras y se llevó a cabo la caracterización sensorial.

Las determinaciones físico-químicas realizadas fueron:

- Contenido en humedad (%)
- Actividad de agua

- Color (mm Pfund)
- Conductividad eléctrica (mS/cm)
- Sólidos insolubles (%)
- Azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa) (%)
- Acidez libre (meq/kg)
- Contenido en hidroximetilfurfural (mg/kg)
- Actividad diastásica (escala Schade)
- Contenido en Polifenoles Totales (mg ac. Gálico/100g bh )
- Actividad antioxidante (mg trolox/100g bh)

Como muestras externas se han utilizado los valores de las características fisicoquímicas de la miel de Eivissa, proporcionados por *L'Institut de Qualitat Agroalimentària de les Illes Balears (IQUA)*. Se dispone de información en relación con los siguientes parámetros fisicoquímicos:

- Contenido en humedad (%)
- Color (mm Pfund)
- Conductividad eléctrica (mS/cm)
- Sólidos insolubles (%)
- Azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa) (%)
- Acidez libre (meq/kg)
- Contenido en hidroximetilfurfural (mg/kg)
- Actividad diastásica (escala Schade)

Asimismo, se llevó a cabo un análisis estadístico de los resultados obtenidos mediante:

- Aplicación de técnicas estadísticas univariadas para establecer los valores medios e intervalos de tolerancia para cada parámetro físico-químico.
- Aplicación de técnicas estadísticas univariadas y multivariadas para evaluar la existencia de diferencias significativas entre las características fisicoquímicas de las muestras de miel de Formentera, y mieles de Eivissa.

#### 4.3. Materiales y métodos

En este apartado se describen los métodos utilizados para la caracterización física, química y sensorial, así como para los análisis estadísticos realizados.

- Contenido en humedad

La determinación del contenido en humedad se realizó por refractometría según el método oficial AOAC 969.38B (AOAC Official Method, 1998c). La muestra se atemperó a 20 °C y la determinación se realizó con un refractómetro de sobremesa Abbe (modelo 325, Zuzi, Italia) termostaticado a 20 °C (Tectron Bio, Selecta, España).

Las muestras de mieles líquidas no cristalizadas se homogeneizaron por agitación. Las muestras que presentaron cristalización parcial o total, se fundieron a baño de María a 60-65 °C y seguidamente se atemperaron a 20 °C. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

- Actividad de agua

La actividad de agua (aw) de las muestras de miel líquidas y cristalizadas se determinó a  $25 \pm 0.2$  °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.

- Color (mm Pfund)

El color de las muestras de miel se determinó mediante el método Pfund descrito por de Sousa et al. (2016). Se determinó la absorbancia a 636 nm de las mieles diluidas 1:2 (p/v) en agua miliq, convirtiéndose a la escala Pfund mediante la ecuación 1. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

Pfund es una escala universal de color de la USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos) para la designación del color de la miel. En la figura 4.2 se muestra dicha clasificación, según el rango de mmPfund.

$$\text{Color (mm Pfund)} = -38.7 + 371.39 \times \text{Abs}(636\text{nm}) \quad [\text{ec. 1}]$$

						
<b>Blanco agua</b>	<b>Extra blanco</b>	<b>Blanco</b>	<b>Ámbar extra claro</b>	<b>Ámbar claro</b>	<b>Ámbar</b>	<b>Ámbar oscuro</b>
≤8	(8-17]	(17-34]	(34-50]	(50-85]	(85-114]	≥ 114

Figura 4.2. Escala Pfund (mm Pfund) para medir el color de la miel.

- Conductividad eléctrica

Se determinó la conductividad eléctrica de la miel según la metodología descrita por la *International Honey Commission* (2009)<sup>1</sup>. La medida se realizó a 25 °C en una muestra de miel diluida en agua miliq, 1:5 (p:V), empleando un conductímetro (HI9033, Hanna Instruments SRL, Italia), previamente calibrado. Los resultados se expresan en mS/cm. Las medidas se realizaron por triplicado.

<sup>1</sup> <https://www.ihc-platform.net/ihcmethods2009.pdf>

- Sólidos insolubles

El contenido en sólidos insolubles en agua se determinó de acuerdo al método descrito por Belay et al. (2013), con pequeñas modificaciones. Se determinó el contenido de sólidos insolubles en agua como la masa de residuo seco obtenido después del filtrado de la disolución de miel.

Se preparó una disolución de miel (~ 20 g miel/50 mL de agua destilada atemperada a 80 °C), se le ajustó el pH entre 8-9 con NaOH 0.1 N, seguidamente se filtró a través de un filtro de tamaño de poro de 10-40 µm (Whatman 541) previamente secado a 135 °C, se lavó el filtrado con agua a 80 °C y se secó el residuo a 135 °C durante 1 h (hasta peso constante). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

El contenido en sólidos insolubles se calcula según la ecuación 6:

$$\% \text{ sólidos insolubles } \left( \frac{g}{100g} \right) = \frac{m_1}{m_2} \times 100 \quad [\text{eq. 2}]$$

dónde:

- $m_1$  es el peso (g) de residuo seco
  - $m_2$  es peso (g) de la muestra de miel
- Contenido en azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa)

El perfil de azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa), se determinó mediante HPLC de acuerdo al método oficial AOAC 977.20 (AOAC Official Method, 2006). Se pesaron aproximadamente 5 g de miel y se enrasó a 50 mL con una disolución 1:1 de acetonitrilo/agua. A continuación, 2 mL de esta disolución filtrada (0.45 µm, filtros PTFE) se vertieron en los viales de cromatografía. La determinación de los azúcares se realizó utilizando un cromatógrafo Waters con inyector automático WISP700, sistemas de bombas 600, detector modular refractómetro 410 y software Empower. Se empleó una columna (Columna 300 x 4 (di) mm µ-Bondapak/Carbohydrate (waters associates núm. 84038) y una disolución de acetonitrilo en agua miliq (83:17) como fase móvil (caudal 1 mL/min, isocrático y a temperatura ambiente). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

- Acidez libre

La acidez libre de las muestras de miel se determinó por titulación siguiendo el método oficial AOAC 962.19 (AOAC Official Method, 1998b).

Las determinaciones se realizaron por triplicado, expresándose el resultado en meq/kg.

- Contenido en hidroximetilfurfural

El contenido en hidroximetilfurfural (HMF) en muestras de miel se determinó por el método espectrofotométrico, de acuerdo al método oficial AOAC 980.23 (AOAC Official Method, 1998d).

Las determinaciones se realizaron por triplicado, expresándose el resultado en mg/kg.

- Actividad diastásica

La actividad diastásica se determinó según el método oficial AOAC 958.09 (AOAC Official Method, 1998a). La enzima diastasa tiene como función catalizar la hidrólisis del almidón, por tanto, el método se basa en el seguimiento de la hidrólisis de una solución de almidón normalizada por la acción del enzima presente en la miel, empleando una solución de I<sub>2</sub> (0.7 mM) como revelador.

Se representan los datos de absorbancia en función del tiempo (min), y se interpola el tiempo para una absorbancia de 0.235. Los resultados se expresan en número de diastasa (ND) (escala de Schade) según la ecuación 7.

$$ND = \frac{300}{\text{tiempo (min)}} \quad [\text{eq. 3}]$$

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

- Contenido en polifenoles totales

Se determinó el contenido total en compuestos fenólicos de las muestras en base al método espectrofotométrico Folin-Ciocalteu descrito por Singleton & Rossi (1965), con ciertas modificaciones para ser adaptado al análisis en microplacas (Eim et al., 2013). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

- Actividad antioxidante

Se determinó la capacidad antioxidante por el método ABTS mediante la metodología descrita por Re et al. (1999), a la cual se realizaron ciertas modificaciones para adaptarla al análisis con microplacas (González-Centeno et al., 2012). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

- Espectro polínico

El análisis de las características melisopalínológicas de las muestras de miel se realizó según la metodología recogida en el BOE núm. 145 de 18 de junio de 1986 (BOE núm. 145, 1986). El método consiste en el conteo del polen presente en la muestra observado por microscopía óptica, previa tinción de la muestra con fuscina básica. Este análisis se realizó en el laboratorio externo “Pajuelo Consultores Apícolas” (Castellón, España). El resultado se expresa como porcentaje de las diferentes variedades polínicas presentes en la muestra.

- Caracterización sensorial

Este análisis se realizó en el laboratorio externo “Pajuelo Consultores Apícolas” (Castellón, España) sobre 3 muestras de miel de Formentera de la que se disponía de un tamaño de muestra suficiente (Gómez-Pajuelo y Gonell, 2022).

- 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, 2019).

### Análisis univariante

Para cada parámetro físico-químico de las muestras de miel de Formentera y de Eivissa se determinó la media, la desviación estándar, la mediana y el intervalo de tolerancia en ambos grupos.

Para cada una de estas agrupaciones, se determinó la distribución de frecuencias dentro del conjunto de muestras evaluadas distinguiendo entre miel de Formentera y de Eivissa.

Para visualizar las diferencias entre grupos de muestras, los resultados se representaron en forma de diagramas de caja. 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". Para ilustrar este tipo de representación se presenta la Figura 4.3. Los extremos superior e inferior de la caja representan los percentiles 25 ( $Q_1$ ) y 75 ( $Q_3$ ) 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 ( $Q_3 - Q_1$ ). Para dibujar las líneas que se extienden desde la caja (bigotes), hay que calcular los límites mínimo ( $Q_1 - 1.5 \text{ IQR}$ ) y máximo ( $Q_3 + 1.5 \text{ IQR}$ ), 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.

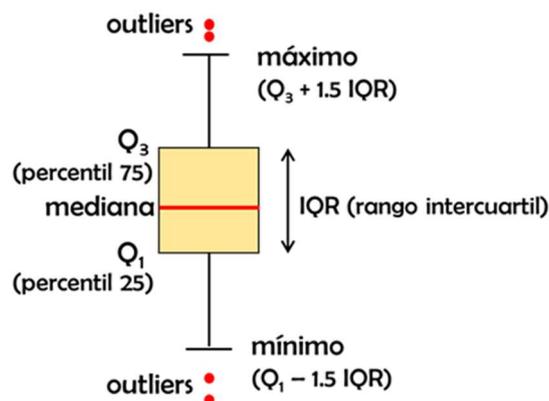


Figura 4.3. Ilustración de los diagramas de caja (box plots).

Para evaluar la existencia de diferencias significativas entre muestras respecto a una variable, se utilizaron métodos paramétricos; se empleó el 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 Tukey (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 tests se incorporó a los diagramas de cajas.

### 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 `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, habitualmente los dos primeros (Dim1 y 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 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 difusión del proyecto:

En este apartado se describe, en primer lugar, la información recogida a través de las encuestas realizadas a los elaboradores, que contribuye a la descripción del entorno y de los métodos utilizados para la obtención de la miel de Formentera.

A continuación, se presentan y se discuten los resultados obtenidos en el estudio de la caracterización de las muestras de miel de Formentera.

### 5.1. Entorno y método de obtención de la miel de Formentera

- Descripción del entorno

Tal y como se comentó en la descripción de la recogida de muestras, los apicultores completaron una encuesta para cada muestra detallando los datos de contacto, la localización del apiario, la descripción del entorno, el tipo de manejo, el estado sanitario de los apiarios, las condiciones de extracción y envasado y la antigüedad de la cera de las alzas utilizadas.

Para realizar la descripción del entorno, los apicultores informaron del tipo de vegetación en un radio de 1 km alrededor de las colmenas, la altitud sobre el nivel del mar y la distancia a la costa. Estos datos han sido recogidos, en forma de porcentaje de muestras para cada respuesta. Cabe destacar que, para la descripción de la vegetación, los elaboradores podían seleccionar tantas opciones en la encuesta como fueran necesarias. Tal y como puede observarse en la Figura 5.1 la vegetación cercana a las colmenas fue variada destacando, la contribución de la garriga y bosque y del cultivo de secano. En cuanto a la altitud de los apiarios sobre el nivel del mar (Figura 5.2) se observan que la mayoría de apiarios se encontraban a altitudes entre 20 y 50 m. En cuanto a la distancia a la costa (Figura 5.3), la mayoría de los apiarios se sitúan a menos de 1 km de la costa.

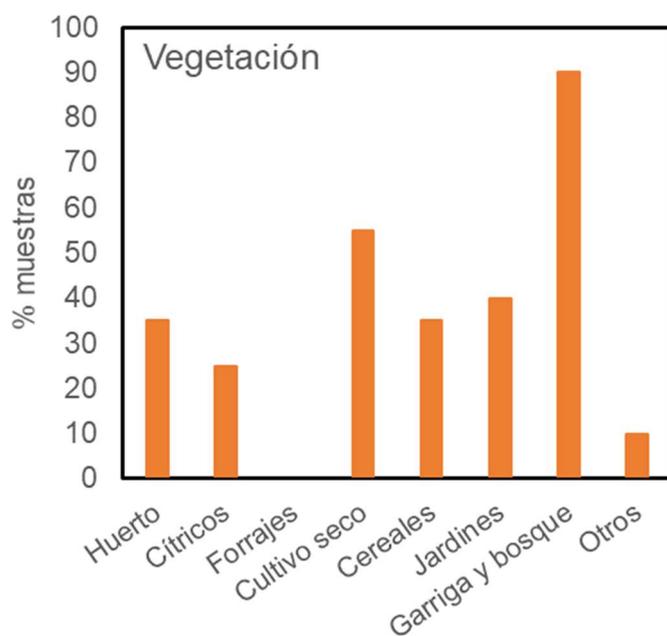


Figura 5.1. Vegetación en un radio de 1 km alrededor de las colmenas (n=20).

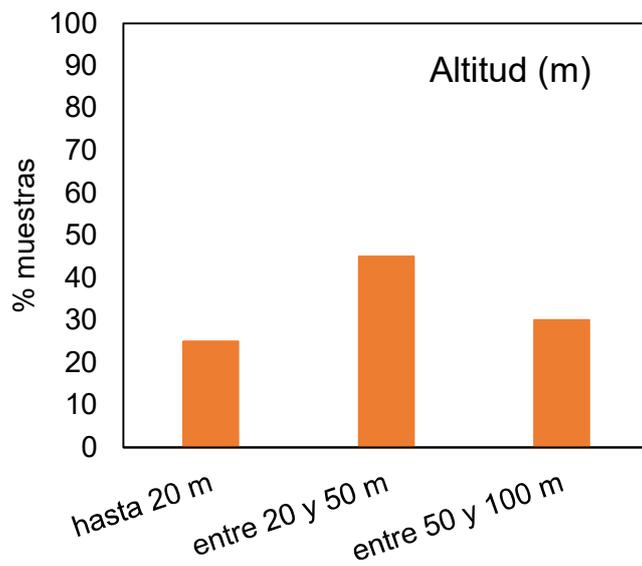


Figura 5.2 Altitud sobre el nivel de mar (m) (n=20).

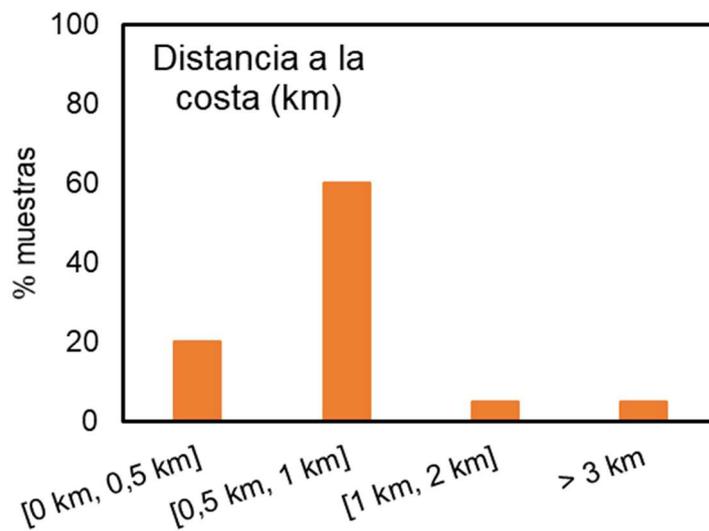


Figura 5.3. Distancia a la costa (km) de las colmenas (n=20).

- Tipo de manejo

El tipo de manejo de las colmenas se describió en las encuestas indicando el tipo de colmena utilizada, el modelo (alza o media alza) y cantidad de alzas utilizadas, si se usa excludor de reinas, tratamiento contra varroa, y en su caso, el período de aplicación, si las abejas fueron alimentadas, y en su caso el período de aplicación, y el tipo de desabejado utilizado (*fumador, raspall, escapement o bufador*).

El 90% de los apicultores utilizan colmenas tipo Langstroth. En la Figura 5.4. se ha representado la distribución de las muestras de miel de acuerdo con el modelo de alza (alza (40%), media alza (50%) o ambas (10%)). En cuanto al excludor de reinas (Figura 5.5) en la mayoría de casos se utiliza (60 %).

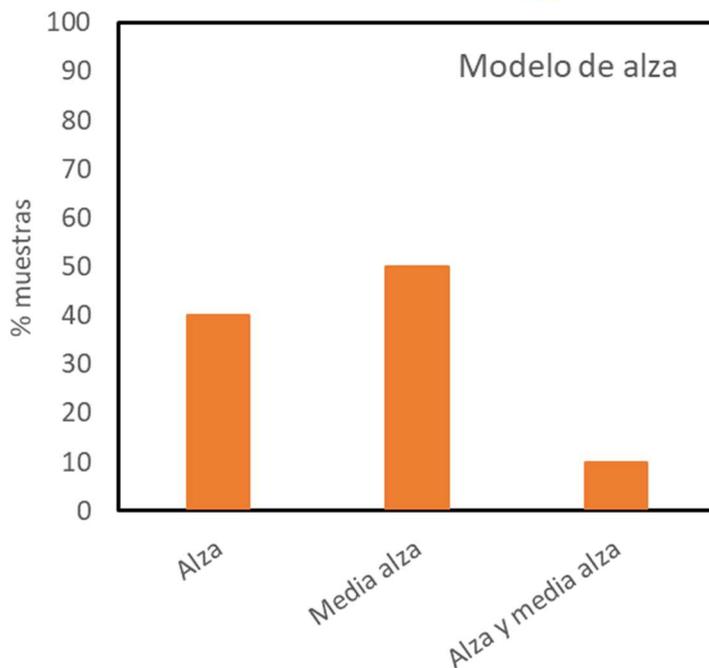


Figura 5.4. Uso de alzas (n=18).

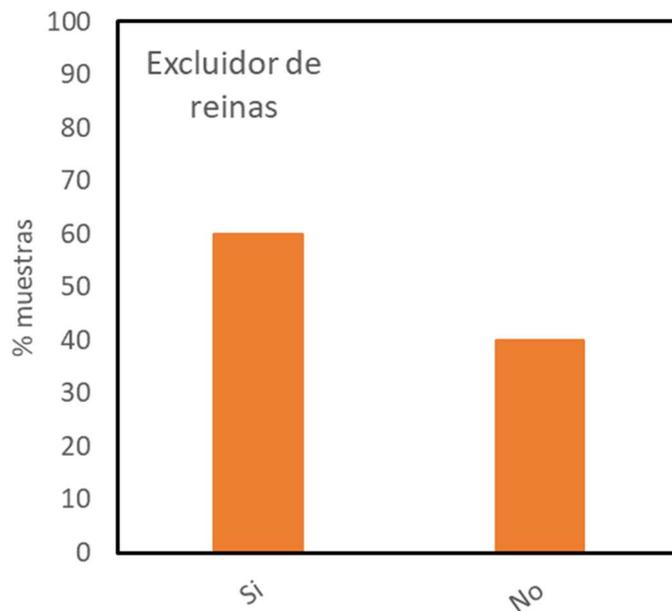


Figura 5.5. Uso de excluidor de abejas reina (n=19).

La varroa es un ácaro que se fija sobre abejas adultas y que produce diversos efectos, como el envejecimiento prematuro de las abejas y la reducción de su esperanza de vida, mala alimentación de las crías y mal funcionamiento del sistema inmunitario, entre otros. Por este

motivo, es frecuente la realización de tratamiento con el objetivo de eliminarlo. De acuerdo con las encuestas, en la producción de miel se utilizó tratamiento en el 78,9 % de los casos.

En cuanto a la alimentación, el porcentaje de apicultores que no alimentaron a las abejas fue del 72,2% (n=18).

La figura 5.6 muestra la distribución en porcentajes, de los utensilios utilizados para desabejar. Los más utilizados en la elaboración de la miel de Formentera fue la combinación de *fumador* y *raspall*. En cuanto a la detección de enfermedades, se dio en el 75% de las muestras y fueron identificadas como polilla, esfinge calavera y abejaruco). En ninguno caso se realizaron tratamientos a las colmenas.

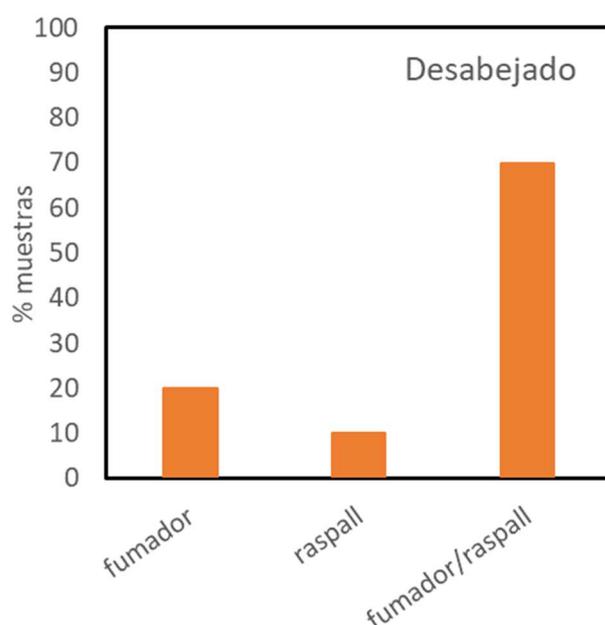


Figura 5.6. Utensilios utilizados en las colmenas de Formentera para desabejar (%) (n=20).

- Obtención de la miel

A continuación, se muestran los resultados de las encuestas realizadas a los elaboradores de miel de Formentera referentes a la metodología de extracción y envasado.

Todas las muestras se obtuvieron en salas de uso temporal. En cuanto al método de extracción (Figura 5.7), el 89.5 % se obtiene mediante centrifugación, y el restante 10.5 % mediante goteo. No se emplea el método de prensado.

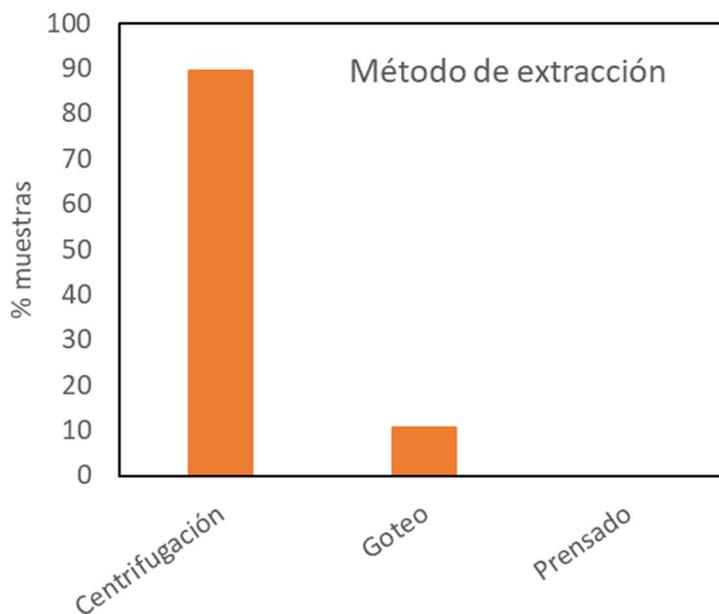


Figura 5.7. Método de extracción de la miel (n=20).

El 5.6% de los elaboradores utilizaron deshumidificador para controlar la humedad ambiente durante el envasado (n=18). Ninguno de los elaboradores utilizó calefacción para controlar la temperatura de la sala de envasado (n=18).

Tal y como se observa en la Figura 5.8 en el 80 % de las muestras, la miel de Formentera maduró en depósitos maduradores con filtro y en el 20 % lo hizo dentro de los botes de miel. Por otro lado, los días de maduración de la miel (Figura 5.9) fueron en el 55% de las muestras 7 días.

Finalmente, la cera de las alzas o medias alzas utilizadas tenía, entre 0 y 2 años en 84.2 % de las muestras, y entre 2 y 5 años el 10.5 % restante (Figura 5.10).

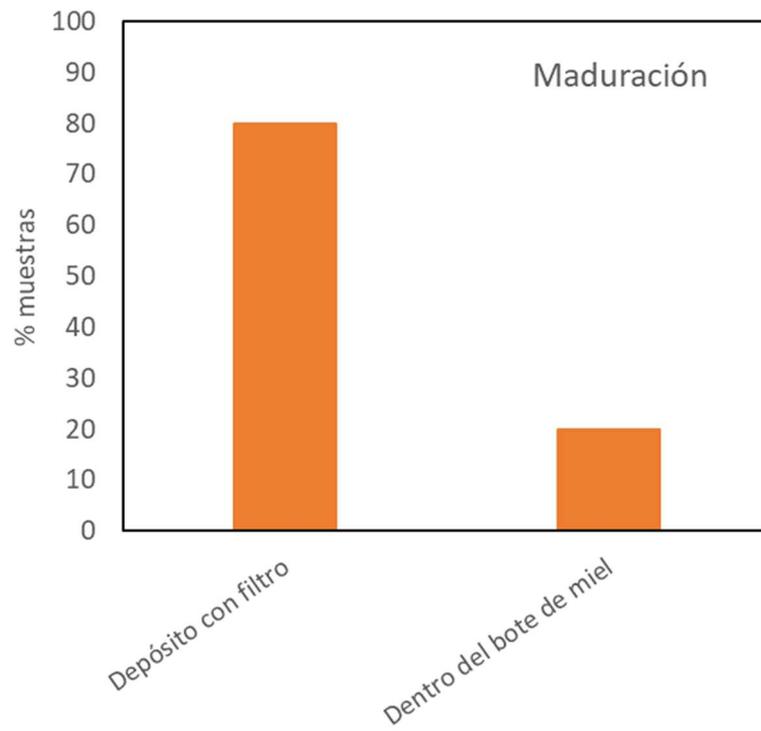


Figura 5.8. Lugar de maduración de la miel de Formentera (n=20).

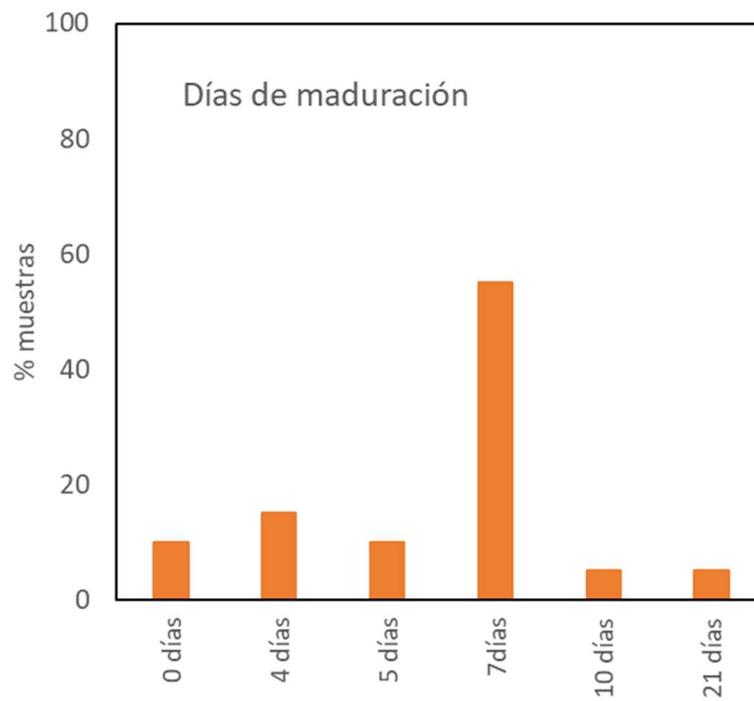


Figura 5.9. Días de maduración de la miel de Formentera (n=20).

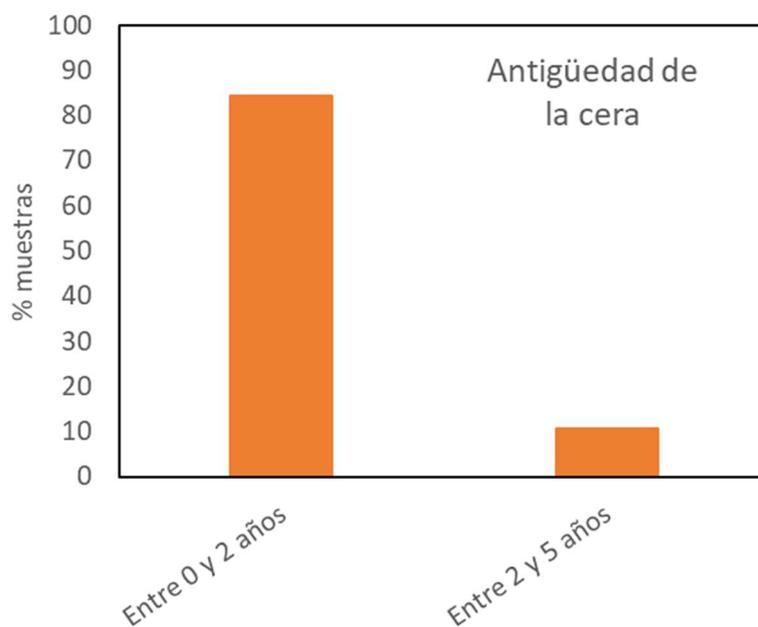


Figura 5.10. Antigüedad de la cera en las alzas y en las medias alzas de la miel de Formentera (n=18).

## 5.2. Caracterización físico-química de la miel de Formentera

En las tablas y figuras se ha utilizado la nomenclatura que se presenta en la Tabla 5.1 para designar a las variables físico-químicas.

Tabla 5.1. Nomenclatura utilizada en la presentación de resultados para designar a las variables físico-químicas.

<b>CLAVE</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>UNIDADES*</b>
<b>Hum</b>	Contenido en humedad	% bh
<b>Aw</b>	Actividad de agua	
<b>Color</b>	Color	Mm Pfund
<b>CondElect</b>	Conductividad eléctrica	mS/cm
<b>Sollnsol</b>	Sólidos insolubles	% bh
<b>Fru</b>	Contenido en fructosa	% bh
<b>Glu</b>	Contenido en glucosa	% bh
<b>Fru + Glu</b>	Contenido en glucosa y fructosa	% bh
<b>Fru/Glu</b>	Ratio entre Fru y Glu	
<b>Sac</b>	Contenido en sacarosa	% bh
<b>AcLibre</b>	Acidez libre	meq/kg bh
<b>HMF</b>	Contenido en hidroximetilfurfural	mg/kg bh
<b>AD</b>	Actividad diastásica	Escala Schade
<b>PT</b>	Contenido en polifenoles totales	mg ac. Gálico/100g bh
<b>AA</b>	Actividad antioxidante	mg trolox/100g bh

\*bh: base húmeda

La Tabla 5.2 muestra los resultados obtenidos en la caracterización físico-química de las mieles de Formentera, en forma de medias y desviaciones estándar, medianas e intervalos de tolerancia. Los resultados correspondientes a cada una de las muestras se presentan en el Anexo 3.

Tabla 5.2 Características físico-químicas de la miel de Formentera. Medias, desviaciones estándar, medianas e intervalos de tolerancia ( $p < 0.01$ )

	Media $\pm$ desv. estándar			Mediana	Intervalo de tolerancia ( $p < 0,01$ )	
<b>Hum</b>	17.8	$\pm$	0.8	17.8	[16.4;	19.2]
<b>aw</b>	0.58	$\pm$	0.02	0.58	[0.55;	0.61]
<b>Color</b>	49	$\pm$	11	46	[29;	69]
<b>CondElec</b>	0.25	$\pm$	0.04	0.25	[0.18;	0.32]
<b>AD</b>	12.9	$\pm$	4.2	12.7	[5.2;	20.6]
<b>HMF</b>	3.8	$\pm$	3.7	2.2	[0.0;	10.6]
<b>SolInsol</b>	0.07	$\pm$	0.04	0.07	[0.00;	0.14]
<b>Fru</b>	35.9	$\pm$	2.6	35.2	[31.2;	40.7]
<b>Glu</b>	30.10	$\pm$	2.04	29.52	[26.37;	33.82]
<b>Fru+Glu</b>	66.0	$\pm$	4.6	64.7	[57.6;	74.5]
<b>Fru/Glu</b>	1.2	$\pm$	0.0	1.2	[1.2;	1.2]
<b>Sac</b>	0.2	$\pm$	0.2	0.1	[0.0;	0.7]
<b>pH</b>	3.3	$\pm$	0.1	3.3	[3.2;	3.4]
<b>acLibre</b>	20.1	$\pm$	3.5	19.6	[13.8;	26.4]
<b>PT</b>	44.5	$\pm$	11.5	40.0	[23.5;	65.4]
<b>AA</b>	45.7	$\pm$	7.9	45.5	[31.3;	60.0]

La miel es un alimento que contiene unas 200 sustancias (Escuredo, Fernández González, & Seijo, 2012), y se compone principalmente de azúcares, sobre todo fructosa y glucosa, agua y otras sustancias como proteínas (enzimas), ácidos orgánicos, vitaminas (especialmente vitamina B6, tiamina, niacina riboflavina y ácido pantoténico), minerales (incluidos calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, potasio, sodio y zinc), pigmentos, compuestos fenólicos, una gran variedad de compuestos volátiles y partículas sólidas derivadas de la recolección de miel (Alqarni, Owayss, Mahmoud, & Hannan, 2014; Ciulu et al., 2011; Pontes, Marques, & Câmara, 2007). El color de la miel puede tener desde un tono casi incoloro a un tono pardo oscuro. Puede tener una consistencia fluida, espesa o cristalizada (en parte o en su totalidad). El sabor y el aroma pueden variar, pero se derivan del origen vegetal (DOUE, 2014). En este documento se indican las características de composición que debe cumplir la miel en el momento de su comercialización como tal o de su utilización en cualquier producto destinado al consumo humano. Estas características se encuentran igualmente recogidas en la Norma para la miel del Codex Alimentarius (Codex Alimentario, 2019). Como puede observarse en la Tabla 5.2, los resultados obtenidos en el presente estudio para las variables físico-químicas están de acuerdo con la mencionada normativa.

El contenido de **humedad** es una de las características más importantes que influyen en las propiedades físicas de la miel (Escuredo, Dobre, Fernández-González, & Seijo, 2014). Una humedad excesiva puede conducir a una fermentación de miel no deseada durante el almacenamiento, causada por la acción de levaduras osmotolerantes que resulta en la formación de alcohol etílico y dióxido de carbono (Saxena, Gautam, & Sharma, 2010). El contenido en humedad de las mieles de Formentera fue bajo (media de  $17.8 \pm 0.8$  % respecto al límite indicado en la normativa (20%). El contenido de humedad está relacionado con diversos factores relacionados con la geografía de la zona de los apiarios, las condiciones ambientales, la época de recolección y madurez (Kahraman, Buyukunal, Vural, & Altunatmaz, 2010), e incluso, la especie de abejas (Ramón-Sierra, Ruiz-Ruiz, & De La Luz Ortiz-Vázquez, 2015). La mayoría de mieles con DOP exigen en sus pliegos contenidos en humedad en la miel inferiores a 18 %, en este caso ambos tipos de miel lo cumplen.

La **actividad de agua** media fue baja ( $0.58 \pm 0.02$ ). La actividad del agua es una medida muy útil para la predicción de la vida útil de los productos alimenticios y es muy relevante para la miel. En la naturaleza, las abejas reducen la actividad hídrica de la miel por hidrólisis de sacarosa y evaporación. Beuchat (1983) afirmó que algunas levaduras pueden crecer con una actividad de agua de 0.62, pero la mayoría de los mohos requieren una actividad de agua mínima de al menos 0.75. La miel normalmente tiene una actividad de agua cercana a 0.60.

Gleiter et al. (Gleiter, Horn, & Isengard, 2006) estudiaron la influencia del tipo y estado de cristalización sobre la actividad del agua de la miel. Al comparar la actividad del agua de muestras de miel líquidas y cristalizadas, observaron que las muestras cristalizadas mostraban una mayor actividad de agua que las mieles líquidas con el mismo contenido de agua. La actividad de agua de la miel depende principalmente del contenido de glucosa. Durante la cristalización, la glucosa comienza a cristalizar primero ya que la fructosa tiene una mayor solubilidad y permanece en solución por más tiempo. Los cinco grupos hidroxilo de la glucosa interactúan con las moléculas de agua. Después de la cristalización, la glucosa se encuentra como glucosa monohidrato, es decir, cada molécula de glucosa fija solo una molécula de agua. Por lo tanto, se fija menos agua en el estado cristalizado. El contenido de agua libre es mayor, acorde con la mayor actividad del agua.

El **color** de la miel está determinado principalmente por su origen botánico, si bien también depende del contenido en minerales, la temperatura a la que la miel permanece en la colmena y el tiempo de almacenamiento (Gámbaro, Ares, Giménez, & Pahor, 2007). Es un parámetro importante en la calidad, aceptación y preferencia de los consumidores. La miel de Formentera presentó colores bastante homogéneos, desde extra blanco a ámbar light en la escala Pfund que se presentan en la Tabla 6.2 con un valor medio de ( $49 \pm 11$  mm Pfund) y un pequeño intervalo de tolerancia. La bibliografía demuestra que la aceptación generalizada del color de las mieles por parte de los consumidores puede variar ampliamente según su color (Gámbaro et al., 2007) existiendo unas preferencias claras de tonalidad en función de la zona geográfica (Tuberoso et al., 2011).

La **conductividad eléctrica** de la miel está relacionada con el contenido de cenizas (contenido mineral) y la acidez, revelando la presencia de iones, ácidos orgánicos y proteínas (Yücel & Sultanoglu, 2012); cuanto mayor sea su contenido en estos componentes, mayor será la

conductividad resultante. Éste es un indicador de uso frecuente en el control de calidad de la miel, que puede utilizarse para distinguir las mieles florales de las mieles de mielada (Karabagias et al., 2014), ya que estas últimas presentan valores más elevados. Como este parámetro está directamente relacionado con el contenido de cenizas, se incluyó recientemente en el Codex Alimentarius, sustituyendo a la determinación de la ceniza en miel.

La media de conductividad eléctrica de las mieles de Formentera ( $0.25 \pm 0.04$  mS/cm) se situó considerablemente por debajo del valor máximo permitido de acuerdo con la normativa de la UE ( $<0.8$  mS/cm para la mayoría de las mieles).

Una pequeña fracción de las proteínas presentes en la miel son enzimas, como la invertasa, la  $\alpha$  y  $\beta$ -glucosidasa, catalasa, fosfatasa ácida, diastasa y glucosa oxidasa (Sak-Bosnar & Sakač, 2012; Won, Lee, Ko, Kim, & Rhee, 2008). Las diastasas son un grupo de enzimas amilolíticas que incluyen  $\alpha$  y  $\beta$ -amilasas. La  $\alpha$ -amilasa hidroliza las cadenas de almidón en los enlaces  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 4), produciendo dextrina. La  $\beta$ -amilasa hidroliza la cadena de almidón al final, lo que lleva a la formación de maltosa (Sak-Bosnar & Sakač, 2012). Otra enzima presente en la miel es la glucosa oxidasa, que convierte la glucosa en  $\delta$ -gluconolactona, que se hidroliza a ácido gluconico. Además de  $\delta$ -gluconolactona, la glucosa oxidasa también produce peróxido de hidrógeno, que tiene acción bactericida (Moreira, De Maria, Pietrolungo, & Trugo, 2007). Las diastasas ( $\alpha$  y  $\beta$  amilasas) son enzimas presentes de forma natural en la miel. El contenido de diastasa depende del origen floral y geográfico de la miel. Su función es digerir la molécula de almidón dando una mezcla de maltosa (disacárido) y maltotriosa (trisacárido). Son sensibles al calor (termolábiles) y, en consecuencia, son capaces de indicar el sobrecalentamiento del producto y el grado de preservación (Ahmed et al., 2013). Similar al 5-HMF, la actividad diastásica se puede utilizar como indicador del envejecimiento y aumento de la temperatura (Yücel & Sultanoglu, 2012).

Por tanto, la **actividad diastásica** se usa generalmente como un indicador de frescura de la miel (Pasias, Kiriakou, & Proestos, 2017). La actividad diastásica en las mieles puede variar dependiendo de la edad de las abejas, el néctar, el período de recolección, el período fisiológico de la colonia, la cantidad de flujo de néctar y su contenido de azúcar. Un alto contenido de néctar conduce a un menor contenido de enzimas y menor consumo de polen (Da Silva, Gauche, Gonzaga, Costa, & Fett, 2016; Khan, Khan, Naik, & Bhat, 2015). La actividad diastásica de la miel de Formentera fue de  $12.9 \pm 4.2$  en la escala Schade, superior al mínimo marcado por la normativa ( $>8$  en la escala Schade).

El contenido en **hidroximetilfurfural** también es un indicador de la frescura de la miel. Está ausente en la miel fresca y tiende a aumentar durante el procesamiento y / o envejecimiento (Da Silva et al., 2016). El sobrecalentamiento de la miel durante el procesamiento o el almacenamiento durante períodos muy prolongados produce una conversión de azúcares en HMF (Saxena et al., 2010). El contenido en hidroximetilfurfural debe ser, de acuerdo con la normativa, inferior a 40 mg/kg. La miel de Formentera, presentó valores de HMF muy por debajo del límite ( $3.8 \pm 3.7$  mg/kg).

Los **sólidos insolubles** en agua de la miel incluyen cera, polen, restos de panales, abejas y partículas de suciedad. Por tanto, la materia insoluble es una estimación de la presencia de

impurezas en el producto (%) e indica la pureza de la miel según lo descrito por la comisión internacional de la miel fue de  $(0.07 \pm 0.04 \%)$ , incluso en algunos casos, superando el valor máximo permitido.

Los azúcares presentes en la miel, fundamentalmente **fructosa y glucosa** (Solayman et al., 2016), son los responsables de propiedades tales como el valor energético, la viscosidad, la higroscopicidad y la granulación (Kamal y Klein, 2011). La composición del azúcar depende principalmente de la naturaleza y del origen botánico y geográfico de la miel y se ve afectado por el clima, el procesado y el almacenamiento (Escuredo et al., 2014; Tornuk et al., 2013). En casi todos los tipos de miel, la fructosa (40%) y glucosa (30%) son los carbohidratos que se encuentran, aunque estas proporciones pueden variar dependiendo del tiempo de almacenamiento y de la temperatura entre otros factores. Además, en algunas mieles la fracción de glucosa puede ser mayor que la de fructosa y, en consecuencia, generalmente, tienen una cristalización rápida (Escuredo et al., 2014). De acuerdo con algunos autores, la relación fructosa/glucosa puede determinar el tiempo necesario para que la miel cristalice (Escuredo et al., 2014), siendo superior cuanto menor es este factor. Las mieles de Formentera analizadas en el presente estudio presentaron valores en los contenidos en fructosa y glucosa de  $35.9 \pm 2.6 \%$  de fructosa y  $30.1 \pm 2.0 \%$  de glucosa. De acuerdo con la normativa, la suma de fructosa y glucosa fue superior al 60 % ( $66.0 \pm 4.6 \%$ ). El contenido en sacarosa fue inferior al máximo indicado en la normativa (5 %) ( $0.2 \pm 0.2 \%$ ).

La **acidez libre** es un parámetro importante relacionado con el deterioro de miel. Se caracteriza por la presencia de ácidos orgánicos en equilibrio con lactona, ésteres internos y algunos iones inorgánicos como fosfatos, sulfatos y cloruros (Moreira et al., 2007). Valores elevados de este parámetro pueden ser indicativos de la fermentación de azúcares en ácidos orgánicos (Karabagias et al., 2014). Sin embargo, diversos factores como el origen geográfico, el momento de la recogida, los contenidos en minerales y en ácido glucónico, así como la presencia de diferentes ácidos orgánicos pueden afectar a la acidez de las mieles (Codex Alimentario, 2019; Tornuk et al., 2013). Además, el índice de acidez de la miel varía también según la especie de abeja y la composición floral (de Sousa et al., 2016; Ramón-Sierra et al., 2015). En Portugal, por ejemplo, se estudiaron mieles monoflorales de diferente región geográfica y origen botánico, obteniendo en algunos casos, valores superiores al límite establecido por la norma (Alves, Ramos, Gonçalves, Bernardo, & Mendes, 2013). El **pH** medio de las muestras de Formentera fue de  $3.3 \pm 0.1$ . Por otro lado, la **acidez libre** presentó valores de  $20.1 \pm 3.5$  meq/kg muy por debajo del valor máximo permitido por la normativa (50 meq/kg).

El contenido medio en **Polifenoles totales** de las muestras de miel de Formentera fue de  $44.5 \pm 11.5$  mg/100 g bh. La **actividad antioxidante** presentó valores de  $45.7 \pm 7.9$  mg/100 g bh en la miel de Formentera. En la bibliografía se ha observado que el contenido en compuestos antioxidantes depende del origen botánico, la época de recolección e incluso del tipo de abeja (El-Hashoury et al., 2018; Aazza et al., 2013; Aazza et al., 2014).

En conclusión, los valores medios obtenidos para las variables físico-químicas reguladas por la normativa europea de la miel de Formentera está dentro de los límites establecidos por la misma, con excepción de la actividad diastásica, que resulta excesivamente elevada debido a la antigüedad de algunas de las mieles analizadas.

### 5.3. Análisis melisopalinológico de las mieles de Formentera

La Tabla 5.3 muestra los resultados del análisis melisopalinológico de las muestras de miel de Formentera. Se ha indicado únicamente el polen mayoritario y el polen de acompañamiento, remarcando en negrita si el porcentaje del polen mayoritario fue, al menos, del 45 % (límite habitual en las DOPs para considerar una miel como monofloral) y/o el polen de acompañamiento superó el 15 % (en las mieles con DOP se suele considerar polen de acompañamiento cuando se encuentra entre el 15 y el 45 %). Como no hay un polen que supere el 45 % se ha clasificado como miel milflores. Los resultados completos para la miel de Formentera se han incluido en el Anexo 4.

Tabla 5.3. Análisis melisopalinológico de las mieles de Formentera

Zona	Tipo de miel	Polen mayoritario		Polen de acompañamiento	
		Polen	%	Polen	%
SFX	Monofloral de Cuernecillos	<b>Cuernecillos</b>	58		
SF	Monofloral de Cuernecillos	<b>Cuernecillos</b>	45		
CM	Milflores	Cuernecillos	7		
CM	Milflores				
M	Milflores	Cuernecillos	41		
M	Monofloral de Cuernecillos	<b>Cuernecillos</b>	56	chupamieles	18
M	Monofloral de Cuernecillos	<b>Cuernecillos</b>	67	chupamieles	18
EC	Monofloral de Cuernecillos	<b>Cuernecillos</b>	98		
SFX	Monofloral de Cuernecillos	<b>Cuernecillos</b>	48	chupamieles	22
CB	Milflores				
CB	Milflores	Cuernecillos	22		
LM	Milflores				
LM	Milflores				
CM	Milflores	Cuernecillos	15		
LM	Milflores	Cuernecillos	38		
SFX	Monofloral de Cuernecillos	<b>Cuernecillos</b>	46		
CB	Monofloral de Cuernecillos	<b>Cuernecillos</b>	47		
LM	Milflores				
LM	Milflores	Brezo	13		

En las figuras 5.11 y 5.13 se representa la frecuencia de la presencia de polen de plantas melíferas y de otras plantas, respectivamente. Aquellas muestras que no presentaron un % de polen mayoritario superior al 45% han sido catalogadas como miel Milflores.

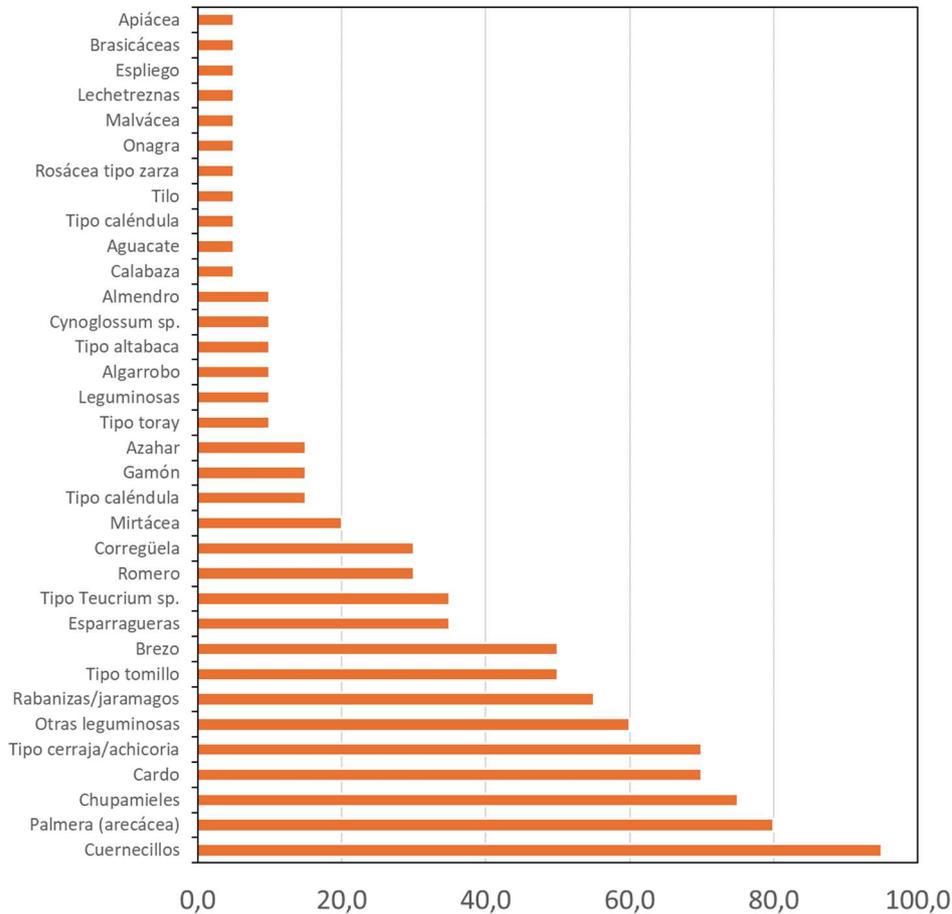


Figura 5.11. Espectro polínico de las mieles de Formentera. Frecuencia de aparición de polen de Plantas mielíferas.

Como puede observarse en la Figura 5.11, la frecuencia con la que aparecen los distintos tipos de polen de plantas mielíferas indica que el polen de Cuernecillos se ha encontrado en las muestras con una frecuencia del 95%. También destaca la presencia de polen de Palmito y la ausencia de *Cistus ladanifer* (Figura 5.12), muy frecuente en mieles de la península.



Figura 5.12. Mapa de distribución de *Cistus ladanifer* en España. Fuente: <http://www.anthos.es/>

Profundizando en la lista de plantas melíferas identificadas en las muestras podría añadirse al Cuernecillos (*Lotus* sp.) y *Chamaerops humilis* (palmito), la presencia de Chupamieles *Echium Vulgare* y de cardo. La asociación de los cuatro no es frecuente en la península Ibérica. Los cuatro tipos (Tabla 5.4.) se presentan conjuntamente en un 40% de las muestras, la presencia de al Cuernecillos, Chupamieles y *Chamaerops humilis* (palmito) se da con una frecuencia del 60%, la de Cuernecillos, Chupamieles y Cardo con un 55% y la de Cuernecillos y Chupamieles con un 70%.

Tabla 5.4. Análisis melisopalinológico de las mieles de Formentera. Frecuencia de aparición de combinaciones de Plantas melíferas mayoritarias

Muestra	Cuernecillos	Chupamieles	Palmito	Cardo
1	X	X	X	
2	X	X	X	X
3	X	X		X
4	X	X		X
5	X	X	X	
6	X	X	X	
7	X	X	X	X
8	X		X	X
9	X	X	X	X
10	X			X
11	X		X	X
12	X		X	
13	X	X	X	X
14	X	X	X	X
15	X	X	X	X
16	X	X	X	X
17	X	X	X	X
18	X	X	X	X
19		X	X	
20	X			

En la Figura 5.13 se presenta el espectro polínico con relación a otras plantas poliníferas, destacando la presencia de olivo y jaras.

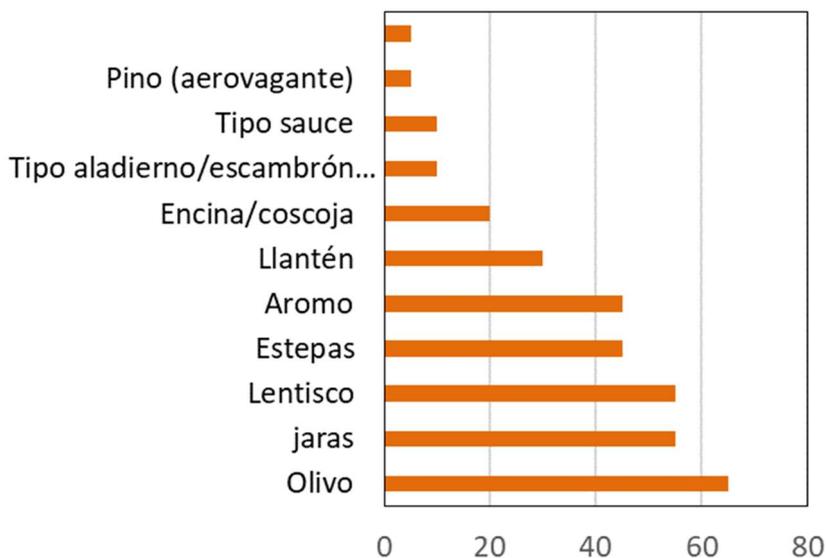


Figura 5.13. Espectro polínico de las mieles de Formentera. Frecuencia de aparición de polen de otras plantas polínicas

#### 5.4. Caracterización sensorial de la miel de Formentera

Se ha llevado a cabo la descripción sensorial de tres muestras de miel de Formentera de la producción de 2023.

Color: ámbar claro.

Olor: floral intenso y de persistencia media, notas de hierba recién cortada y, sobre todo en el retronasal, de caramelo.

Gusto: dulce intenso y muy persistente, con ligeras notas ácidas persistentes.

Otras sensaciones de boca (trigeminales): no hay.

Color: ámbar claro.

Olor: floral tenue, con un componente de rábano que aumenta en el retronasal.

Gusto: dulce, intenso y persistente, sin otras aportaciones.

Otras sensaciones de boca (trigeminales): notas picantes finales (retropicante)

Color: ámbar.

Olor: floral tenue, con notas malteadas que aumentan en el retronasal.

Gusto: dulce de intensidad media pero persistente, ligeras notas ácidas de persistencia media.

Otras sensaciones de boca (trigeminales): no hay

## 5.5. Estudio comparativo de las características físico-químicas de los tipos de mieles de Formentera

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis melisopalinológico en las muestras de miel de Formentera analizadas, hay dos tipos de miel más frecuentes en la miel de Formentera, la miel de cuernecillos ( $\geq 45$  % polen mayoritario) y la miel milflores. Por tanto, a continuación, se ha procedido a comparar ambos grupos de muestras.

Se han representado los resultados obtenidos en los parámetros físico-químicos para todas las muestras clasificadas como miel de cuernecillos y como miel milflores en diagramas de caja (desde Figura 5.14 a la 5.29). En estas representaciones, la línea negra horizontal continua dentro de cada caja representa la mediana del grupo y el punto negro la media; la línea negra discontinua horizontal que atraviesa la figura representa la media para todo el conjunto de muestras de miel de Formentera (Cuernecillo y milflores) y cuando se incluye una línea discontinua roja, ésta muestra el valor límite (superior o inferior) indicado por la normativa para la miel (Diario Oficial de la Unión Europea L164 de 3/6/2014). Además, se incluye el valor de p resultante del ANOVA que indica la existencia o no de diferencias significativas entre las mieles de acuerdo con el origen de la miel con un  $p < 0.05$  calculado mediante un test de comparaciones múltiples, para evaluar diferencias entre las distintas localizaciones (indicadas con letras diferentes).

Se ha incluido la representación de la relación entre los contenidos en fructosa y glucosa (Figura 5.23), ya que, tal y como se comentó anteriormente algunos autores relacionan con la tendencia de la miel a cristalizar (un contenido en glucosa más elevado, en relación con el contenido en fructosa, favorecería la cristalización).

Como puede observarse en los boxplots, únicamente se observaron diferencias significativas en la actividad diastásica; esta diferencia puede ser debido a que las mieles de Formentera milflores tienen diferente antigüedad a las muestras de cuernecillos. Por tanto, puede afirmarse que la miel de Formentera de cuernecillos y la miel de milflores conforman un único grupo desde el punto de vista de sus propiedades físico-químicas.

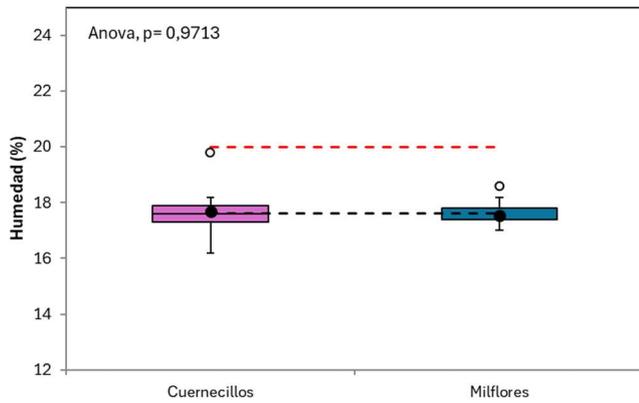


Figura 5. 14. Contenido en humedad (%). Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

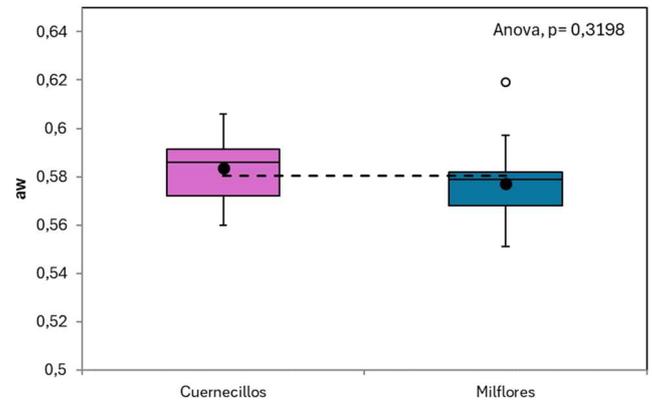


Figura 5. 15. Actividad de agua. Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

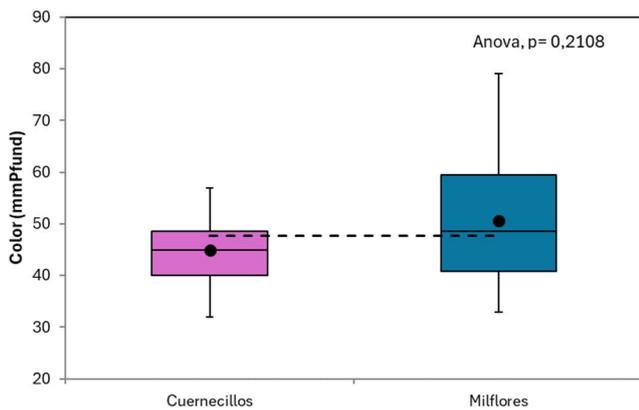


Figura 5. 16. Color (mmPfund). Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

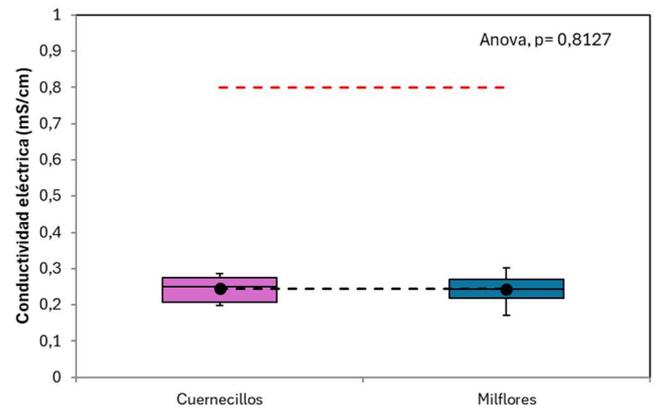


Figura 5. 17. Conductividad eléctrica (mS/cm). Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

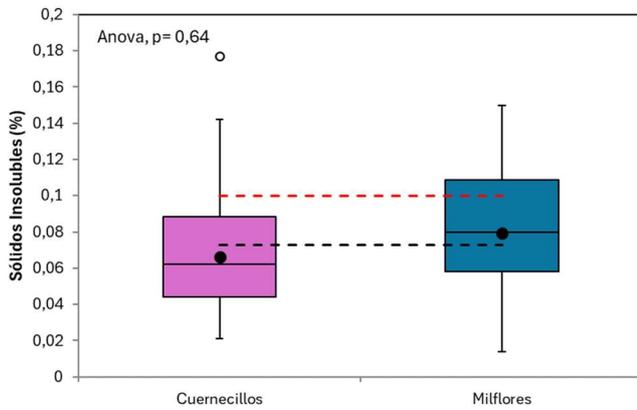


Figura 5. 18. Sólidos insolubles (%). Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

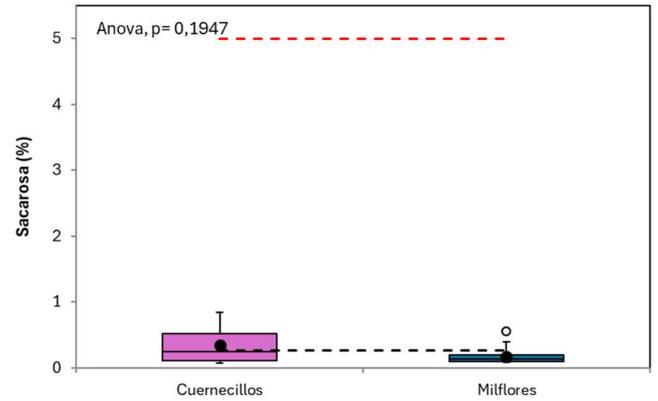


Figura 5. 19. Contenido en sacarosa (%). Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

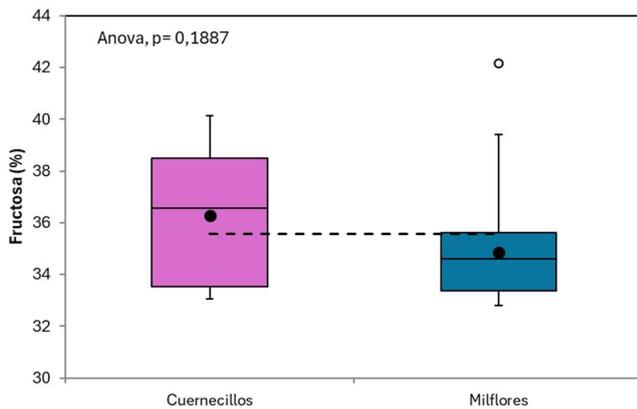


Figura 5. 20. Contenido en fructosa (%). Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

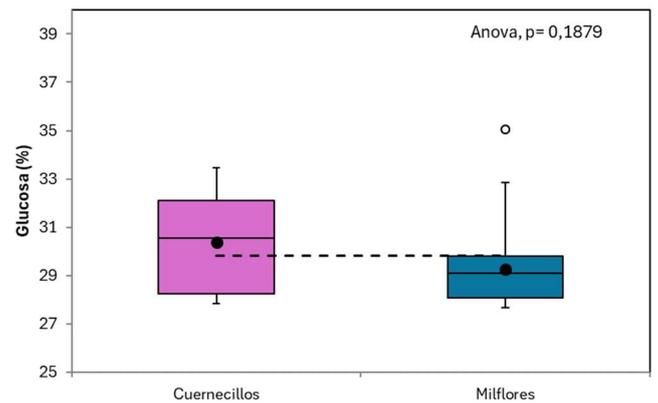


Figura 5.21: Contenido en glucosa (%). Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

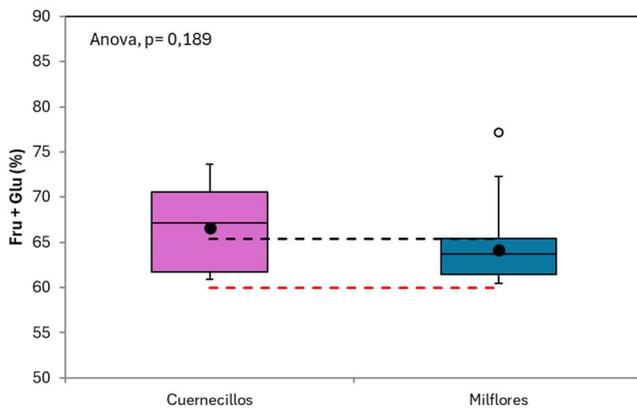


Figura 5. 22. Contenido en fructosa + glucosa (%). Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

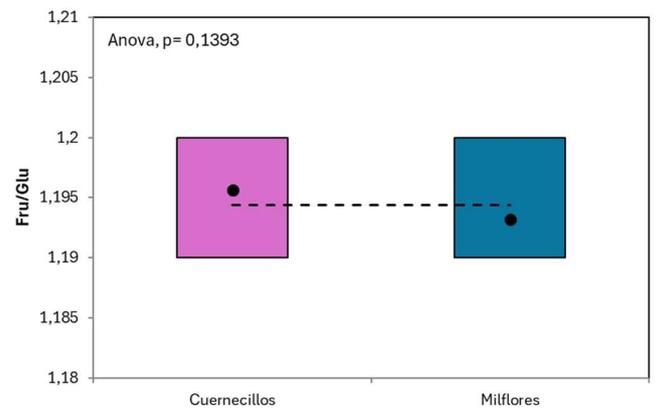


Figura 5. 23. Ratio Fructosa/Glucosa. Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

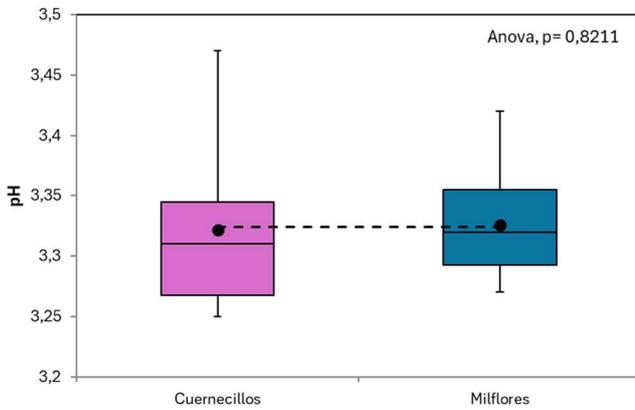


Figura 5. 24. pH. Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

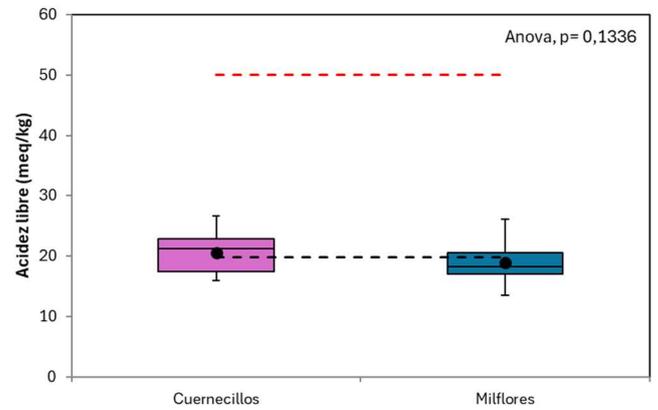


Figura 5. 25. Acidez libre (meq/kg). Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

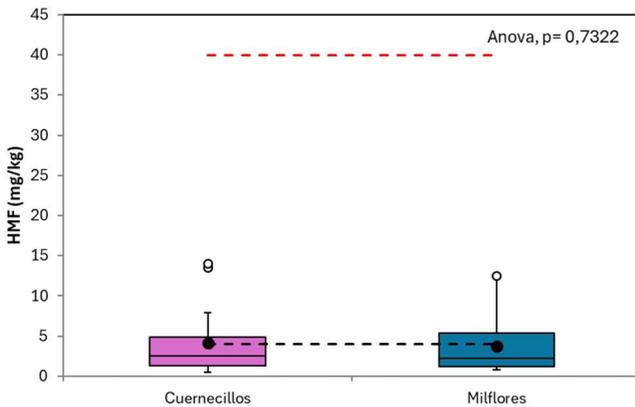


Figura 5. 26. Contenido en HMF (mg/kg). Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

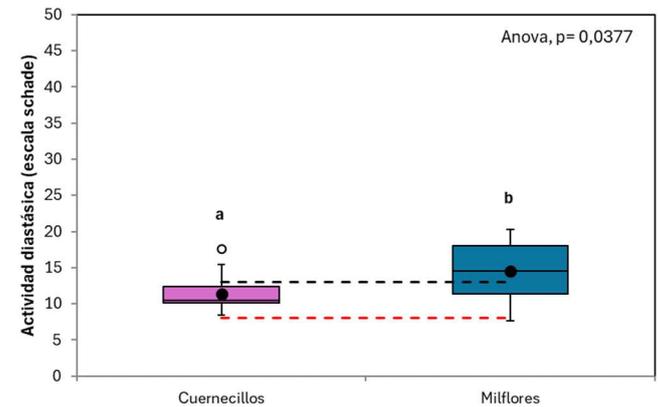


Figura 5. 27. Actividad diastásica (escala Schade). Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

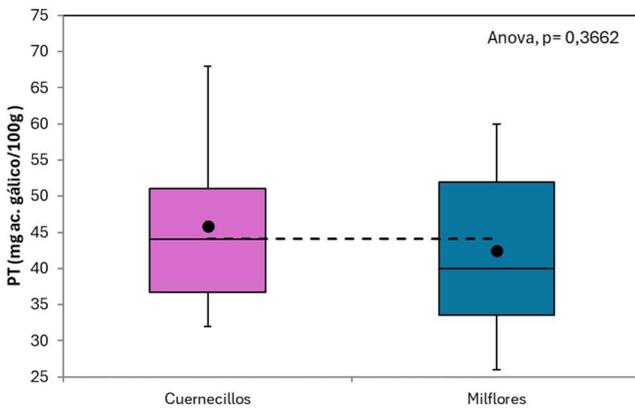


Figura 5. 28. Contenido total en polifenoles (mg ácido gálico/100g). Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

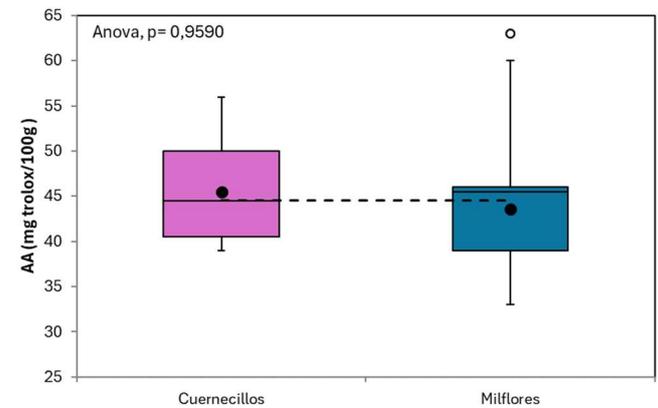


Figura 5. 29. Actividad antioxidante (mg trolox/100 g). Miel de Cuernecillos vs miel de milflores

## 5.6. Estudio comparativo de las características físico-químicas de las mieles de Formentera e Eivissa

Para visualizar mejor los resultados y evaluar si existen diferencias significativas entre las mieles originarias de Formentera y Eivissa, los resultados se han representado en diagramas de caja, agrupando las muestras por su origen (Formentera y Eivissa). Desde la figura 5.30 a 5.41 se muestran los boxplots correspondientes a cada variable físico-química analizada.

En estas representaciones, la línea negra horizontal continua dentro de cada caja representa la mediana del grupo y el punto negro la media; la línea negra discontinua horizontal que atraviesa la figura representa la media para todo el conjunto de muestras (Formentera y Eivissa) y cuando se incluye una línea discontinua roja, ésta muestra el valor límite (superior o inferior) indicado por la normativa para la miel (Diario Oficial de la Unión Europea L164 de 3/6/2014). Además, se incluye el valor de  $p$  resultante del ANOVA que indica la existencia o no de diferencias significativas entre las mieles de acuerdo con el origen de la miel con un  $p < 0,05$  calculado mediante un test de comparaciones múltiples, para evaluar diferencias entre las distintas localizaciones (indicadas con letras diferentes).

De acuerdo con el ANOVA realizado, se observaron diferencias significativas entre las mieles según el origen en todos los parámetros excepto en el contenido en fructosa, y la ratio fructosa/glucosa. Las muestras de la miel de Formentera presentaron valores más elevados de humedad, porcentaje en sólidos insolubles, y contenido en fructosa + glucosa y valores inferiores de conductividad eléctrica, contenido en glucosa, acidez libre, contenido en sacarosa, contenido en HMF y Actividad diastática; así como un color más claro.

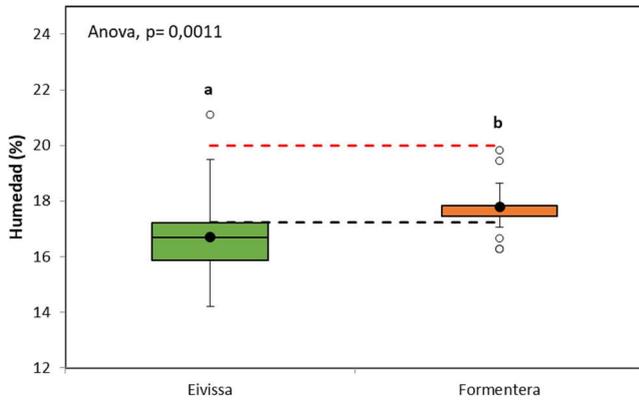


Figura 5.30. Contenido en humedad (%). Miel de Eivissa vs miel de Formentera

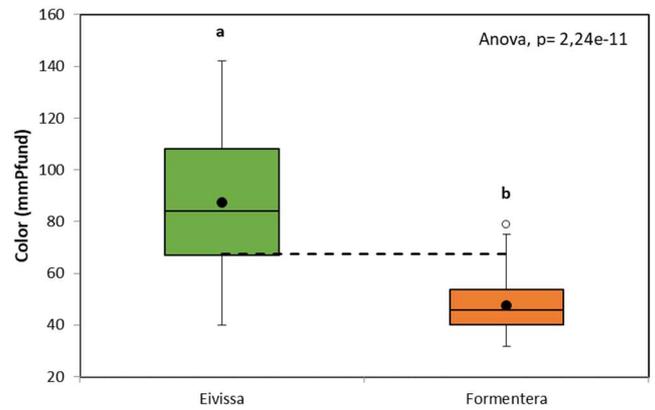


Figura 5.31. Color (mmPfund). Miel de Eivissa vs miel de Formentera

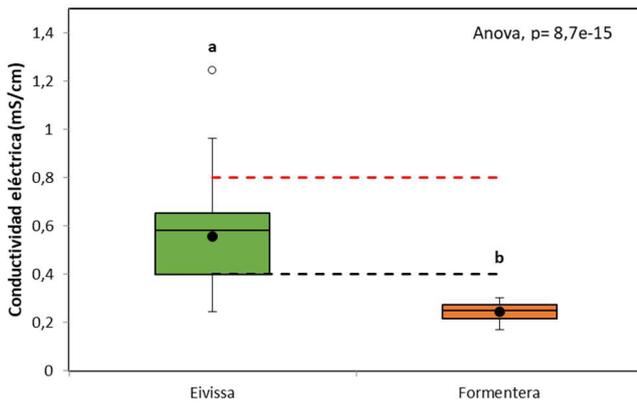


Figura 5.32. Conductividad eléctrica (mS/cm). Miel de Eivissa vs miel de Formentera

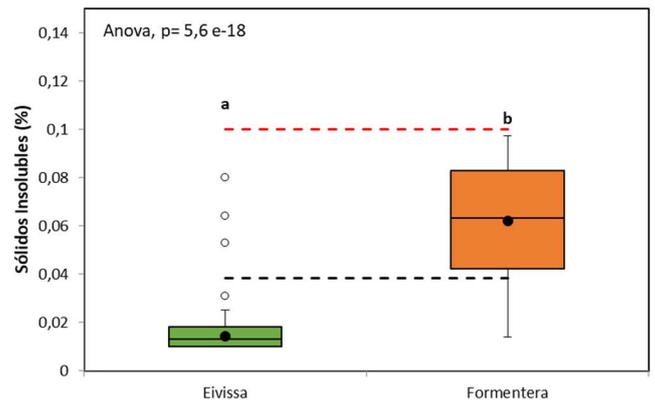


Figura 5.33. Sólidos insolubles (%). Miel de Eivissa vs miel de Formentera

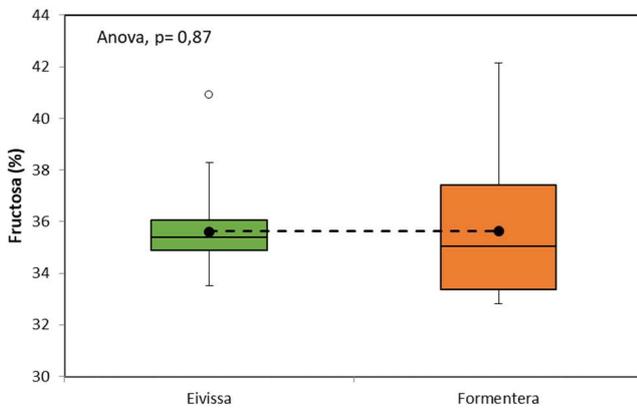


Figura 5.34. Contenido en fructosa (%). Miel de Eivissa vs miel de Formentera

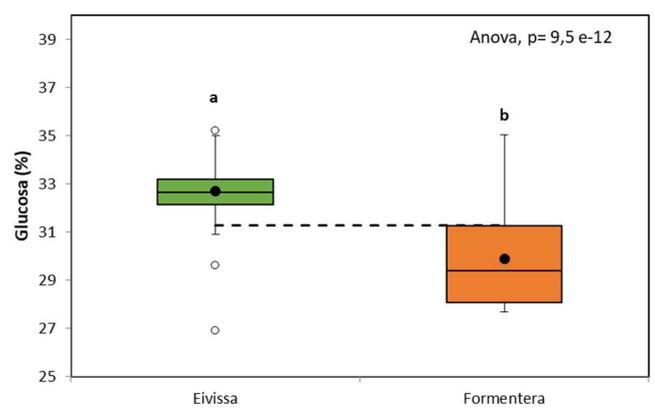


Figura 5.35. Contenido en glucosa (%). Miel de Eivissa vs miel de Formentera

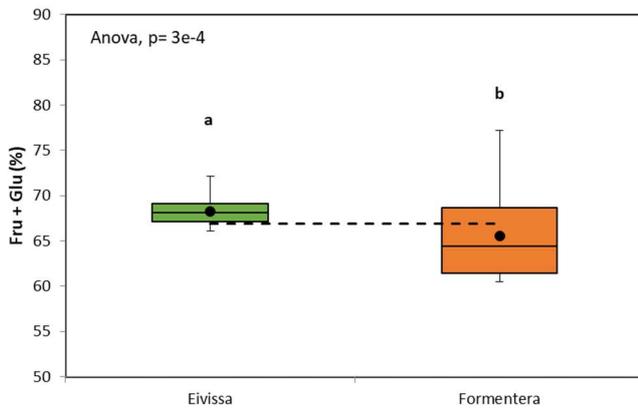


Figura 5.36. Contenido en fructosa + glucosa (%). Miel de Eivissa vs miel de Formentera

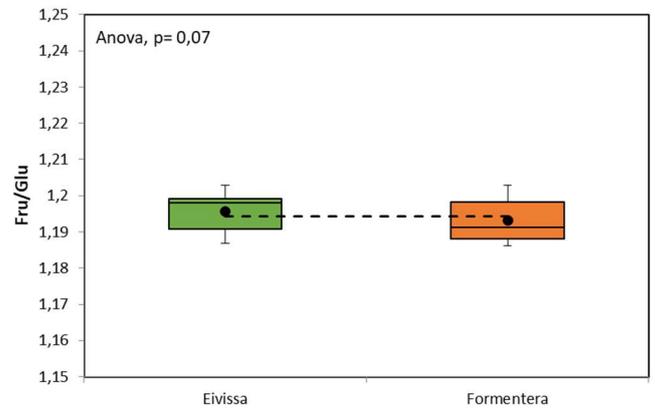


Figura 5.37. Ratio Fructosa/Glucosa. Miel de Eivissa vs miel de Formentera

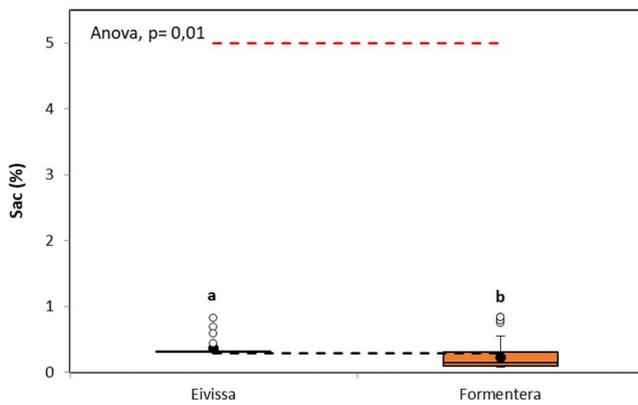


Figura 5.38. Contenido en sacarosa (%). Miel de Eivissa vs miel de Formentera

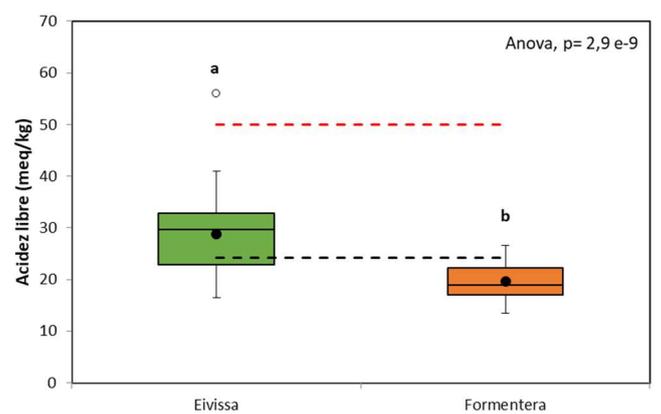


Figura 5.39. Acidez libre (meq/kg). Miel de Eivissa vs miel de Formentera

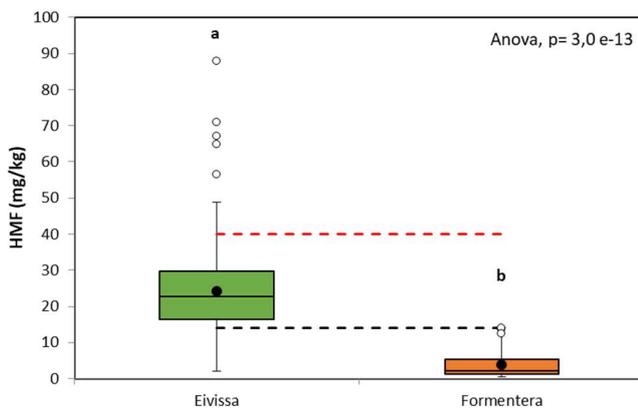


Figura 5.40. Contenido en HMF (mg/kg). Miel de Eivissa vs miel de Formentera

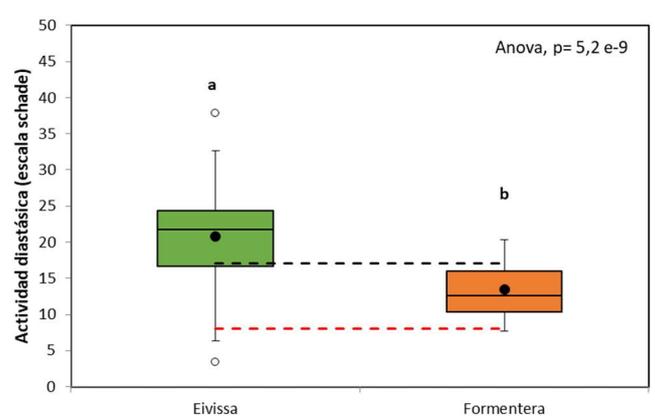


Figura 5.41. Actividad diastásica (escala Schade). Miel de Eivissa vs miel de Formentera

A continuació, se presenta un estudi estadístic multivariable con el objetivo de evaluar la existencia de diferencias entre las mieles de Formentera y Eivissa debidas a las variables físico-químicas. Para proceder a realizar un análisis estadístico multivariante, se descartó el contenido en fructosa y la relación de fructosa y glucosa (Fru/Glu) al no presentar diferencias significativas entre grupos de muestras (miel de Formentera y Eivissa). Con el resto de variables (10 variables) se elaboró la matriz de correlaciones que se muestra en la Figura 5.42. Se han indicado en color rojo las correlaciones positivas entre variables, con mayor intensidad cuanto más cercana es la correlación a 1, y en color verde, las correlaciones negativas con mayor intensidad cuanto más cercana es la correlación a -1.

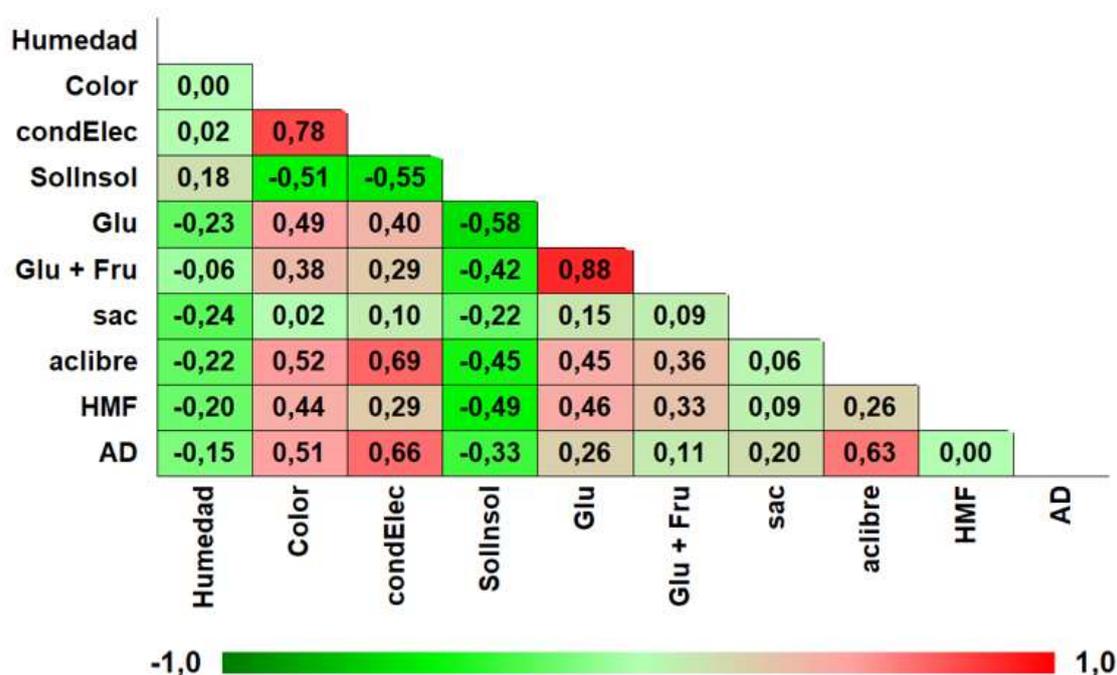


Figura 5.42. Matriz de correlaciones entre variables físico-químicas. Muestras miel de Eivissa y Formentera

Como puede observarse en dicha figura (Figura 5.42), se han obtenido algunas correlaciones entre variables, siendo las más elevada (>0,65), las obtenidas entre los siguientes grupos:

- Color y conductividad eléctrica (positiva)
- Conductividad eléctrica, actividad diastásica y acidez libre (positivas)
- Contenido en glucosa y suma de contenido en glucosa y fructosa (positiva)

A continuación, se ha llevado a cabo un análisis de componentes principales (ACP). De acuerdo con la matriz de correlaciones, existen importantes correlaciones entre las variables, por lo que se redujo el número de variables para el ACP eliminando las que estaban excesivamente correlacionadas con otras, y manteniendo preferentemente aquellas que están descritas en la norma de la miel. Así, el ACP se realizó con 8 variables: **contenido en humedad, contenido en fructosa + glucosa, contenido en sólidos insolubles, contenido en sacarosa, contenido en HMF, actividad diastásica, color y acidez libre.**

Dicho análisis se llevó a cabo utilizando la función PCA del paquete de R FactoMineR, escalando 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 5.5 se muestran los coeficientes de los tres primeros componentes principales. Como puede observarse, las variables color y acidez libre presentaron los coeficientes positivos más elevados y el contenido en sólidos insolubles presentó el coeficiente negativo más elevado en el primer componente principal, mientras que, en el segundo, la variable con mayor contribución positiva fue contenido en humedad y la mayor contribución negativa fue el contenido en sacarosa.

Tabla 5.5. ACP. Componentes de los tres primeros componentes principales. Muestras de miel de Eivissa y Formentera

	Dim 1	Dim2	Dim3
<b>Humedad</b>	-0,170	<b>0,562</b>	0,341
<b>Color</b>	<b>0,447</b>	0,249	0,202
<b>Sollnsol</b>	<b>-0,443</b>	-0,078	0,202
<b>Glu + Fru</b>	0,336	0,290	-0,223
<b>Sac</b>	0,147	<b>-0,587</b>	-0,309
<b>Aclibre</b>	<b>0,444</b>	-0,085	0,325
<b>HMF</b>	0,334	0,278	<b>-0,499</b>
<b>AD</b>	0,362	-0,321	<b>0,551</b>

En la Tabla 5.6 se muestra la varianza, el porcentaje de varianza explicada por los 8 componentes principales y la varianza acumulada. El primer componente principal (Dim1) explicó el 38,27 % de la varianza, mientras que el segundo (Dim2) explicó el 15,31 %, sumando ambos componentes aproximadamente el 54 % de la varianza. La Figura 5.43, muestra la varianza explicada y el porcentaje de varianza explicada acumulada por cada componente principal mediante un screen plot. Se observa que los tres primeros componentes principales explican el 69 % de la varianza.

Tabla 5.6. ACP. Porcentaje de varianza explicada por los 8 componentes principales. Muestras de miel de Eivissa y Formentera

Dimensión	Varianza	%Varianza Explicada	%Varianza Explicada Acumulada
<b>1</b>	3,06	38,27	38,27
<b>2</b>	1,22	15,31	53,58
<b>3</b>	1,19	14,9	68,47
<b>4</b>	0,81	10,18	78,66
<b>5</b>	0,68	8,51	87,17
<b>6</b>	0,44	5,48	92,65
<b>7</b>	0,36	4,53	97,18
<b>8</b>	0,23	2,83	100

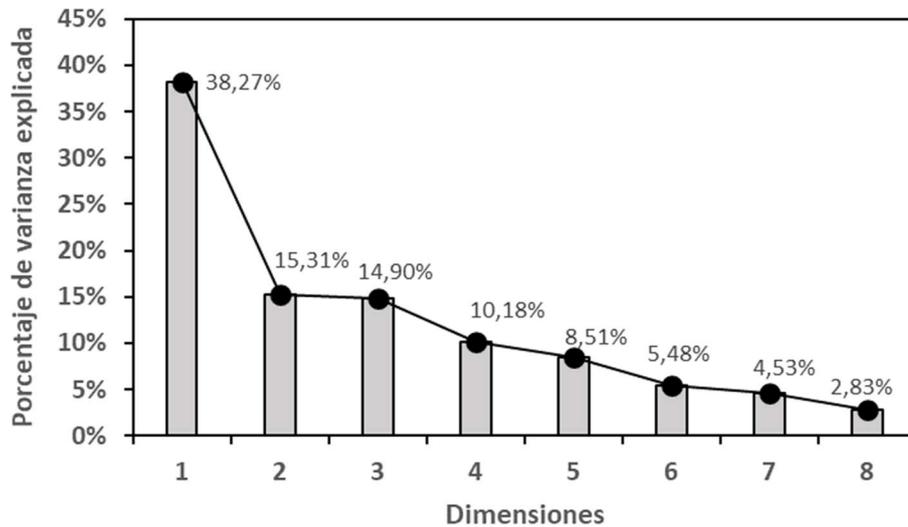


Figura 5.43. ACP. Porcentaje de varianza explicada por cada componente principal. Muestras de miel de Eivissa y Formentera

En la Figura 5.44 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). 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 contenido en fructosa + glucosa, contenido en HMF, color, acidez libre, actividad diastásica y contenido en sacarosa se localizan en la parte positiva del primer componente principal, las tres primeras hacia la parte positiva del segundo componente principal (cuadrante I) y las tres últimas hacia la negativa (cuadrante IV). En cuanto a las variables contenido en sólidos insolubles y contenido en humedad se localizan hacia valores negativos de Dim1 y positivo de Dim2 la primera (cuadrante II) y negativo la segunda (cuadrante III).

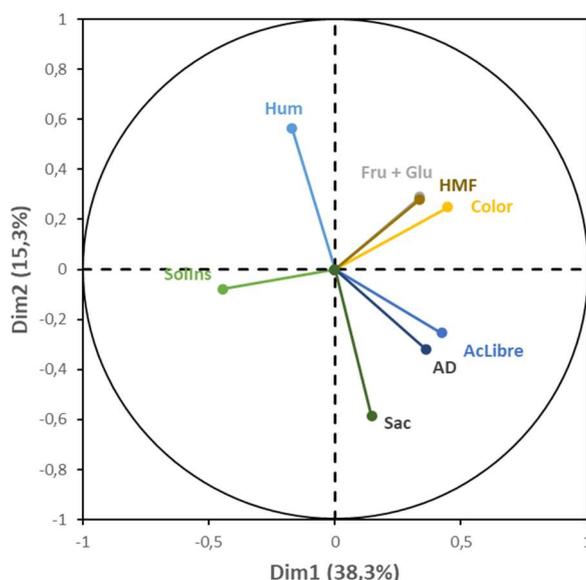


Figura 5.44. ACP. Representación de las variables en las coordenadas Dim2 vs Dim1. Muestras de miel de Eivissa y Formentera

En la Figura 5.45 se representan las variables y las muestras en el nuevo sistema de coordenadas 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. Con respecto a las muestras, en la figura se observa que 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 que cuando se representan las muestras de miel en el espacio formado por el primer (Dim1) y segundo (Dim2) componentes principales, la mayoría se agrupan en diferentes zonas según su origen (Formentera y Eivissa). Las muestras de miel de Eivissa se concentran en la zona derecha del gráfico, principalmente en el I y IV cuadrante (lado positivo o valores negativos bajos del primer componente principal), salvo 2 muestras que se localizan mezcladas con el segundo grupo, mientras que las de miel de Formentera se localizan en la parte negativa del eje Dim1 (cuadrantes II y III).

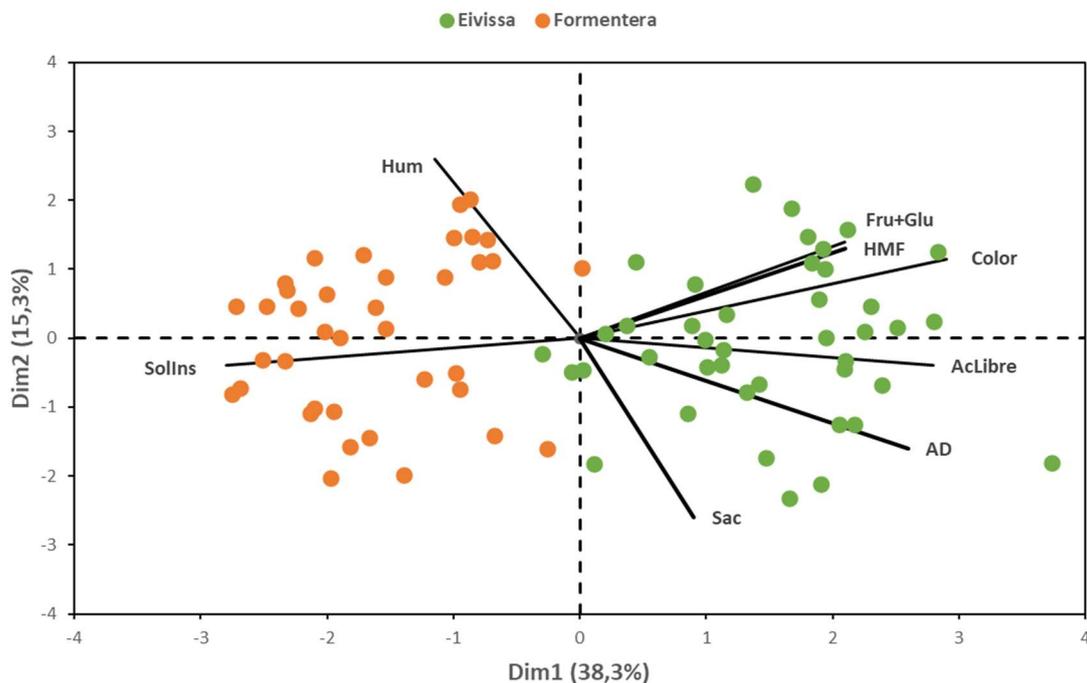


Figura 5.45. ACP. Representación de las variables y las muestras en las coordenadas Dim2 vs Dim1.  
 Muestras de miel de Eivissa y Formentera

Por lo tanto, mediante el ACP se puede concluir que el mayor porcentaje de varianza explicada entre ambos grupos de muestras (38,3 %) corresponde al primer componente principal (Dim1), y que este componente permite diferenciar claramente entre la mayoría de las muestras de miel de Eivissa y las de miel de Formentera. Si bien la contribución de diferentes variables a este componente es alta, destacan las variables color y acidez (valores positivos) y contenido en sólidos insolubles (valores negativos). Por tanto, las muestras de miel de Formentera tendrán valores bajos en color y acidez libre y elevados en sólidos insolubles. Del mismo modo, la miel de Eivissa presentará valores altos en color y acidez libre y bajos en sólidos insolubles.

## 6. Conclusiones:

A partir del estudio realizado pueden extraerse las siguientes conclusiones:

La miel de Formentera se recolecta una vez al año en el mes de julio.

### 1. Espectro polínico

- La miel de Formentera es multifloral y presenta un espectro polínico compuesto por pólenes de las especies botánicas silvestres de Formentera.
- Las mieles de Formentera pueden clasificarse en dos tipos en relación con su contenido en polen mayoritario (miel de Cuernecillos y mieles milflores).
- Las mieles de Formentera se caracterizan por la presencia de polen de las siguientes especies botánicas: Lotus sp (cuernecillos), Echium sp (chupamieles), palmito y cardo. Las especies botánicas descritas actúan como marcadores del origen geográfico de producción. No se detecta la presencia de Cistus ladanifer.

2. Las características fisicoquímicas de las mieles de Formentera no parecen depender de la localización de los apiarios dentro de la isla.
3. La miel de Formentera se puede agrupar en dos tipos mayoritarios de mieles en función de su perfil polínico y características fisico-químicas: Miel de Cuernecillos y miel milflores. No se han detectado diferencias significativas entre ambos tipos de mieles.
4. La miel de Formentera se distingue de la miel de Ibiza por sus características fisicoquímicas.

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

La apicultura ha sido una actividad sostenible para los humanos desde tiempos antiguos. Con la evolución humana y los cambios en la relación entre los humanos y el medio ambiente, esta relación ha ido empeorando. Frente a esta problemática se está imponiendo el concepto de apicultura sostenible, cuyo objetivo es fomentar la apicultura por su contribución ambiental, ecológica y de fomento de la diversidad biológica vegetal que pretende favorecer razas y ecotipos locales más vulnerables a las amenazas junto a la promoción de medidas de promoción de figuras de calidad de los productos apícolas. Los resultados obtenidos sobre las características de la miel de Formentera muestran como en el proceso de producción cumple con dichos requisitos, y también su adecuación a las condiciones edafoclimáticas de Formentera.

En un escenario de cambio global es fundamental incrementar la calidad, conservar la tradición y el reconocimiento del producto. Las DOPs e IGP's pueden ser consideradas como un elemento que favorece la diferenciación de la producción contribuyendo al incremento de la competitividad de las industrias agroalimentarias a través de la valorización de estos productos por parte del consumidor siendo, al mismo tiempo, un instrumento vertebrador en el desarrollo y sostenibilidad de los tejidos rurales y erigiéndose como una seña de promoción de la imagen de los productos españoles en el exterior. Además, hay que tener en cuenta que una DOP es una marca muy potente por si misma, por lo que con toda seguridad será fácilmente reconocible por el consumidor.

La solicitud de un sello de calidad europeo implica contar con un aval científico sólido que permita diferenciar y vincular el producto protegido al territorio donde se produce.

A través del desarrollo del presente estudio se ha obtenido la información necesaria para dotar a la CAIB del aval científico que establece las características diferenciales de la Miel de Formentera y su vínculo con el medio.

## 8. Costes y beneficios:

En la tabla 8.1. se presenta un desglose del presupuesto del proyecto. Como se puede observar, se ha producido una pequeña desviación en el presupuesto solicitado consecuencia de los gastos imputables a los análisis del contenido en polifenoles totales y actividad antioxidante de las muestras que no estaban contemplados en el proyecto. La determinación de la actividad antioxidante se han considerado interesante para este proyecto ya que supone una ventaja competitiva respecto a otros edulcorantes naturales empleados en la mesa.

Tabla 8.1. Presupuesto del proyecto

PERSONAL	Salario y la cuota de la Seguridad Social del personal investigador de plantilla de la UIB y personal contratado	9.893,57 €
MATERIAL FUNGIBLE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pequeño material de laboratorio y material de vidrio (adquisición reposición)</li> <li>• Reactivos químicos incluidos disolventes, patrones, etc.</li> <li>• Muestras comerciales de miel</li> </ul>	6.401,18 €
OTROS GASTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis melisopalínológicos</li> </ul>	705,25 €
<b>TOTAL=</b>		<b>17.000 €</b>

#### Beneficios: Efectos positivos

Los resultados del proyecto permiten avanzar en el conocimiento de las características físico-químicas, melisopalínológicas y sensoriales de la miel de Formentera, contribuyendo de una manera muy significativa al valor comercial del producto y su potencial de comercialización en el futuro.

Los resultados de los parámetros físico-químicos analizados e incluidos en el CODEX demuestran la calidad de la miel. La miel de Formentera cumple con la normativa (tabla 8.2.) y, en la mayoría de los parámetros, presenta valores que mejoran los requeridos.

Tabla 8.2. Comparación de los valores de las características físico-químicas de la miel de Formentera con los exigidos en la normativa.

	Mel Formentera	CODEX / DOUE 2001L0110 23.06.2014
Humedad (%)	17.8 ± 0.8	< 20 (excepto en la miel de brezo (Calluna) <23)
Conductividad eléctrica (mS/cm)	0.25 ± 0.04	< 0.8 excepto mieles de madroño (Arbutus unedo), argaña (Erica), eucalipto, tilo (Tilia spp), brezo (Calluna vulgaris), (Leptospermum), árbol del té (Melaleuca spp.)
Actividad diastática (escala Schade)	12.9 ± 4.2	> 8 excepto en mieles con un contenido bajo de enzimas naturales (p.e., mieles de cítricos) y un contenido de HMF no superior a 15 mg/kg
C. Hidroximetilfurfural (mg/kg)	3.8 ± 3.7	<40 excepto en mieles tropicales (<80)
C. Sólidos insolubles (%)	0.07 ± 0.04	< 0.1 % excepto en miel prensada (< 0.5 %)
C Fructosa (%)	35.9 ± 2.6	Fru+Glu > 60 excepto miel de mielada y mezclas de miel de mielada con miel de flores (>45)
C. Glucosa (%)	30.10 ± 2.04	
C. Sacarosa (%)	0.2 ± 0.2	< 5 excepto falsa acacia, alfalfa, Banksia de Menzies, Sulla, Eucalipto rojo, Eucryphia lucida, Eucryphia milliganii, Citrus spp. (< 10) y espliego, borraja (< 15)
Acidez libre (meq/kg)	20.1 ± 3.5	≤ 50

La demanda de miel local supera con creces la oferta, lo que aprovechan algunos revendedores para vender miel producida en otras zonas geográficas con marcas comerciales que denotan proximidad. Esta situación ha generado un aumento del fraude en la venta de miel, por lo que este estudio proporciona una herramienta de lucha contra el fraude a través de un sello de garantía de origen.

## 9. Diseminación de los resultados

Los resultados del proyecto han sido recogidos en una memoria que se encuentra publicada en la web <http://engalim.uib.es/>.

Asimismo, los resultados de este proyecto de investigación serán presentados en una jornada de transferencia a los apicultores de Eivissa y al público en general, el día 17 de mayo de 2024 en la sede del Consell Insular de Eivissa.

## 10. Agradecimientos

Los autores desean agradecer el apoyo financiero del *Fons de Garantia Agrària i Pesquera de les Illes Balears* (FOGAIBA) y a la *Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació* de la CAIB (proyecto BIA13/21), así como también, a la Asociación de Apicultores de Formentera a la Sra Pamela Ferrer del Consell Insular de Formentera por su colaboración en el proyecto.

## 11. Bibliografía:

- Alqarni, A. S., Owayss, A. A., Mahmoud, A. A., & Hannan, M. A. (2014). Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18(5), 618–625. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.11.009>
- Alves, A., Ramos, A., Gonçalves, M. M., Bernardo, M., & Mendes, B. (2013). Antioxidant activity, quality parameters and mineral content of Portuguese monofloral honeys. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(2). <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.02.009>
- Anthos (2017). Sistema de información de las plantas de España. Real Jardín Botánico, CSIC - Fundación Biodiversidad. Disponible en <http://www.anthos.es>.
- AOAC Official Method. (1998a). AOAC 958.09 Diastatic Activity of Honey. *AOAC International*, 390(1897), 8001–8001.
- AOAC Official Method. (1998b). AOAC 962.19 Acidity (Free, Lactone, and Total of Honey). *AOAC International*, 390(1897), 8001–8001.
- AOAC Official Method. (1998c). AOAC 969.38 Moisture in Honey. *AOAC International*.
- AOAC Official Method. (1998d). AOAC 980.23 Hydroxymethylfurfural in Honey. *AOAC International*, 390(1897), 8001–8001.
- AOAC Official Method. (2006). AOAC 977.20 Separation of sugars in honey. *AOAC International*, 6(6), 3–4.
- Arnold, J. B. (2021). *Extra Themes, Scales and Geoms for "ggplot2."*
- Belay, A., Solomon, W. K., Bultossa, G., Adgaba, N., & Melaku, S. (2013). Physicochemical properties of the Harena forest honey, Bale, Ethiopia. *Food Chemistry*, 141(4), 3386–3392. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.06.035>
- BEUCHAT, L. R. (1983). Influence of Water Activity on Growth, Metabolic Activities and Survival of Yeasts and Molds. *Journal of Food Protection*, 46(2), 135–141. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-46.2.135>
- BOE núm. 145. (1986). ORDEN de 12 de junio de 1986. por la que se aprueban los métodos oficiales de análisis para la miel. *Boletín Oficial Del Estado*, (145), 22195–22202. Retrieved from <https://boe.es/boe/dias/1986/06/18/pdfs/A22195-22202.pdf>
- Bogdanov, S. (2009). Harmonised Methods of the International IHC. *Bee Product Science*, (5), 1–62.



- Boi, M., Llorens, J. A., Cortés, L., Lladó, G., & Llorens, L. (2013). Palynological and chemical volatile components of typically autumnal honeys of the western Mediterranean. *Grana*, 52(2), 93–105. <https://doi.org/10.1080/00173134.2012.744774>
- Ciulu, M., Solinas, S., Floris, I., Panzanelli, A., Pilo, M. I., Piu, P. C., ... Sanna, G. (2011). RP-HPLC determination of water-soluble vitamins in honey. *Talanta*, 83(3), 924–929. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.10.059>
- Codex Alimentario. (2019). Norma para la miel. *Comisión Del Codex Alimentarius*, 1–9.
- Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticityfile:///C:/Users/uiB/Downloads/1-s2.0-S0308814610004218-main.pdf. *Food Chemistry*, 196, 309–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- de Sousa, J. M. B., de Souza, E. L., Marques, G., Benassi, M. de T., Gullón, B., Pintado, M. M., & Magnani, M. (2016). Sugar profile, physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different stingless bee species in Brazilian semi-arid region. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 645–651. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.058>
- DIRECTIVA 2001/110/CE. (2014). DIRECTIVA 2001/110/CE DEL CONSEJO de 20 de diciembre de 2001 relativa a la miel. *Diario Oficial de Las Comunidades Europeas*, 13, 1–46.
- DOUE (2014). DIRECTIVA 2014/63/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 15 de mayo de 2014 por la que se modifica la Directiva 2001/110/CE relativa a la mielNo Title.
- Escuredo, O., Dobre, I., Fernández-González, M., & Seijo, M. C. (2014). Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. *Food Chemistry*, 149, 84–90. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.097>
- Escuredo, O., Fernández González, M., & Seijo, C. (2012). Differentiation of blossom honey and honeydew honey from northwest spain. *Agriculture*, 2(1), 25–37. <https://doi.org/10.3390/agriculture2010025>
- Fox, J., & Weisberg, S. (2018). Nonparametric Regression in R. An Appendix to An R Companion to Applied Regression, third edition. In *An R Companion to Applied Regression, third edition*.
- Gámbaro, A., Ares, G., Giménez, A., & Pahor, S. (2007). Preference mapping of color of Uruguayan honeys. *Journal of Sensory Studies*, 22(5). <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2007.00125.x>
- Gela, A., Hora, Z. A., Kebebe, D., & Gebresilassie, A. (2021). Physico-chemical characteristics of honey produced by stingless bees (*Meliponula beccarii*) from West Showa zone of Oromia Region, Ethiopia. *Heliyon*, 7(1), e05875. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05875>
- Gleiter, R. A., Horn, H., & Isengard, H. D. (2006). Influence of type and state of crystallisation on the water activity of honey. *Food Chemistry*, 96(3), 441–445. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.051>
- Gómez-Pajuelo, A.; Gonell, F. (2022). “Protocolo de análisis sensorial de mieles en seis pasos”. 10º Congreso Nacional de Apicultura. AFCA. pp 56-57. ISBN: 978-84-19170-15-0.



- Kahraman, T., Buyukunal, S. K., Vural, A., & Altunatmaz, S. S. (2010). Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey. *Food Chemistry*, 123(1). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.123>
- Karabagias, I. K., Vavoura, M. V., Nikolaou, C., Badeka, A. V., Kontakos, S., & Kontominas, M. G. (2014). Floral authentication of Greek unifloral honeys based on the combination of phenolic compounds, physicochemical parameters and chemometrics. *Food Research International*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.04.015>
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. Package Version 1.0.7. *R Package Version*.
- Khan, Z. S., Khan, I. A., Naik, H. R., & Bhat, M. S. (2015). Kinetic studies on anti-oxidant activity vis-à-vis colour in two Kashmir honeys. *Applied Biological Research*, 17(1). <https://doi.org/10.5958/0974-4517.2015.00003.8>
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR. *Journal of Statistical Software*.
- Moreira, R. F. A., De Maria, C. A. B., Pietroluongo, M., & Trugo, L. C. (2007). Chemical changes in the non-volatile fraction of Brazilian honeys during storage under tropical conditions. *Food Chemistry*, 104(3). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.055>
- Pasias, I. N., Kiriakou, I. K., & Proestos, C. (2017). HMF and diastase activity in honeys: A fully validated approach and a chemometric analysis for identification of honey freshness and adulteration. *Food Chemistry*, 229. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.084>
- Pontes, M., Marques, J. C., & Câmara, J. S. (2007). Screening of volatile composition from Portuguese multifloral honeys using headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-quadrupole mass spectrometry. *Talanta*, 74(1), 91–103. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2007.05.037>
- R Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*.
- Ramón-Sierra, J. M., Ruiz-Ruiz, J. C., & De La Luz Ortiz-Vázquez, E. (2015). Electrophoresis characterisation of protein as a method to establish the entomological origin of stingless bee honeys. *Food Chemistry*, 183, 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.015>
- Sak-Bosnar, M., & Sakač, N. (2012). Direct potentiometric determination of diastase activity in honey. *Food Chemistry*, 135(2). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.006>
- Saxena, S., Gautam, S., & Sharma, A. (2010). Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*, 118(2), 391–397. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.001>
- Solayman, M., Islam, M. A., Paul, S., Ali, Y., Khalil, M. I., Alam, N., & Gan, S. H. (2016). Physicochemical Properties, Minerals, Trace Elements, and Heavy Metals in Honey of Different Origins: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 219–233. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12182>



- Tornuk, F., Karaman, S., Ozturk, I., Toker, O. S., Tastemur, B., Sagdic, O., Kayacier, A. (2013). Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *Industrial Crops and Products*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.12.042>
- Tuberoso, C. I. G., Bifulco, E., Caboni, P., Sarais, G., Cottiglia, F., & Floris, I. (2011). Lumichrome and phenyllactic acid as chemical markers of thistle (*Galactites tomentosa* Moench) honey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(1). <https://doi.org/10.1021/jf1039074>
- 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*.
- Won, S. R., Lee, D. C., Ko, S. H., Kim, J. W., & Rhee, H. I. (2008). Honey major protein characterization and its application to adulteration detection. *Food Research International*, 41(10). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.07.014>
- Wu, J., Duan, Y., Gao, Z., Yang, X., Zhao, D., Gao, J., ... Wang, S. (2020). Quality comparison of multifloral honeys produced by *Apis cerana cerana*, *Apis dorsata* and *Lepidotrigona flavibasis*. *Lwt*, 134(April), 110225. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110225>
- Wuertz, D., Setz, T., Chalabi, Y., & Maechler, M. (2020). *Rmetrics - Markets and Basic Statistics*.
- Yücel, Y., & Sultanoglu, P. (2012). Determination of industrial pollution effects on citrus honeys with chemometric approach. *Food Chemistry*, 135(1). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.061>



## 12. Anexos:

### 12.1. Anexo 1. Protocolo de recogida de miel de Formentera

Els apicultors interessats en participar en el projecte "Caracterització de les mels de Formentera" concedit per la Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació de la CAIB, aportant mostres de mels de diferents indrets de l'illa de Formentera per que puguin ser estudiades per investigadors del Departament de Química de la UIB, s'hauran de comprometre a seguir el següent protocol de producció, extracció i envasat:

- Elegir de 3 a 5 caseres d'un o de varis apiaris (depenent de la disponibilitat de la persona) d'indrets diferents de l'illa, que tinguin una quantitat de cria suficient per assegurar que la casera tindrà la capacitat de recollir mel d'enguany.
- Durant la primera quinzena de maig, retirar totes les mitges-alces i alces que hi hagi damunt el cos de cria en aquestes caseres elegides per a participar en el projecte. Seguidament, s'hi haurà de col·locar una mitja-alça buida (sense cap rastre de mel) i amb la cera estirada a cada casera que participi al projecte. Aquestes alces on es farà la recollida de mel del projecte s'hauran d'identificar amb un marcatge extern fàcilment visible que permeti la seva traçabilitat.
- S'afegiran tantes mitges-alces buides i amb cera estirada com siguin necessàries per a seguir recollint la mel fins a la primera quinzena de juliol, moment en que es procedirà a l'extracció de la mel d'una o varies caseres de les elegides per participar al projecte dins cada apiari, a elecció de l'apicultor/a.
- Una setmana abans del dia de col·locació de les primeres mitges-alces buides (durant la primera quinzena de maig) serà obligatòria la retirada de qualsevol tipus d'alimentació artificial, medicament veterinari o altres substàncies oloroses de dins les caseres elegides per a participar en el projecte, en cas que n'hi hagi. L'ús d'aquests productes quedarà prohibit durant tot el procés de recollida de la mel (des de la primera quinzena de maig fins a la primera quinzena de juliol).
- Emplenar una enquesta on aportarà informació sobre la localització i l'entorn de l'apiari o apiaris elegits per a participar en el projecte, així com del procés de producció, extracció i envasat de la mel als investigadors de la UIB que duen a terme les analítiques.
- Aportar una mostra de 250g de la mel produïda a les caseres elegides per a participar al projecte per a que sigui analitzada a la UIB en acabar el procés d'envasat i a fer-ho en condicions òptimes d'higiene i humitat. No es permetrà l'escalfament de la mel per cap motiu i en cas que hagi cristal·litzat durant la maduració es mantindrà cristal·litzada per al seu estudi a la UIB.
- Acceptar la possible visita per assessorament o control en la metodologia per part d'un membre de l'equip investigador de la UIB a l'apiari elegit per a participar al projecte, en cas que aquest investigador ho sol·licités.



## 12.2. Anexo I. Encuesta realizada a los elaboradores de miel de Formentera

# ETIQUETA

### ENQUESTA PELS PARTICIPANTS DEL PROJECTE DE CARACTERITZACIÓ DE MELS DE FORMENTERA I VINCLE AMB EL MEDI"

**NOTA PER A L'APICULTOR/A:** S'ha de respondre una enquesta per cada apiari que participi al projecte. Les preguntes s'han de contestar referint-se a les caseres seleccionades per a participar al projecte de "Caracterització de les mel de Formentera":

#### 1. Dades de contacte

- Nom i llinatges
- Telèfon i adreça electrònica
- Nombre de REGA

#### 2. Localització de l'apiari:

- coordenades UTM (o polígon i parcel·la):
- localitat i municipi:

#### 3. Descripció de l'entorn:

- Vegetació en 1 km de radi al voltant de les caseres (marcar amb una X):
  - Cultiu d'hort:
  - Cítrics:
  - Farratges (explica quins):
  - Cultiu de secà (garrovers/ametllers):
  - Cereals:
  - Jardins (urbanitzacions, zones residencials, hotels...):
  - Garriga i bosc:
  - Altres cultius (explica quins):
- Altitud sobre el nivell de la mar:
- Distància a la costa:

#### 4. Tipus de maneig:

- Model de casera:
- Model d'alça i quantitat usada:
  - Alça (quantitat):
  - Mitja-alça (quantitat):
- Ús d'excluidor de reines:
- Tipus de tractament contra varroa utilitzat aquest any, si és el cas, i període d'aplicació:



- Tipus d'alimentació utilitzada aquest any, si és el cas, i període d'aplicació:
- Tipus de desabellat (marca amb una X):
  - Amb fumador
  - Amb raspall
  - Amb escapament
  - Amb bufador

*5. Estat sanitari de les caseres:*

- Has vist algun tipus de malaltia o predadors diferent de varroa a les caseres el darrer any?
- Quina (loque, micosi, Vespa velutina, abellarol, etc.)?
- Has fet servir algun tractament per a controlar-la? Quin i en quin període?

*6. Condicions d'extracció i envasat:*

- Tipus de sala d'extracció (marca amb una X):
  - Permanent
  - Temporal
  - A l'apiari (amb carpa)
- Tipus d'extracció (marca amb una X):
  - Amb centrífuga
  - Per premsat
  - Per degoteig
- Has utilitzat un deshumidificador dins la sala d'envasat per a controlar l'humitat de l'ambient?
- Has utilitzat calefacció per a controlar la temperatura de la sala d'envasat?
- Tipus de maduració (marca amb una X):
  - Depòsit madurador (amb filtre)
  - Maduració dins el pot de mel
- Quants dies ha madurat la mel abans d'envasar-la?

*7. Quants anys té la cera de les alces o mitges-alces que has utilitzat (marca amb una X)?*

- Entre 0 i 2 anys
- Entre 2 i 5 anys
- Entre 5 i 10 anys
- Més de 10 anys

8. Altres comentaris que vulguis fer del teu mètode de producció o manipulació de la mel que no s'hagin comentat a l'enquesta:

### 12.3. Anexo 3. Características fisicoquímicas de las mieles de Formentera

Tabla A3.1. Características físico-químicas de las muestras de miel de Formentera. Medias y desviaciones estándar.

Muestra	Humedad (%)	HMF (mg/kg)	AD (escala schade)	Cond. Elec. (mS/cm)
1	17,4 ± 0,1	3,2 ± 0,1	16,5 ± 1,6	0,25 ± 0,01
2	19,6 ± 0,3	7,6 ± 0,4	12,2 ± 0,5	0,28 ± 0,01
3	17,6 ± 0,3	1,1 ± 0,1	19,2 ± 1,3	0,23 ± 0,01
4	18,4 ± 0,3	5,8 ± 0,1	11 ± 2	0,27 ± 0,01
5	18,0 ± 0,3	12,3 ± 0,3	8,5 ± 1,1	0,30 ± 0,01
6	17,6 ± 0,3	13,8 ± 0,4	9,9 ± 0,6	0,29 ± 0,01
7	17,6 ± 0,3	3,9 ± 0,2	11,4 ± 1,2	0,25 ± 0,01
8	16,4 ± 0,3	0,6 ± 0,1	11,4 ± 1,2	0,20 ± 0,01
9	18,2 ± 0,1	1,0 ± 0,1	9,0 ± 0,8	0,27 ± 0,01
10	17,6 ± 0,3	6,7 ± 0,6	17,3 ± 0,1	0,26 ± 0,01
11	17,8 ± 0,1	1,3 ± 0,1	13,7 ± 0,2	0,24 ± 0,01
13	16,2 ± 0,1	1,4 ± 0,3	19,9 ± 0,6	0,26 ± 0,01
14	17,8 ± 0,1	4,1 ± 0,1	11,4 ± 0,1	0,23 ± 0,01
15	17,2 ± 0,3	0,9 ± 0,1	18,7 ± 0,5	0,17 ± 0,01
16	17,6 ± 0,3	2,2 ± 0,2	15,8 ± 0,6	0,28 ± 0,01
17	17,0 ± 0,1	1,9 ± 0,1	10,1 ± 0,1	0,20 ± 0,01
18	17,8 ± 0,1	1,4 ± 0,1	13,8 ± 1,3	0,22 ± 0,01
19	17,8 ± 0,1	0,9 ± 0,1	14,6 ± 0,1	0,21 ± 0,01
20	18,6 ± 0,1	4,4 ± 0,1	10,3 ± 0,6	0,22 ± 0,01



Tabla A3.1 (cont). Características físico-químicas de las muestras de miel de Formentera. Medias y desviaciones estándar.

Muestra	pH	Fructosa (%)	Glucosa (%)	Sacarosa (%)
1	3,29 ± 0,01	38,31 ± 0,07	31,93 ± 0,11	0,42 ± 0,03
2	3,33 ± 0,01	38,2 ± 1,3	31,9 ± 1,0	0,08 ± 0,01
3	3,32 ± 0,01	35 ± 2	29,2 ± 1,6	0,50 ± 0,06
4	3,36 ± 0,01	37 ± 2	31,0 ± 1,6	0,10 ± 0,01
5	3,33 ± 0,01	36,6 ± 0,2	30,51 ± 0,17	0,08 ± 0,01
6	3,27 ± 0,01	35,4 ± 0,6	29,6 ± 0,5	0,09 ± 0,01
7	3,36 ± 0,01	38,8 ± 1,9	32,4 ± 1,6	0,16 ± 0,02
8	3,34 ± 0,01	38,88 ± 0,03	32,44 ± 0,05	0,77 ± 0,02
9	3,47 ± 0,01	34,1 ± 1,4	28,7 ± 1,2	0,12 ± 0,02
10	3,29 ± 0,01	35,0 ± 0,6	29,4 ± 0,4	0,13 ± 0,01
11	3,37 ± 0,01	40,8 ± 1,9	34,0 ± 1,5	0,19 ± 0,01
13	3,30 ± 0,01	33,1 ± 0,3	27,8 ± 0,2	0,17 ± 0,01
14	3,32 ± 0,01	33,6 ± 0,5	28,3 ± 0,4	0,08 ± 0,01
15	3,28 ± 0,01	32,88 ± 0,08	27,72 ± 0,07	0,37 ± 0,04
16	3,34 ± 0,01	34,6 ± 0,8	29,1 ± 0,7	0,09 ± 0,01
17	3,25 ± 0,01	33,13 ± 0,03	27,90 ± 0,03	0,31 ± 0,01
18	3,28 ± 0,02	33,4 ± 0,4	28,1 ± 0,4	0,83 ± 0,01
19	3,28 ± 0,01	33,8 ± 0,6	28,5 ± 0,5	0,26 ± 0,01
20	3,41 ± 0,01	34,8 ± 0,2	29,23 ± 0,14	0,09 ± 0,01



Tabla A3.1(cont). Características físico-químicas de las muestras de miel de Formentera. Medias y desviaciones estándar.

Muestra	solidos insol. (%)	Color (mmPfund)	ac_libre (meq/kg)
1	0,08 ± 0,01	32,3 ± 0,7	22,8 ± 0,8
2	0,05 ± 0,02	57,19 ± 0,03	26,2 ± 0,6
3	0,07 ± 0,02	53,68 ± 0,08	19,4 ± 0,9
4	0,03 ± 0,01	38,25 ± 0,18	21,3 ± 0,8
5	0,02 ± 0,01	48,7 ± 0,5	23 ± 4
6	0,10 ± 0,01	46,29 ± 0,08	22,4 ± 0,4
7	0,03 ± 0,02	54,4 ± 1,3	22,9 ± 0,5
8	0,04 ± 0,01	45 ± 3	19 ± 2
9	0,06 ± 0,01	40,8 ± 0,5	16,7 ± 1,0
10	0,08 ± 0,01	39,2 ± 1,3	19,3 ± 0,5
11	0,09 ± 0,05	77 ± 2	16,6 ± 0,6
13	0,11 ± 0,03	53,7 ± 1,2	17,8 ± 0,9
14	0,10 ± 0,04	43,1 ± 0,4	17,3 ± 0,9
15	0,08 ± 0,06	33,3 ± 0,4	14,9 ± 1,9
16	0,08 ± 0,01	64,3 ± 0,2	24,1 ± 0,8
17	0,14 ± 0,06	39,7 ± 0,5	18,6 ± 1,4
18	0,09 ± 0,07	45,1 ± 1,2	16,4 ± 0,2
19	0,12 ± 0,04	44,1 ± 1,5	17,2 ± 0,4
20	0,09 ± 0,04	61,4 ± 0,3	17,3 ± 0,3

## 12.4. Anexo 4. Caracterización melisopalinológica de las mieles de Formentera

Tabla A4.1. Características melisopalinológicas de las muestras de miel de Formentera. Medias y desviaciones estándar.

Muestra	Plantas Melíferas	Otras plantas, poliníferas
1	Cuernecillos (Lotus sp.) 58 %, HDE, otras leguminosas, chupamieles, rosácea tipo zarza, tipo cerraja/achicoria, tipo Teucrium sp., esparragueras, Cynoglossum sp., tipo tomillo, palmera (arecácea), mirtácea, rabanizas/jaramagos, tipo caléndula	Olivo, tipo aladierno/escambrón (Rhamnus sp.)
2	Cuernecillos (Lotus sp.) 45 %, tipo cerraja, chupamieles, malvácea, rabanizas/jaramagos, tipo cardo ovejero, algarrobo, otras leguminosas, palmera (arecácea), esparragueras, HDE, tipo tomillo, mirtácea, tilo, cardos, romero, corregüela, brezo (cepell)	Olivo, tipo lentisco, tipo sauce
3	Cuernecillos (Lotus sp.) 7 %, cardos, HDE, chupamieles, rabanizas/jaramagos, tipo cardo ovejero, lechetreznas, tipo cerraja/achicoria, otras leguminosas, azahar, romero, tipo caléndula	Aromo, lentisco, olivo, llantén, estepas
4	Cuernecillos (Lotus sp.), HDE, chupamieles, asterácea tipo cardo ovejero, tipo Teucrium sp., tipo tomillo, brasicáceas, otras leguminosas, mirtácea	Llantén
5	Cuernecillos (Lotus sp.) 41 %, chupamieles, HDE, achicoria, tipo tomillo, tipo Teucrium sp., palmera (arecácea), rabanizas/jaramagos	-
6	Cuernecillos (Lotus sp.) 56 %, chupamieles 18 %, espliego, palmera (arecácea), HDE, tipo tomillo, tipo Teucrium sp., tipo achicoria, gamón, aguacate, almendro, corregüela	Olivo, aroma, lentisco, llantén, estepas
7	Cuernecillos (Lotus sp.) 67 %, chupamieles 18 %, brezo (cepell), HDE, palmera (arecácea), tipo achicoria, onagra, rabanizas/jaramagos, cardos, otras leguminosas, romero, gamón, corregüela	Estepas, lentisco, jaras
8	Cuernecillos (Lotus sp.) 98 %, palmera (arecácea), asterácea tipo cardo ovejero, tipo achicoria	Estepas, jaras, lentisco, aroma
9	Cuernecillos (Lotus sp.) 48 %, chupamieles 22 %, HDE, tipo cerraja, tipo tomillo, azahar, palmera (arecácea), esparragueras, asterácea tipo cardo ovejero	Olivo, lentisco, jaras
10	Tipo achicoria, HDE, apiácea, tipo Teucrium sp., cuernecillos (Lotus sp.), otras leguminosas, brezo (cepell), cardos	Olivo, lentisco, llantén, encina/coscoja

Tabla 4.1 (cont) . Características melisopolinológicas de las muestras de miel de Formentera. Medias y desviaciones estándar.

Muestra	Plantas Melíferas	Otras plantas, poliníferas
11	Cuernecillos (Lotus sp.) 22 %, palmera (arecácea), cardos, asterácea tipo cardo ovejero, esparragueras, tipo achicoria, otras leguminosas, HDE	Olivo, encina/coscoja, estepas, aroma
12	Cuernecillos (Lotus sp.) 21 %, HDE, palmera (arecácea), brezo (cepell), tipo tomillo, chupamieles, tipo achicoria, tipo taray, tipo Teucrium sp., otras leguminosas, aguacate, asterácea tipo cardo ovejero, rabanizas/jaramagos	Olivo, jaras
13	Rabanizas/jaramagos, asterácea tipo cardo ovejero, HDE, chupamieles, almendro, cuernecillos (Lotus sp.), brezo (cepell), otras leguminosas, Cynoglossum sp., tipo taray, corregüela, palmera (arecácea), tipo achicoria, tipo tomillo, gamón	Llantén, encina/coscoja, lentisco, olivo, jaras, aroma, estepas
14	Rabanizas/jaramagos, HDE, romero, palmera (arecácea), chupamieles, tipo achicoria, cuernecillos (Lotus sp.), asterácea tipo cardo ovejero, azahar, otras leguminosas, tipo tomillo, cardos, gamón, brezo (cepell), tipo caléndula, corregüela	Encina/coscoja, estepas, olivo
15	Cuernecillos (Lotus sp.) 15 %, cardos, chupamieles, HDE, esparragueras, otras leguminosas, tipo Teucrium sp., tipo achicoria, tipo altabaca, palmera (arecácea), rabanizas/jaramagos, tipo cardo ovejero	Olivo, tipo sauce, lentisco, jaras
16	Cuernecillos (Lotus sp.) 38 %, chupamieles, asterácea tipo cardo ovejero, HDE, palmera (arecácea), rabanizas/jaramagos, tipo cerraja, brezo (cepell), calabaza, cardos	Olivo, jaras, lentisco, estepas, aroma, pino (aerovagante)
17	Cuernecillos (Lotus sp.) 46 %, brezo (cepell), tipo tomillo, HDE, rabanizas/jaramagos, palmera (arecácea), tipo Teucrium sp., chupamieles, cardos, tipo cerraja, algarrobo, romero	Jaras, lentisco, olivo, aroma
18	Cuernecillos (Lotus sp.) 47 %, HDE, tipo altabaca, tipo tomillo, rabanizas/jaramagos, mirtácea, chupamieles, palmera (arecácea), cardos, tipo achicoria, esparragueras, otras leguminosas	Lentisco, aroma, olivo, jaras, estepas, llantén
19	Tipo Teucrium sp., chupamieles, HDE, rabanizas/jaramagos, brezo (cepell), tipo achicoria, esparragueras, palmera (arecácea), corregüela, leguminosas	Olivo, lentisco, jaras, aroma, aladierno/escambrón (Rhamnus sp.)
20	Brezo (cepell) 13 %, romero 9 %, cuernecillos (Lotus sp.), algarrobo, rabanizas/jaramagos, otras leguminosas, HDE, tipo taray	Estepas, jaras, tipo lentisco

## 12.5. Anexo 5. Características físico-químicas de la miel de Eivissa

Tabla A5.1. Características físico-químicas de la miel de Eivissa. Medias, desviaciones estándar, medianas e intervalos de tolerancia ( $p < 0.01$ )

	Media $\pm$ desv. Estándar			Mediana	Intervalo de tolerancia ( $p < 0.01$ )
<b>Hum</b>	16.8	$\pm$	1.5	16.7	[14.1; 19.5]
<b>Color</b>	87	$\pm$	29	84	[35; 140]
<b>CondElec</b>	0.57	$\pm$	0.22	0.59	[0.17; 0.98]
<b>AD</b>	20.8	$\pm$	6.9	21.7	[8.1; 33.4]
<b>HMF</b>	29.8	$\pm$	19.9	25.3	[-6.6; 66.1]
<b>Sollnsol</b>	0.02	$\pm$	0.02	0.02	[-0.01; 0.05]
<b>Fru</b>	35.7	$\pm$	1.2	35.4	[33.5; 37.9]
<b>Glu</b>	32.55	$\pm$	1.43	32.60	[29.93; 35.16]
<b>Fru+Glu</b>	68.3	$\pm$	1.5	68.1	[65.6; 70.9]
<b>Fru/Glu</b>	1.1	$\pm$	0.1	1.1	[1.0; 1.2]
<b>Sac</b>	0.4	$\pm$	0.1	0.3	[0.1; 0.6]
<b>acLibre</b>	28.80	$\pm$	7.79	29.60	[14.59; 43.01]