



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Ciencia y Tecnología de los alimentos

Composición fisicoquímica, compuestos bioactivos y actividad antioxidante de la miel

Physico-chemical composition, bioactive compounds and antioxidant activity of
honey

Autor/es

Adrián Honrado Frías

Director/es

Consuelo Pérez Arquillué
Regina Lázaro Gistau

Facultad de Veterinaria

2019-2020

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	3
2. ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
3.1. Qué es la miel. Tipos de miel.....	4
3.2. Historia de la miel.....	5
3.3. Origen y obtención de la miel	5
3.4. Producción y comercialización	7
3.5. Características del sistema productivo español	9
3.6. Composición de la miel.....	9
3.7. Propiedades saludables de la miel	13
3.8. Propiedades sensoriales de la miel	15
3.9. Alteraciones más frecuentes en la miel.....	16
4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	17
5. METODOLOGÍA	18
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
6.1. Azúcares.....	18
6.2. Humedad.....	19
6.3. Conductividad eléctrica	20
6.4. pH	21
6.5. Acidez.....	22
6.6. Color.....	23
6.7. Compuestos fenólicos totales	25
6.8. Flavonoides totales.....	27
6.9. Actividad antioxidante (DPPH)	30
7. CONCLUSIONES.....	32
8. CONCLUSIONS.....	33
9. IDENTIFICACIÓN DE LAS APORTACIONES QUE, EN MATERIA DE APRENDIZAJE, HAN SUPUESTO LA REALIZACIÓN DE ESTA ASIGNATURA	34
10. BIBLIOGRAFÍA.....	34

1. RESUMEN

La miel es un alimento dulce producido por la abeja *Apis mellifera*, cuya composición debe satisfacer las exigencias nutritivas y organolépticas del consumidor, además de cumplir con la legislación vigente. Ha sido utilizada desde la antigüedad en la medicina tradicional gracias a sus propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y antibacterianas.

Diversos factores como su origen botánico y geográfico, el clima, la raza de abeja, el estado de la colonia o su procesado, van a determinar su composición fisicoquímica y la presencia de sustancias bioactivas que condicionan las propiedades anteriormente citadas.

El objetivo de esta revisión bibliográfica ha sido conocer los parámetros fisicoquímicos y la presencia de sustancias bioactivas, así como la actividad antioxidante de la miel, en base a la consulta de diversas fuentes bibliográficas.

Según diversos estudios, la humedad se sitúa entre el 15 y el 20 % para la mayoría de las mieles. Cabe destacar que algunos parámetros permiten diferenciar entre mieles de diferentes orígenes botánicos. Así, la conductividad eléctrica es mayor en mieles de mielada, al igual que el pH y la acidez libre. A su vez, el color tiende a ser más oscuro en mieles de mielada, existiendo cierta correlación entre los dos sistemas de medida principales, Pfund y Cielab. No obstante, la bibliografía consultada no establece una relación clara entre este parámetro y el contenido de flavonoides. Por último, la actividad antioxidante (DPPH) sí que es mayor en mieles de mielada que en mieles de origen floral.

2. ABSTRACT

Honey is a sweet food produced by the *Apis mellifera* bee, whose composition must satisfy the nutritional and organoleptic demands of the consumer, but also the current legislation. It has been used since ancient times for its anti-inflammatory, antioxidant and antibacterial properties.

Several factors such as its botanical and geographical origin, the climate, the bee race, the state of the colony or the process affect the physicochemical composition and the presence of bioactive substances that determine the above cited properties.

The objective of this bibliographic review has been to know the physicochemical parameters, the presence of bioactive substance, as well as the antioxidant activity of honey by consulting several bibliographic resources.

According to various studies, humidity ranges between 15 and 20 % in most honeys. Some parameters allow to differentiate honeys of different botanical origins. Thus, the electrical conductivity is higher in honeydew honeys. The same happens with pH and free acidity. The honey colour tends to be darker in honeydew honey and there is a certain correlation between the two main measurement systems, Pfund and Cielab. However, the bibliography consulted does not establish a clear relationship between this parameter and the content of flavonoids. Finally, the DPPH antioxidant activity is higher in honeydew honeys than in floral honeys.

3. INTRODUCCIÓN

3.1. Qué es la miel. Tipos de miel.

Según la Norma de Calidad de la Miel (Real Decreto 1049/2003), la miel es la sustancia natural dulce producida por la abeja *Apis mellifera* a partir del **néctar** de plantas, de **secreciones** de partes vivas de plantas o de **excreciones de insectos chupadores** presentes en las partes vivas de plantas, que las abejas recolectan, transforman combinándolas con sustancias específicas propias, depositan, deshidratan, almacenan y dejan en colmenas para que madure. Las principales variedades de miel son las siguientes:

- Según su **origen**: miel de **flores** o miel de **néctar** (es la miel que procede del néctar de las plantas) y miel de **mielada** (es la miel que procede en su mayor parte de excreciones de insectos chupadores de plantas (hemípteros) presentes en las partes vivas de las plantas o de secreciones de las partes vivas de las plantas).
- Según su **elaboración** o su **presentación**: **miel en panal** (es la miel depositada por las abejas en los alvéolos operculados de panales recientemente contruidos por ellas, o en finas hojas de cera en forma de panal realizadas únicamente con cera de abeja, sin larvas y vendida en panales, enteros o no), **miel con trozos de panal o panal cortado en miel** (es la miel que contiene uno o más trozos de miel en panal), **miel escurrida** (es la miel que se obtiene mediante el escurrido de los panales desoperculados, sin larvas), **miel centrifugada** (es la miel que se obtiene mediante la centrifugación de los panales desoperculados, sin larvas), **miel prensada** (es la miel obtenida mediante la compresión de los panales, sin larvas, con o sin aplicación de calor moderado, de hasta un máximo de 45 °C) y **miel filtrada** (es la miel que se obtiene eliminando materia orgánica o inorgánica ajena a la miel de manera tal que se genere una importante eliminación de polen).

- **Miel para uso industrial:** es la miel apropiada para usos industriales o para su utilización como ingrediente de otros productos alimenticios que se elaboran ulteriormente, que puede presentar un sabor o un olor extraños, haber comenzado a fermentar o haber fermentado, o haberse sobrecalentado.

Además, algunos autores (Gil y Ruiz, 2010) distinguen según su **origen botánico**:

- Mieles **monoflorales:** aquéllas en las que el polen que la caracteriza está presente en el sedimento en cantidades superiores al 45 %.
- Mieles **multiflorales:** ningún polen es el dominante y las abejas las elaboran a partir de diversos nectarios.
- Mieles de **mielada:** aquéllas que proceden de las deposiciones de insectos o de las secreciones azucaradas de algunas plantas. En España es frecuente encontrar miel mielada procedente de la encina o el roble.

3.2. Historia de la miel

La miel ha sido y es un alimento empleado durante cientos de años por sociedades de todo mundo. Prueba de ello es que aparece mencionado en documentos como el Talmud (código civil y religioso hebreo de los siglos III y V), la Biblia (en el Antiguo y en el Nuevo Testamento) o el Corán (que escrito hace 1400 años, cuenta con un capítulo llamado “*Al Nahl*”, abeja). La primera referencia escrita para la miel es una tablilla sumeriana, fechada entre los años 2100-2000 a. C. En ella se menciona el uso de la miel como droga y ungüento (Al-Waili et al., 2012).

Además, en excavaciones egipcias con más de 2000 años de antigüedad se han encontrado muestras de miel conservadas en vasijas. También existen registros prehistóricos en pinturas rupestres de la utilización de la miel.

No obstante, la historia de la apicultura, es decir, la cría de abejas para obtener miel, tiene sus raíces en los primeros asentamientos humanos, en la época neolítica (Gil y Ruiz, 2010). Desde entonces, la miel ha sido el único edulcorante primario natural disponible hasta el siglo XIX, cuando su consumo fue superado por el azúcar de caña o de remolacha, y más tarde por jarabes derivados del maíz para uso industrial (Armando et al., 2010).

3.3. Origen y obtención de la miel

El proceso de elaboración de la miel resulta complejo y requiere de las abejas y de una **materia prima**. Ésta puede ser el **néctar** (en los nectarios de las flores) o la **ligamaza, mielada o**

mielato (sustancia viscosa azucarada) que segregan algunas plantas (encinas, robles, alcornoques, entre otros) o que depositan a modo de **excremento** algunos insectos fitófagos que se alimentan de savia, como los áfidos (pulgones) y algunas cochinillas. En el primer caso, dará lugar a la miel de flores y en el segundo será la miel de mielada o de bosque.

El néctar o el mielato es **recogido por la abeja pecoreadora** y le incorpora su saliva, enriqueciendo así la mezcla con **enzimas** (invertasa, glucosa-oxidasa y diastasa) que participan en la transformación de los azúcares en miel. Una vez tienen el buche lleno, las abejas se desplazan a la colmena y distribuyen su contenido entre las obreras y los zánganos, favoreciendo así la adición de más saliva y, por tanto, de enzimas. La carga es depositada en las celdillas para posteriormente volver a resucitarla y procesarla con su saliva. En la **celdilla** se producirá una **reducción del contenido de agua y la acción de los enzimas**, que es importante en el proceso de transformación de la materia prima en miel. La invertasa transforma la sacarosa en una mezcla de glucosa y fructosa, la diastasa hidroliza el almidón dando moléculas de glucosa y la glucosa-oxidasa convierte la glucosa en ácido glucónico y agua oxigenada. Otros enzimas procedentes de las plantas también intervendrán en el proceso de transformación.

Pasados varios días, la evaporación cesa, el contenido de azúcares alcanza el 70-80 %, el de agua se sitúa entre el 14 y el 25 % y la miel está madurada. Entonces, las abejas recubren la celdilla con un opérculo de cera. Cuando al menos tres cuartas partes de la superficie del panal se halla operculado, el apicultor recolecta los panales para llevar a cabo el procesado de la miel. Las etapas más importantes son las siguientes (Jean-Prost et al., 2010).

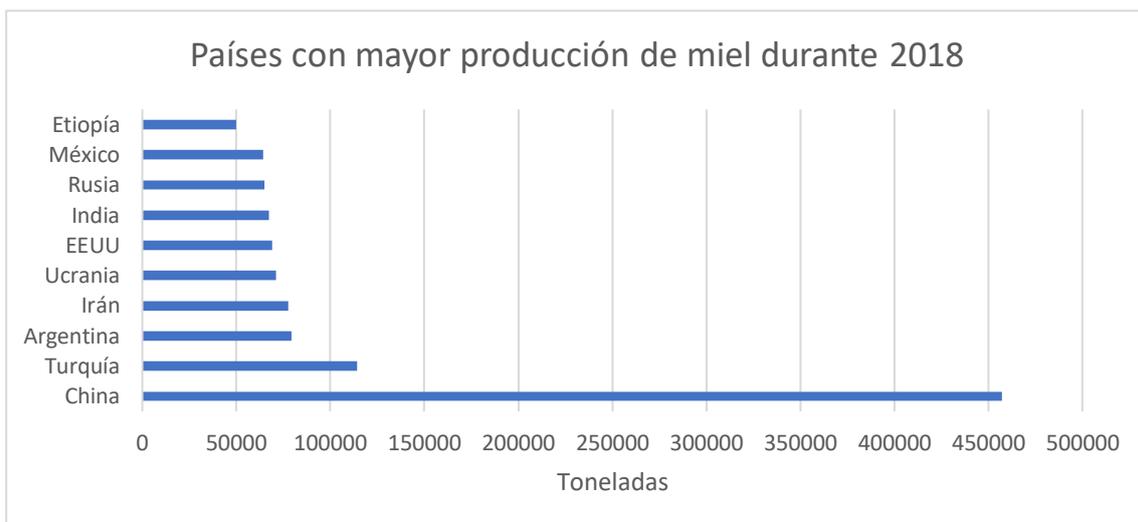
La **desoperculación** consiste en eliminar el opérculo. Esto puede realizarse mediante un cuchillo termorregulado o mediante sistemas automáticos. La **extracción** se realiza en centrífugas manuales o eléctricas, tangenciales o radiales. La **decantación** se lleva a cabo en depósitos de acero inoxidable (35-40 °C/2-5 días) para eliminar impurezas y burbujas de aire. La **pasteurización** (no siempre se realiza) utiliza pasteurizadores, sometiendo la miel a 76-78 °C durante 6-7 minutos, y tiene como objetivo eliminar levaduras, fundir los cristales de glucosa que podrían inducir la cristalización, conseguir que la miel permanezca líquida unos meses y destruir enzimas como la invertasa y la amilasa. Es un proceso que debe controlarse ya que puede aumentar considerablemente la concentración de hidroximetilfurfural (HMF) y oscurecerse (Jean-Prost et al., 2010). Finalmente, la miel es **envasada**.

A la miel comercializada como tal **no** se le puede **añadir** ningún ingrediente alimentario, aditivo alimentario o sustancia distinta de la miel, debe estar **exenta**, en la medida de lo posible, de **materia orgánica e inorgánica ajena** a su composición, no debe tener gusto ni olor extraños

ni haber comenzado a **fermentar**. Tampoco se puede eliminar de la miel el polen ni ningún otro de los componentes específicos, excepto cuando resulte inevitable en el proceso de eliminación de materia orgánica o inorgánica ajena a ella (Real Decreto 1049/2003 y Real Decreto 473/2015).

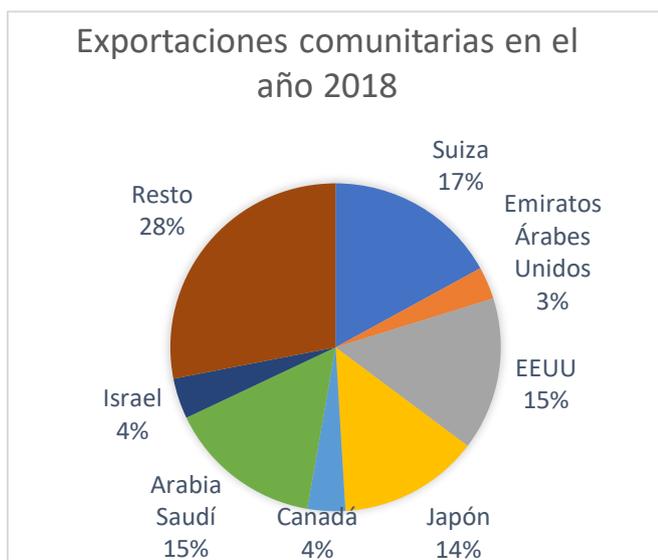
3.4. Producción y comercialización

De acuerdo a la Food and Agriculture Organization (FAO, 2018) la producción mundial de miel en el año 2018 fue de 1.850.868 toneladas, valor similar al de años anteriores. Tal y como puede observarse en la Gráfica 1, los mayores productores son China, Turquía y Argentina.

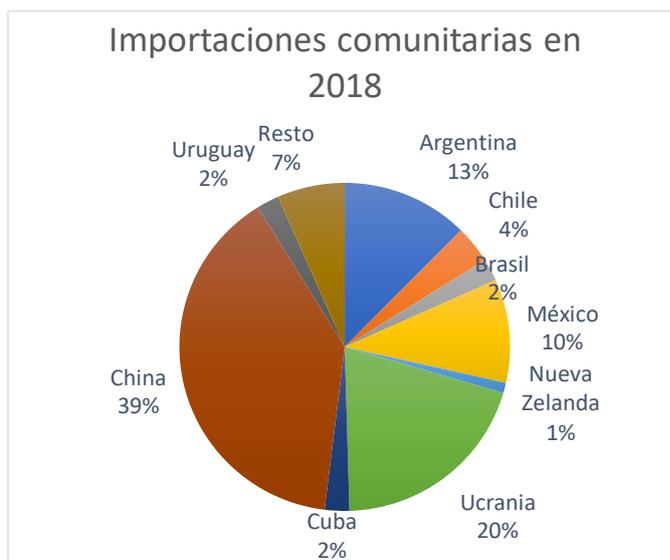


Gráfica 1. Países con mayor producción de miel en 2018. Elaboración propia a partir de FAO (2018)

La Unión Europea (UE) es la segunda productora de miel del mundo por detrás de China, y aunque a nivel mundial la producción ha ascendido, en la UE la producción ha disminuido un 13 %. Este descenso es aún más marcado en España, primer productor de la UE (Véase Gráfica 4). Además, las exportaciones (Gráfica 2) e importaciones (Gráfica 3) se han visto reducidas



Gráfica 2. Exportaciones a la UE en el año 2018. Total exportado en 2018: 19.747 toneladas. Fuente: MAPA (2019)



Gráfica 3. Importaciones a la UE en el año 2018. Total importado en 2018: 204.622 toneladas. Fuente: MAPA (2019)

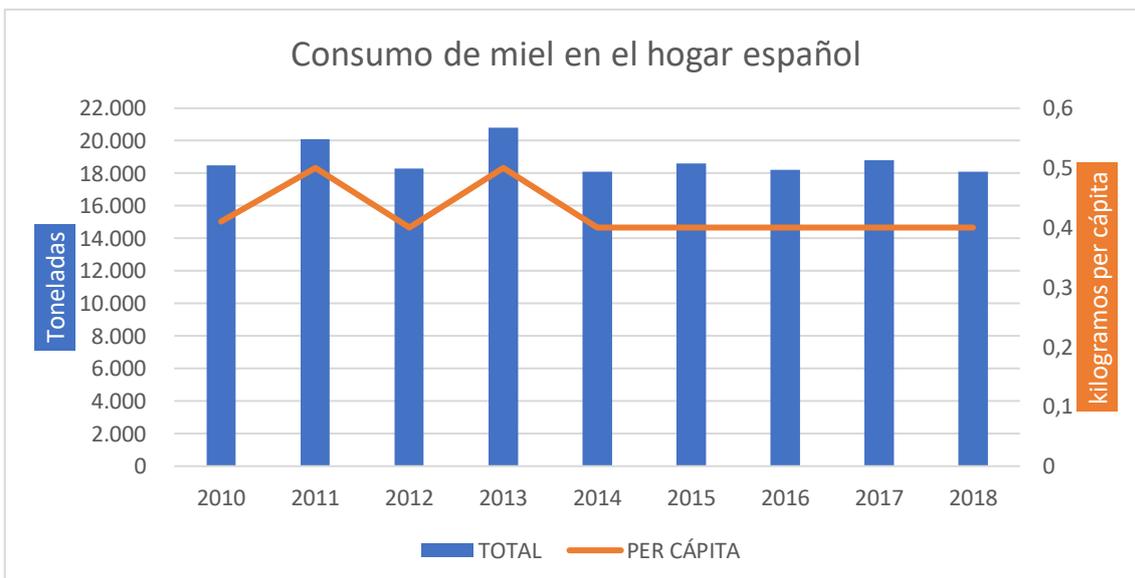
(Mercasa, 2019).

En cuanto a los datos de producción en España (Véase Gráfica 4), en el 2017, la Comunidad Autónoma de **Andalucía** fue la que produjo una mayor cantidad de miel con 7.377,5 toneladas, seguida de la Comunidad Valenciana (5.844,8), Extremadura (4.301,1), Castilla y León (2.311,1) y Galicia (2.285,6). La producción en Aragón se situó en las 820,4 toneladas (novena posición) y el 2,8 % del total (MAPA, 2019).



Gráfica 4. Producción española de miel en el periodo 2008-2018. Fuente: elaboración propia a partir de Mercasa (2009-2019)

Los datos de consumo también presentan una tendencia ligeramente descendente (véase Gráfica 5). El consumo máximo en España se alcanzó en el año 2013 con 500 gramos por persona y año. A partir de entonces **el consumo ha caído** hasta los 390 gramos por persona y año, un 7,14 % menos. La miel envasada es la que mayormente se consume. Cantabria, Islas



Gráfica 5. Consumo total y consumo per cápita de miel en el hogar. Elaboración propia a partir de Mercasa (2011-2019)

Baleares y la Región de Murcia cuentan con los consumos de miel más elevados. Asturias, Navarra y La Rioja son las que menos consumen este alimento (Mercasa, 2019).

3.5. Características del sistema productivo español

En España, de acuerdo a los datos del MAPA de 2019, el sector apícola supone alrededor del 0,44 % de la Producción Final Ganadera y el 0,17 % de la Producción de la Rama Agraria, con un valor anual de su producción (miel, cera y polen) estimado en unos **62 millones de euros**. España destaca por su **censo de colmenas** (16 % de las colmenas en la UE), así como por el hecho de que el 80 % se encuentra en manos de **apicultores profesionales** (gestionan más de 150 colmenas). La mayor parte de las colmenas se sitúan en las Comunidades Autónomas de Extremadura, Andalucía, Castilla y León y la Comunidad Valenciana.

En cuanto al número de explotaciones la relación varía, siendo a comienzos de 2018 de 31.451 explotaciones, tras el crecimiento de los últimos años y concentrándose en Castilla y León (5.458), Andalucía (5.008), Galicia (4.213) y la Comunidad Valenciana (2.392).

Además, destacan dos modelos productivos: el situado en el **norte, el noroeste y en las zonas insulares**, que se caracteriza por contar con apicultores pequeños que no practican la trashumancia y el situado en el **centro, sur y sureste de la península**, que cuenta con mayor profesionalización y que en su mayoría es trashumante (MAPA, 2019).

En **Aragón**, actualmente hay censadas 1.219 explotaciones apícolas con un total de 104.082 colmenas. La mayoría se tratan de **explotaciones pequeñas** que engloban solo el 30 % del censo, y representan el 10 % de la producción total. El resto, son gestionadas bien de forma complementaria a otras actividades (30 % de las explotaciones) o de forma exclusiva (lo que equivale al 2 % de las explotaciones). Más de la mitad de la miel producida (55 %) se comercializa al por mayor, y solo el 20 % se envasa directamente por los apicultores, el resto se vende a granel en el propio domicilio (Gobierno de Aragón, 2020).

Por último, existen **Denominaciones**, genéricas o específicas, que aportan un distintivo de calidad suplementario para este alimento. En ellas se incluyen requisitos relativos al procedimiento de extracción que debe utilizarse, tipos de flora, porcentaje mínimo de polen, porcentaje máximo de polen de plantas de cultivo diferentes a la zona de producción, tipo de envase y, sobre todo, las características mínimas para parámetros físico-químicos como la humedad, actividad de agua, HMF y acidez (Gil y Ruiz, 2010).

3.6. Composición de la miel

La composición de la miel depende de **factores** tales como el origen botánico, las características del suelo, el clima, las condiciones ambientales o la raza de abeja (Armando et al, 2010). En la Tabla 1 se indica la composición fisicoquímica de la miel de flores y miel de mielada.

COMPONENTE	MIEL DE FLORES (%)	MIEL DE MIELADA (%)
Agua	17,2	16,3
Azúcares totales	79,7	80,5
Fructosa	38,2	31,8
Glucosa	31,3	26,1
Sacarosa	0,7	0,5
Otros disacáridos	5	4
Melecitosa	< 0,1	4
Erlosa	0,8	1
Oligosacáridos	3,1	10,1
Minerales	0,2	0,9
Proteínas, aminoácidos	0,3	0,6
Ácidos	0,5	1,1

Tabla 1. Composición fisicoquímica de miel de flores y de mielada. Fuente: Bogdanov et al. (2008)

Desde el punto de vista nutricional, el componente más importante de este alimento son los **carbohidratos**, principalmente azúcares, pero además contiene **enzimas** (invertasa, amilasa, catalasa, peroxidasa y fosfatasa), **aminoácidos**, **vitaminas** (C, B6, niacina, ácido fólico), **minerales** (hierro y zinc principalmente) y sustancias **antioxidantes** (Álvarez-Suárez et al., 2010).

De acuerdo a Gil y Ruíz (2010), pasaré a abordar las características de los principales componentes que hay en la miel. Los **hidratos de carbono** representan más del 80 % del contenido total y se pueden dividir en monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos:

- **Monosacáridos:** es la fracción mayoritaria (70 %) en la que principalmente predominan fructosa y glucosa (más fructosa que glucosa excepto en la miel de colza).
- **Disacáridos:** maltosa (7 %), seguido de sacarosa (1-3 %), trehalosa (inferior al 2,5 %), isomaltosa (0,5-1,5 %), turanosa, nigerosa, melibiosa, palationosa, entre otros.
- **Trisacáridos y otros oligosacáridos:** a destacar melecitosa (menos del 5 %), erlosa (menos del 3,5 %) o rafinosa (inferior al 1 %), entre otros.

A medida que la miel envejece los niveles de glucosa y fructosa tienden a disminuir a la vez que aumenta el de los oligosacáridos y disacáridos reductores y se forman compuestos característicos, trehalosa, melecitosa y rafinosa. La fructosa se degrada hasta HMF o se transfiere para formar oligosacáridos, al igual que le ocurre a la glucosa, aunque en menor

medida, mediante la acción de enzimas presentes en la miel que poseen actividad transglucosidasa. Además, la acidez de la miel facilita la reversión de los azúcares y se originan disacáridos y oligosacáridos a partir de monosacáridos por condensación intermolecular. Los cambios que se producen en las mieles de mielada son mayores que los que ocurren en la miel de néctar debido a las transformaciones peculiares de cada especie de abeja.

Valores de **sacarosa superiores** a los normales indican un producto **no madurado** adecuadamente o **adulterado** con melazas. Las adulteraciones con jarabes de glucosa aumentan la relación glucosa/fructosa, así como el contenido de maltosa. Por su parte, la adición de azúcar invertido hace que el cociente fructosa/glucosa tienda a ser 1. Para detectar adulteraciones con jarabes de maíz ricos en fructosa se recurre a la determinación de maltosa/isomaltosa y a la relación isotópica de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$.

El **agua** es el segundo componente mayoritario en la miel, y su contenido está relacionado con factores climáticos, botánicos y edáficos, así como con el grado de madurez (momento de extracción). Los valores habituales están en torno al 17-18 %, pero se pueden encontrar valores entre 14-25 %. La miel tiene una gran tendencia a captar agua cuando la humedad relativa ambiental es igual o superior al 60 %, lo que hace que el contenido de agua pueda variar si no se almacena adecuadamente.

Los **compuestos nitrogenados** oscilan entre el 0,03 y el 0,13 %. Los principales componentes son las proteínas (enzimas) y los aminoácidos libres. La miel contiene **enzimas** como diastasa (α - y β -amilasa), invertasa (α -glucosidasa o sacarasa) y glucosa-oxidasa, que son incorporadas por las abejas y otras enzimas que son aportadas por las plantas (catalasa y fosfatasa ácida). Aunque no tienen interés nutricional, la diastasa y la invertasa se utilizan como indicadores de la manipulación sufrida durante su procesado y del estado de conservación de la miel ya que la primera es un enzima termosensible que se inactiva a 60 °C, por lo que puede indicar si la miel ha sido calentada o es vieja. El contenido de **aminoácidos** se sitúa en torno al 0,1 % aunque pueden alcanzarse valores que llegan hasta el 0,4 %. La prolina, aminoácido segregado por las abejas, es el mayoritario (supone más del 30% de los aminoácidos). Le siguen otros como la asparagina o la fenilalanina.

Los **ácidos orgánicos** oscilan entre el 0,17 y el 1,17 % y hay más de 20. Destacan ácidos como el glucónico (entre el 70 y el 80 % de todos los ácidos), acético, cítrico, málico, u oxálico. Estos hacen que el pH de la miel se sitúe entre 3,3 y 4,6 para mieles florales y en torno a 5,5 para mieles de mielato (Cortés, Vigil y Montenegro, 2011) y, en combinación con el azúcar y el

peróxido de hidrógeno, contribuyen a dar estabilidad microbiológica e intervienen en el aroma. Sin embargo, un valor elevado puede ser indicador de fermentación.

En cuanto a los **minerales** el porcentaje se sitúa en torno al 0,05 % y está influido por múltiples factores (planta, suelo, procesado). Destacan el potasio (supone más del 30 % de las cenizas), el calcio, el magnesio y el sodio. La miel de mielada posee un contenido mayor en elementos minerales que la miel floral.

De las **vitaminas** destacan la C (hasta 20 mg/kg en miel de tomillo, entre otras), riboflavina, piridoxina o tiamina.

La miel apenas tiene **lípidos** y los pocos que están presentes (palmítico y oleico principalmente) proceden de las partículas de cera que no han sido eliminadas.

Los **compuestos aromáticos** son los responsables del aroma y sabor característicos. Se han aislado más de 150 y principalmente destacan los ésteres de ácidos alifáticos y aromáticos, aldehídos, cetonas y alcoholes. Su concentración media es muy variable, desde 0,02 mg/kg hasta más de 2 mg/kg. El origen de estos componentes es variable: néctar, abeja y reacciones químicas y enzimáticas durante el procesado son los más frecuentes. Son especialmente importantes la β -damascenona, el fenilacetaldehído y el anisaldehído (Gil y Ruiz, 2010).

Los **compuestos fenólicos** son los responsables del color (más oscuro en mieles de mielada), junto con los componentes que se forman en las reacciones de pardeamiento no enzimático. Poseen además actividad antiséptica, antiinflamatoria y antioxidante. Estos componentes se dividen en flavonoides y ácidos fenólicos. Entre ellos se encuentran mircetina, quercetina, luteolina, canferol, pinocebrina, pinobanksina y chirisina. Su origen es triple: néctar (por ejemplo, la hesperetina en la miel del naranjo y el canferol en la de romero), polen y propóleos (Gil y Ruiz, 2010).

Por último, la legislación ofrece **límites** para algunos parámetros que se recogen en la Tabla 2.

PARÁMETRO	LÍMITE LEGISLATIVO
Agua	No más del 20 % de forma general. Para miel de brezo "Calluna" o de uso industrial no más del 23 %. Para miel de brezo "Calluna vulgaris" para uso industrial no más del 25 %
Cenizas	No mayor de 0,8 mS/cm para mieles florales y como regla general no menor del 0,8 mS/cm para mieles de mielada, de castaño o sus mezclas.

Glucosa y fructosa	Suma de ambas igual o superior a 60 g/100 g para la miel de flores e igual o superior a 45 g/100 g para la miel de mielada o mezclas de los dos tipos.
Sacarosa	Inferior o igual al 5 % de forma general. Miel de falsa acacia, alfalfa, Banksia de Menzies, Sulla, Eucalipto rojo, y mieles cítricas: no más de 10 g/100 g. Miel de espliego o borraja: no más de 15 g/100 g
Ácidos libres	No más de 50 mEq/kg. Si es para uso industrial no más de 80 mEq/kg
Índice de diastasa	No debe ser inferior a 8 unidades Schade para mieles normales, y mayor de 3 para mieles con un bajo contenido enzimático (cítricos).
Conductividad eléctrica	Miel de mielada o castaño y sus mezclas: 0,8 mS/cm o más (hay excepciones). Resto de mieles: 0,8 mS/cm o menos
Sólidos insolubles en agua	No más de 0,1 g/100 g. En miel prensada no más de 0,5 g/ 100 g
HMF	40 mg/kg de HMF en mieles de uso general. No más de 80 mg/kg para mieles de regiones tropicales.

Tabla 2. Valores legales para diferentes parámetros fisicoquímicos de la miel. Fuente: Real Decreto 1049/2003

3.7. Propiedades saludables de la miel

Dada su composición, la miel no puede ser considerada un mero alimento con propiedades edulcorantes o saborizantes, sino que ya desde la antigüedad le han sido reconocidas diferentes propiedades beneficiosas para la salud y ha sido empleada para tratar algunas enfermedades (Kumar et al., 2019).

Profundizando en estos beneficios, una de las funciones más importantes de la miel es la antimicrobiana (Kumar et al., 2019). Primero, por su baja actividad de agua (a_w), de 0,6 o menos (Boussaid et al., 2018). Segundo, el pH tan bajo, que oscila entre 3,2 y 4,5. Tercero, la presencia de la enzima glucosa oxidasa que da lugar a la formación de peróxido de hidrógeno. Y, por último, la presencia de otros compuestos como el metilglioxal en algunas mieles como la de manuka. El metilglioxal es un cetoaldehído que se encuentra en altas concentraciones en el néctar de las flores del arbusto *Leptospermum-scoparium* (árbol del té) por lo que la miel producida a partir de esta planta también contiene dicho compuesto. Se ha demostrado que es capaz de inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos (*S. aureus*, *S. pyogenes*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, entre otros) y la formación de biofilms (Bulman et al., 2017).

Por otro lado, diversos estudios (Vela, de Lorenzo y Pérez, 2007) han evaluado la actividad antioxidante de diferentes mieles y se ha concluido que las mieles, especialmente las de mielada

y las de color más oscuro, son ricas en compuestos fenólicos. Estos compuestos se encuentran como flavonoides (flavonas, flavonoles, flavanones, flavanoles, antocianinas, isoflavonas y chalconas) y ácidos fenólicos (Istasse et al., 2016).

Los ácidos fenólicos constituyen una clase importante de compuestos fenólicos con funciones bioactivas que frecuentemente se encuentran en alimentos como la miel y que son metabolitos secundarios de las plantas. Estos compuestos actúan como antioxidantes, eliminando radicales libres e inhibiendo la oxidación lipídica. Se dividen en dos grupos de acuerdo a su estructura (da Silva et al., 2016).

- Los ácidos hidroxibenzoicos tienen una estructura general C1-C6 derivada del ácido benzoico. Dicha estructura puede variar por metilación e hidroxilación. Se incluyen ácidos como el vanílico, gálico o elágico. Pueden encontrarse en su forma soluble o combinados con azúcares u otros ácidos orgánicos.
- Los ácidos hidroxicinámicos tienen una estructura general C3-C6 y muestran diferencias en los sustituyentes del anillo. Se encuentran en forma pura o en forma conjugada (ésteres o ácidos hidroxicíclicos). En este grupo se encuentran ácidos como el cafeico o cumárico.

Por otro lado, los flavonoides tienen una estructura nuclear C6-C3-C6 en la que hay dos anillos de benceno conectados por un anillo de pirano. Las sustituciones en los anillos dan lugar a más variedad de flavonoides. Representan el grupo más grande de compuestos fenólicos.

Son varios los autores que han estudiado el perfil de compuestos fenólicos en la miel. Estos han sido utilizados frecuentemente para conocer el origen botánico de la miel, pero actualmente está cobrando interés la capacidad que tienen los flavonoides para reducir la formación de radicales libres (especies reactivas de oxígeno). En la mayoría de los casos, la actividad antioxidante de los flavonoides depende del número y posición de los grupos hidroxílicos y otros sustituyentes y del grado de glicosilación. No obstante, hay que tener en cuenta la presencia de factores del procesado, ajenos al producto en sí, siendo varios los estudios que han demostrado un descenso en la concentración de compuestos fenólicos tras el tratamiento de pasteurización (da Silva et al., 2016).

Estas sustancias hacen que la miel presente una serie de **propiedades bioactivas**: prevención del cáncer, efecto antidiabético, protector cardiovascular, frente a diversas enfermedades del sistema nervioso, respiratorio y gastrointestinal (Cianciosi et al., 2018).

La miel actúa en diferentes etapas del desarrollo del **cáncer**: iniciación, proliferación y progresión. Los efectos antitumorales de la miel son atribuidos a diferentes mecanismos como por ejemplo la inducción de la apoptosis, la modulación del estrés oxidativo, la reducción de la inflamación (que incrementa el riesgo de padecer cáncer), la permeabilización de la membrana mitocondrial externa (los flavonoides provocan la liberación de proteínas al citosol y origina la muerte celular) o la inhibición de la angiogénesis.

Pese a que la miel es un alimento que tiene un índice glucémico elevado, y por lo tanto su consumo implica la elevación de los niveles de glucosa postprandial, otros estudios clínicos han revelado que el consumo de miel, a diferencia de otros endulzantes, reducen la respuesta glucémica postprandial tanto en personas diabéticas como en aquellas que no lo son. El papel que ejerce la miel en relación a este tema no está claro. Se cree que la absorción de glucosa por parte del tejido adiposo origina especies reactivas de oxígeno, contribuyendo así al estrés oxidativo, de forma que se incrementa la absorción de glucosa. El estrés oxidativo puede provocar resistencia a la insulina, por lo que la miel podría reducir dicho nivel de estrés.

Son varios los estudios que han demostrado una relación entre la reducción del **riesgo cardiovascular** y el consumo de alimentos que contienen algunos compuestos también presentes en la miel, como la vitamina C o los flavonoides. El efecto cardioprotector de los flavonoides está demostrado y es debido a tres mecanismos: la reducción de la actividad de las plaquetas, la prevención de la oxidación del colesterol LDL y la mejora de la vasodilatación.

La miel también juega un papel importante en la protección del **sistema nervioso**, especialmente por la presencia en ella de polifenoles. La miel tiene capacidad para secuestrar radicales libres (que son neurotóxicos) y para contrarrestar varias patologías neurodegenerativas relacionadas con la edad. Además, en estudios realizados en animales se ha demostrado una reducción de los niveles de ansiedad y de los episodios convulsivos.

En referencia al **aparato digestivo** la miel también ha demostrado tener propiedades beneficiosas. Por ejemplo, su efecto antimicrobiano frente a *H. pylori* (que es responsable de las úlceras gastroduodenales). Además, también posee efectos beneficiosos en el tratamiento de la gastroenteritis en niños (disminución de la duración de la diarrea y una mejor hidratación).

3.8. Propiedades sensoriales de la miel

El **color** de la miel varía desde los tonos claros, hasta los tonos casi negros, pasando por el color ámbar o por matices verdes o rojizos. En el color influyen factores como el origen botánico, contenido de minerales, polen, clima, pigmentos, los compuestos fenólicos vistos

anteriormente o el propio envejecimiento (Armando et al., 2010). De acuerdo a un estudio de la Organización Interprofesional de la Miel y los Productos Apícolas (Intermiel) del año 2011, se concluyó que un 28 % de la población española se fijaba en el color a la hora de comprar miel. El color está íntimamente relacionado con el sabor, ya que, mientras las mieles claras tienen un sabor suave, las oscuras son más fuertes.

En cuanto al **sabor**, las mieles con elevado contenido en fructosa son más dulces que las que tienen mayor concentración de glucosa (Sancho, Bota y de Castro, 1999). No obstante, algunas mieles pueden mostrar otros sabores, como el salado (mieles altamente mineralizadas y mieles oscuras), amargo (miel de café o de madroño) o ácido (miel de naranjo).

En el caso del **aroma** resulta imprescindible diferenciar entre aquéllas que son monoflorales y que por tanto tienen un olor dominante y aquéllas que son multiflorales, que se caracterizan por tener diferentes olores, pero ninguno predominante. Pueden encontrarse defectos como el olor a humo (al emplearse en los procesos de extracción de los cuadros), aromas ácidos procedentes de una fermentación o a caramelo debido a una temperatura excesiva (Sancho, Bota y de Castro, 1999).

La **textura**, está relacionada con la dureza, granulosidad o cristalización y viscosidad. Es muy importante la presencia de cristales de glucosa que determinan la granulosidad. La calidad será mayor si son pequeños, redondeados y solubles (Sancho, Bota y de Castro, 1999). La cristalización depende de la viscosidad, la temperatura y la relación glucosa/agua y fructosa/glucosa (Jean-Prost, 2010). Las mieles en principio son líquidas, pero posteriormente se forman núcleos de cristalización, seguidamente los cristales crecen hasta hacerse visibles y la miel finalmente solidifica. Una cristalización homogénea es síntoma de que la humedad es la correcta, caso contrario se producirá una separación en dos fases que se evidencia cuando la miel se conserva durante periodos prolongados (Lesser, 1987).

3.9. Alteraciones más frecuentes en la miel

La **cristalización** es un fenómeno natural y en realidad no significa deterioro ni pérdida de propiedades nutritivas. Consiste en la solidificación de la miel y se debe a la precipitación de la glucosa, que es un azúcar menos soluble que la fructosa. Ocurre de forma natural en todas las mieles, pero es más rápido en aquéllas que tienen mayor proporción de glucosa, partículas de aire, cera o polen (que favorecen la formación de núcleos de cristalización) y más lento a mayor contenido de agua o mayor viscosidad. Por ello, las mieles con una relación glucosa/agua mayor a 2,1 tienden a cristalizar rápidamente. Por otro lado, el almacenamiento a temperaturas inferiores a 10 °C o superiores a 25 °C ralentizan el proceso mientras que el uso de envases de

polietileno de baja densidad lo aceleran al permitir la salida de agua. Una solución es la pasteurización, que retrasa la cristalización en torno a 10 meses (Gil y Ruiz, 2010).

Otro defecto llamativo es la **marmolización**. Se tratan de ramificaciones blanquinosas que aparecen en la parte superior y en las paredes del recipiente y que son debidas a la presencia de aire o a la conservación a bajas temperaturas (Gil y Ruiz, 2010).

El **pardeamiento químico** es otra de las alteraciones que pueden darse en la miel y que se debe a la inestabilidad de la fructosa al pH del producto, dando lugar a la formación de HMF y de polímeros de color pardo. Es proporcional a la temperatura y al tiempo de conservación. Por su parte, la reacción de Maillard (condensación de los azúcares reductores con los grupos amino de aminoácidos y proteínas, lo que produce oscurecimiento y una ligera disminución del valor nutricional) se produce en menor medida (Gil y Ruiz, 2010).

4. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Con el objetivo de mantener un estándar de calidad óptimo, la legislación establece unos requisitos mínimos de identidad y calidad para la miel. Dicha normativa tiene en cuenta una serie de elementos entre los que destacan el color, la madurez (se puede determinar conociendo el grado de humedad, el contenido en azúcar, el nivel de HMF, la acidez y la actividad diastásica) o la pureza (analizando el contenido en cenizas, la conductividad eléctrica y los sólidos insolubles en agua). Puede observarse que son varios los parámetros fisicoquímicos que requieren ser analizados para garantizar la calidad del producto.

Por otro lado, son varias las investigaciones que han relacionado el consumo de miel con efectos beneficiosos para la salud: desde la prevención del cáncer, hasta mejoras en los niveles de glucosa en sangre, sin olvidar los beneficios que puede ejercer sobre el aparato respiratorio, el sistema nervioso, el aparato digestivo o el sistema circulatorio.

Estos efectos tan beneficiosos están relacionados con la presencia en el alimento de compuestos que actúan como antioxidantes, eliminando radicales libres e inhibiendo la oxidación lipídica. Principalmente son los compuestos fenólicos (ácidos fenólicos y flavonoides) los que ejercen esta función.

Por todo lo citado anteriormente, en este trabajo se han establecido los siguientes objetivos:

- Saber utilizar las distintas fuentes bibliográficas sobre el tema propuesto.

- Ahondar en el conocimiento de los distintos parámetros fisicoquímicos, compuestos bioactivos y actividad antioxidante que están relacionados con la miel, seleccionando los más relevantes a tenor de los avances científicos.
- Establecer posibles relaciones entre ellos.

5. METODOLOGÍA

Este trabajo se ha basado en una revisión bibliográfica científica y legal a partir de la búsqueda de múltiples fuentes de información: libros, artículos de revista y legislación en vigor. Las bases de datos empleadas han sido las siguientes:

- **Alcorze.** Se trata de una herramienta de búsqueda unificada que permite acceder a la mayoría de los recursos de información de la colección de la biblioteca de la Universidad de Zaragoza: fuentes internas (catálogo de la biblioteca, Zaguán, Recursos AtoZ...), fuentes externas (ScienceDirect, índices de Citas) y publicaciones en acceso abierto (DOAJ, Arxiv).
- **Google académico.** Buscador de Google enfocado en la búsqueda de contenido y bibliografía científico-académica en el que se incluyen editoriales, bibliotecas, repositorios y bases de datos bibliográficas.
- Páginas web de **organismos oficiales y públicos:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación (MAPA) y Mercasa (empresa pública que presta servicio al conjunto de la cadena alimentaria centrándose en el escalón mayorista de alimentos frescos a través de la red de Mercas).
- Para la búsqueda de fuentes legales se han utilizado las siguientes bases de datos: **Eur-Lex**, que recoge diversos tipos de documentos, en su mayoría de las instituciones de la Unión Europea e **Iberlex**, que incorpora el texto de las disposiciones de ámbito estatal, autonómico y europeo publicadas desde 1960 así como un análisis jurídico pormenorizado de cada disposición (se han empleado los textos consolidados).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Azúcares

La miel es rica en azúcares que son producidos a partir de la sacarosa presente en el néctar por la acción de varias enzimas aportadas por la abeja. Los monosacáridos son los carbohidratos más comunes y suponen entre el 65 y el 80 % de los sólidos solubles. Destacan la fructosa y la glucosa. Normalmente estos se encuentran en una proporción 1,2:1 pero depende

del origen del néctar o el clima. Según el Códex la miel floral debe tener al menos un 60 % de azúcares reductores y no más de un 5 % de sacarosa (Da Silva et al., 2016).

Bentabol et al. (2011) estudiaron mieles florales y de mielada españolas, siendo varias las diferencias encontradas. La miel floral presenta un mayor porcentaje de azúcares totales (82,8 % un 1,2 % más que la de mielada), el contenido en glucosa es mayor en las mieles florales (33,29 % frente a 31,19 %), el de fructosa es bastante similar (39,54 % en la floral y 39,69 % en la de mielada), el de sacarosa es un 0,45 % mayor en la floral que en la de mielada (0,50 %). y la relación fructosa/glucosa fue de 1,28 y 1,19 para la miel de mielada y floral respectivamente.

En la investigación de Juan-Borrás et al. (2014) puede comprobarse el papel que ejerce el origen geográfico. Por ejemplo, para la miel de acacia de España, Rumanía y Republica Checa en contenido de glucosa fue del 26,8 %, 26,9 % y 31 % respectivamente. Para la fructosa del 40,2 %, 45,7 % y 49,2 %. Para la sacarosa fue del 2,2 %, 1,7 % y 1,6 %. La relación fructosa/glucosa fue de 1,5 en España, 1,7 en Rumanía y 1,5 en Republica Checa.

Tornuk et al. (2013) llevaron a cabo una investigación sobre mieles florales turcas. El contenido en glucosa varió desde el 25,93 % hasta el 35,98 %, el de fructosa desde el 29,8 % hasta el 44,49 % y el de sacarosa del 2,85 % al 8,44 %. La relación fructosa glucosa osciló entre 0,99 y 1,27.

Sobre mieles de mielada cabe destacar el estudio de Purcărea et al. (2014) en mieles de Rumanía y de Polonia. El contenido total de azúcares fue similar en todas ellas (entre el 78 % y el 80,1 %). Para la fructosa hay más variaciones (del 35,1 % al 38,02 %). La glucosa varió desde el 24,09 % hasta el 30,8 %. La sacarosa se situó en un intervalo comprendido entre el 1,26 y el 1,5 % y la relación fructosa/glucosa fue desde el 1,18 hasta el 1,29.

6.2. Humedad

La humedad es un parámetro sujeto a variaciones debidas a factores que se han visto anteriormente. De acuerdo al Codex Alimentarius la humedad no debe exceder el 20 %.

La mayoría de estudios realizados otorgan unos valores comprendidos entre el 15 y el 20 %. Por ejemplo, el estudio realizado por Escudero et al. (2013) sobre diferentes tipos de mieles del noroeste de España (monoflorales, de milflores y de mielada) detectaron el porcentaje más alto en la de castaño (18 %) y el más bajo en la de mielada (16,9 %).

En otro estudio realizado por Serra y Ventura (1995) sobre mieles de origen cítrico del este de España, la humedad se situó en el 17,2 % mientras que, en otro de Sanz et al. (2004) en mieles de milflores de la Comunidad de Madrid la humedad bajó hasta el 16,1 %. Valor similar

(16,32 %) se obtuvo en un estudio realizado por Bentabol et al. (2014) sobre miel de poleo de Tenerife. Para la miel de tomillo la humedad alcanza el 16,3 % en el análisis realizado por Terrab et al. (2004) en mieles españolas de diferentes orígenes.

Como valores normales relativamente altos cabe destacar el 18,48 % en miel de acacia de Turquía (Erturk, Kalin y Ayvaz, 2019), el 19 % en miel de girasol de Rumanía (Liviu Al et al., 2009), el 19,8% en miel de menta de Túnez (Boussaid et al., 2018) y el 20,86 % en miel de brezo de origen turco (Can et al., 2015). Por el contrario, valores bajos serían el 13,4 % obtenido en algunas mieles de mielada de Eslovenia investigadas por Abramovic et al. (2008) o el 15,46 % también de mieles de mielada de la Comunidad de Madrid (Pérez et al. 2007).

6.3. Conductividad eléctrica

Este parámetro está relacionado con el contenido en sales minerales, ácidos orgánicos, proteínas y polioles, y se considera que es un parámetro útil para diferenciar los orígenes de las mieles, ya que presenta variabilidad según el origen botánico: valores más altos se encuentran en mieles de bosque mientras que valores inferiores proceden de mieles florales. Además, se ha detectado que se obtienen valores muy parecidos de un mismo tipo de miel, aunque los orígenes de esta y la climatología sean diferentes (Zandamela, 2008).

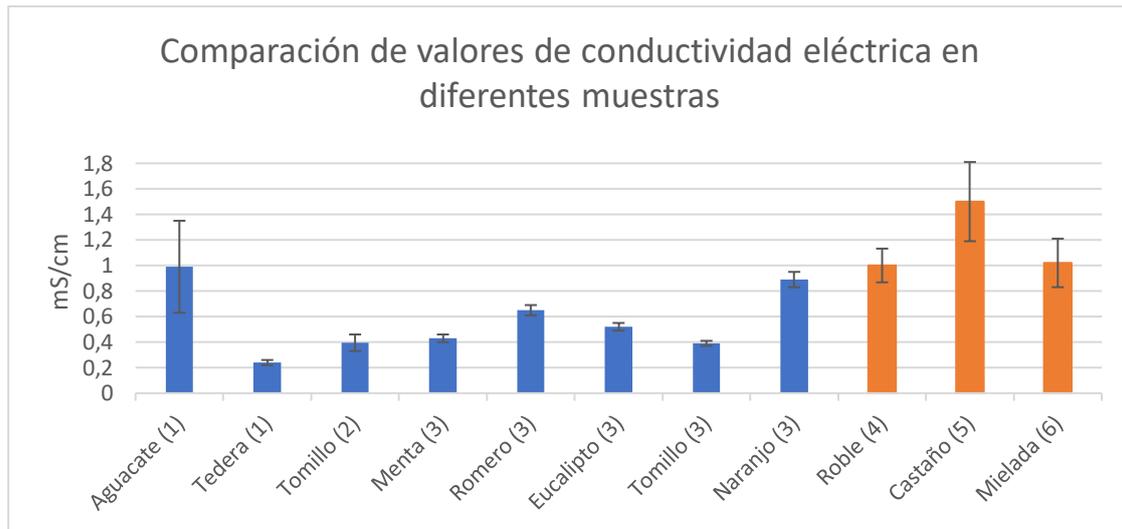
Se presentan valores dispares. Por ejemplo, en Canarias la miel de aguacate obtiene 0,99 mS/cm y la de tедера obtiene 0,24 mS/cm (Bentabol et al., 2014). Para la miel de tomillo española se obtiene una conductividad de 0,395 mS/cm (Terrab et al., 2004).

En otro estudio realizado por Rodríguez-Flores et al. (2019) en el que se comparaban mieles atlánticas y mediterráneas, se concluyó que las de origen atlántico tenían una conductividad eléctrica menor que las mediterráneas (0,5 frente a 0,8 mS/cm).

En el estudio de Boussaid et al. del año 2018 sobre mieles florales de Túnez se obtuvieron los siguientes valores: menta (0,43 mS/cm), romero (0,65 mS/cm), eucalipto (0,52 mS/cm), tomillo (0,39 mS/cm) o naranja (0,89 mS/cm).

Las mieles de mielada destacan por tener una conductividad superior a las florales y cercana a 1 mS/cm (véase Gráfica 6). Por ejemplo, en el Estudio de Pérez et al. (2007) sobre mieles de mielada de España la conductividad fue de 1,04 mS/cm. En la miel de roble, investigación llevada a cabo por Jara-Palacios et al. (2019) sobre mieles españolas, se obtuvo una conductividad de 1 mS/cm. Todavía un valor más elevado, 1,5 mS/cm, destacó en la miel de

castaño de origen turco (Can et al., 2015).

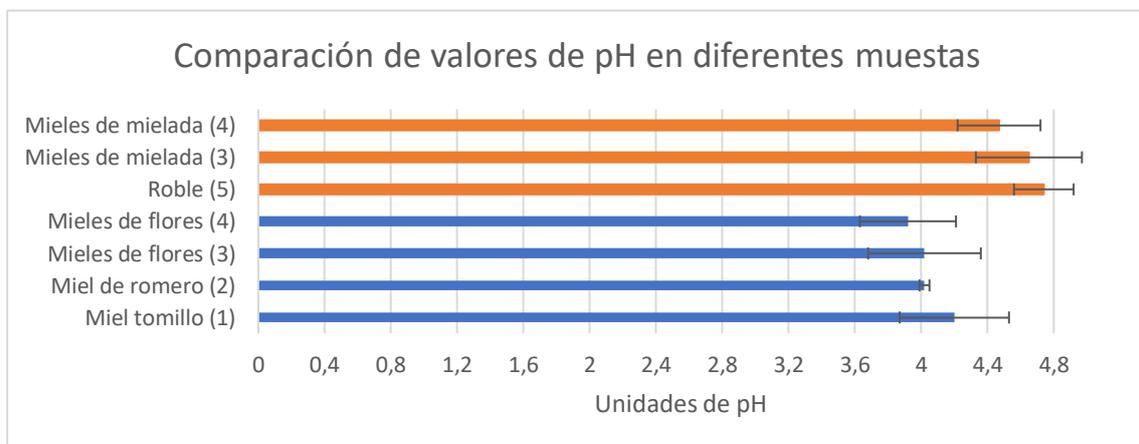


Gráfica 6. Valores de conductividad eléctrica para diferentes muestras de mieles de flores (en azul) y de mielada (en naranja). Elaboración propia a partir de: (1) Bentabol et al. (2014); (2) Terrab et al. (2004); (3) Boussaid et al. (2018); (4) Jara-Palacios et al. (2019); (5) Can et al. (2015) y (6) Pérez et al. (2008)

6.4. pH

En general, el pH de las mieles se encuentra entre 3,2 y 4,5. Por ejemplo, en los análisis llevados a cabo por Terrab et al. (2004) sobre mieles de tomillo, el pH resultó ser de 4,2. En otro estudio realizado por Jara-Palacios et al. (2019) en mieles de roble del noroeste español el pH ascendió hasta 4,74.

Además, se observa (Gráfica 7) cómo las mieles de mielada presentan valores de pH superiores a las mieles florales. Esto se corrobora en el estudio de Pérez et al. (2008) donde había una diferencia de 0,84 unidades de pH entre ambos tipos (4,96 frente a 4,12). Lo mismo sucede en la investigación de González, de Lorenzo y Pérez (2008) en mieles españolas, donde la diferencia era de 0,55 unidades y el pH de la miel floral descendió hasta el 3,92. Estas



Gráfica 7. Valores de pH para diferentes muestras de mieles de flores (en azul) y mieles de mielada (en naranja). Elaboración propia a partir de: (1) Terrab et al. (2004); (2) Boussaid et al. (2018); (3) Pérez et al. (2008) y (4) González, de Lorenzo y Pérez (2008)

diferencias son debidas a que las mieles de mielada contienen sales con efecto tampón (Zandamela, 2008).

6.5. Acidez

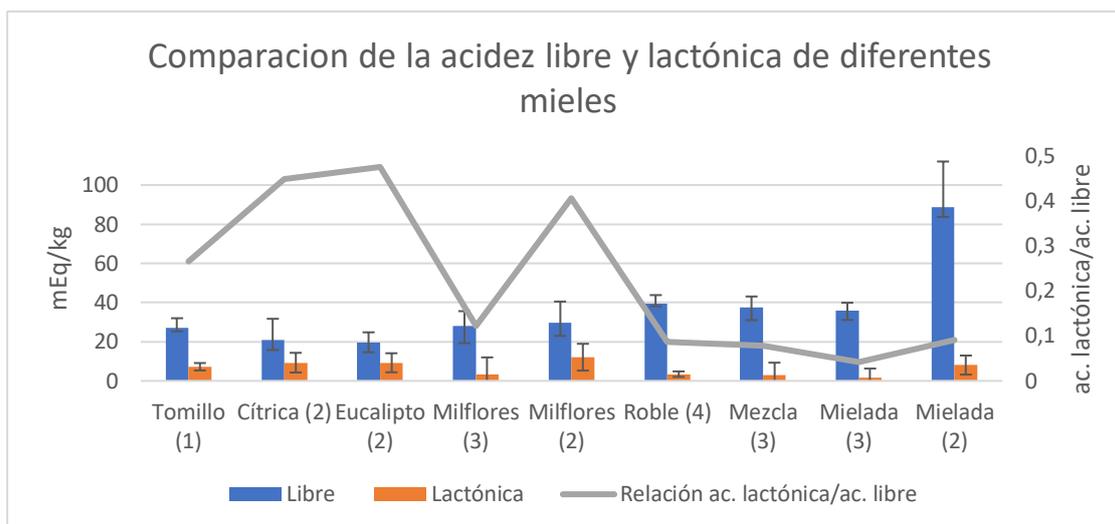
La acidez libre es un parámetro importante en relación al deterioro de la miel. Se caracteriza por la presencia de ácidos orgánicos en equilibrio con lactonas, ésteres internos y algunos iones inorgánicos. La acidez libre máxima que recoge el Codex es de 50 mEq/kg. Los valores de acidez total encontrados son dispares, pudiéndose encontrar una acidez de 8,8 mEq/kg en miel de lavanda o una de 11,3 mEq/kg en el caso de la miel de castaño (Erturk, kalin y Ayvaz, 2019) en Turquía. Los 34,42 mEq/kg se alcanzan en la miel de tomillo (Terrab et al., 2004) y acidez más alta puede encontrarse en la miel de roble, donde llega a 43 mEq/kg (Jara-Palacios et al., 2019).

Si se comparan mieles de origen floral con las de mielada se puede comprobar que las de mielada presentan una acidez mayor. Por ejemplo, en el estudio de González, de Lorenzo y Pérez (2008) la miel de mielada presentaba una acidez de 50,8 mEq/kg mientras que la de origen floral se quedaba en los 42,37 mEq/kg. La misma conclusión se obtiene de la investigación de Pérez et al. (2008) donde la floral obtuvo una acidez de 34,77 mEq/kg y la de mielada alcanzo los 48,53 mEq/kg.

Boussaid et al. (2018) encuentran una gran variabilidad en distintas mieles de Túnez: la miel de romero obtiene una acidez de 7,11 mEq/kg, la de naranjo 21,41 mEq/kg, la de eucalipto 26,6 mEq/kg y la de menta 27,03 mEq/kg.

Sin embargo, también resulta necesario tener en cuenta la acidez lactónica, que da una idea de las glucolactonas en equilibrio con el ácido glucónico. La acidez lactónica constituye una reserva de acidez ya que es capaz de originar ácidos cuando la miel se alcaliniza.

Para la miel de tomillo del estudio de Terrab et al. (2004) la acidez lactónica se situó en los 7,22 mEq/kg, mientras que en el estudio de Pérez et al. (2007) la acidez lactónica se situó en los 3,4 mEq/kg para la miel floral y en los 1,5 mEq/kg para la miel de mielada. En la Gráfica 8 se puede observar cómo las mieles de mielada presentan una acidez libre mayor y una acidez lactónica más baja, lo que hace que la relación entre la acidez lactónica y la libre sea menor y que por tanto pueda usarse este parámetro para diferenciar los dos tipos de miel.



Gráfica 8. Comparación de la acidez libre, acidez lactónica y relación ac. lactónica/ac. libre de diferentes muestras. Elaboración propia a partir de: (1) Terrab et al. (2004); (2) Terrab, Díez y Heredia (2002); (3) Pérez et al. (2007) y (4) Jara-Palacios et al. (2019)

6.6. Color

Se trata de un parámetro muy importante para su comercialización. El color puede variar desde tonos claros hasta el ámbar oscuro. Depende de su origen botánico, el contenido en cenizas, la temperatura en la colmena y el tiempo de almacenamiento. La forma en la que se mide el color difiere en función del estudio. Algunas hacen uso de la escala de Pfund, otros hablan de absorbancia neta y otros usan el sistema Cielab.

Diversas investigaciones usan el sistema Pfund (véase Tabla 3). Por ejemplo, la de Rodríguez-Flores et al. del año 2019, que compara muestras de origen atlántico y mediterráneo. Las atlánticas obtuvieron un valor de 121 mm y las mediterráneas de 128 mm. En mieles monoflorales, la de brezo obtiene 138,9 mm y la de barrilla 54,1 mm (Bentabol et al., 2014). El estudio de Liviu Al et al. (2009) de Rumanía obtuvieron para la miel de mielada un valor de 96,1 mm.

MIEL	ORIGEN	Pfund (mm)
Zona atlántica ⁽¹⁾	España	121
Zona mediterránea ⁽¹⁾	España	128
Brezo ⁽²⁾	Tenerife	138,9
Barrilla ⁽²⁾	Tenerife	54,1
Mielada ⁽³⁾	Rumanía	96,1

Tabla 3. Comparación del color de mieles de diferentes orígenes y regiones medidas con el sistema Pfund (mm). Elaboración propia a partir de: (1) Rodríguez-Flores et al. (2019), (2) Bentabol et al. (2014) y (3) Liviu Al et al. (2009)

En los que se calcula la absorbancia neta ($abs_{560} - abs_{720}$) se comparan principalmente mieles de origen floral y mieles de mielada. Ejemplo de ello es la investigación de Pérez et al. del

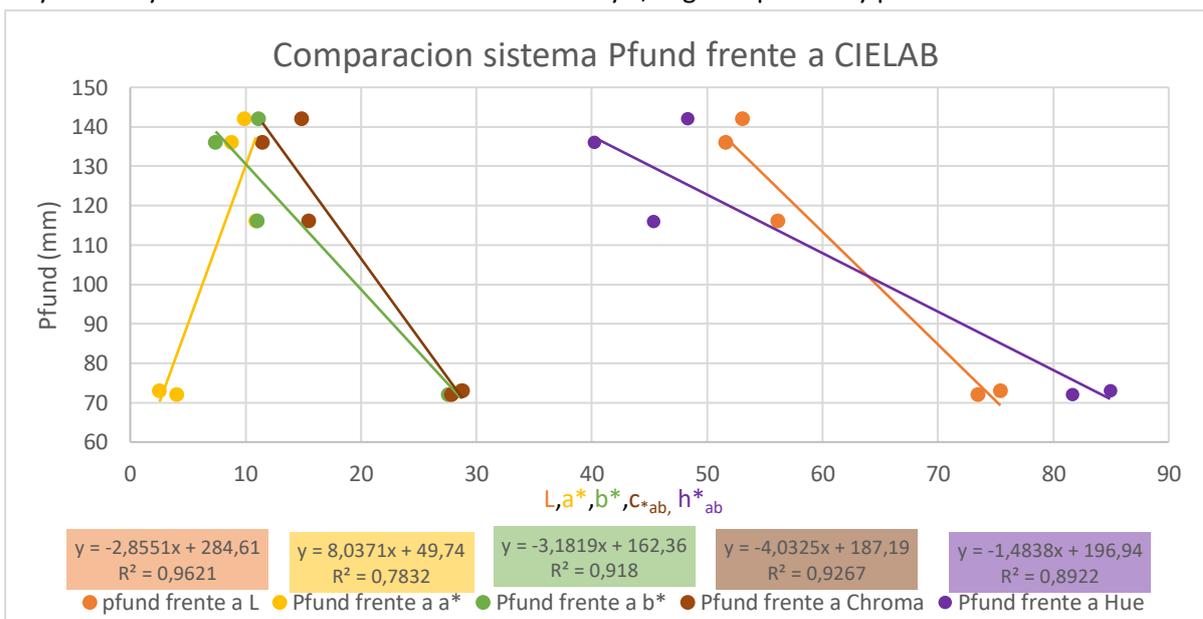
año 2007, donde la miel de flores obtiene una absorbancia de 0,22 y la de mielada asciende hasta los 0,64.

Los estudios que han usado el sistema Cielab quedan resumidos en la Tabla 4.

MIEL	ORIGEN	L*	a*	b*	C* _{ab}	h* _{ab}	COLOR
Milflores ⁽¹⁾	España	34,32	10,53	17,27	20,23	58,63	
Mielada ⁽¹⁾	España	26,02	6,73	6,12	9,10	42,28	
Roble ⁽²⁾	Noroeste España	41,08	12,88	28,89	31,63	65,97	
Romero ⁽³⁾	Túnez	51,37	-0,67	6,06	6,10	-83,69	
Naranja ⁽³⁾	Túnez	46,95	0,34	15,79	15,79	88,77	
Pino ⁽⁴⁾	Turquía	54,38	26,8	89,45	93,38	73,32	
Lavanda ⁽⁴⁾	Turquía	62,55	15,2	10,08	18,24	33,55	
Castaña ⁽⁴⁾	Turquía	47,59	42,56	81,52	91,96	62,43	
Brezo ⁽⁴⁾	Turquía	46,05	26,56	68	73,00	68,66	

Tabla 4. Comparación del color de mieles de diferentes orígenes y regiones medidas con el sistema CIELAB. Elaboración propia a partir de: (1) Escriche et al. (2014), (2) Jara-Palacios et al. (2019), (3) Boussaid et al. (2018) y (4) Can et al. (2015)

Además, para establecer si existe una relación entre las coordenadas CIELAB y los valores Pfund se puede recurrir al estudio de Escudero et al. (2019), en el que se usaron ambos sistemas de medida de color para las mismas muestras. En la Gráfica 9 se comparan los resultados obtenidos según los dos sistemas, Pfund y Cielab. Como puede observarse, los valores más altos de la escala Pfund (ámbar oscuro) se corresponden con los valores más bajos de L, b*, h_{ab} y c_{ab}. En el caso de a*, los valores más altos de la escala Pfund tienen correspondencia con los valores más altos de a*. Además, si se tiene en cuenta la regresión (R²) se puede concluir que hay una mayor correlación entre el sistema Pfund y L, seguido por c*_{ab} y por b*.



Gráfica 9. Comparación entre el sistema Pfund y los parámetros L, a*, b*, C_{ab} y h_{ab} del sistema CIELAB. Elaboración propia a partir de Escudero et al. (2019)

6.7. Compuestos fenólicos totales

Los compuestos fenólicos totales se expresan en equivalentes de ácido gálico por cada 100 gramos de miel (mg GAE/100 g). Varía en función del origen botánico y geográfico. Frecuentemente, este parámetro se determina usando el método de Folin-Ciocalteu, en el que los compuestos antioxidantes de la miel reducen el reactivo de Folin-Ciocalteu formando un compuesto de color azul que presenta su máxima absorbancia a 765 nm (Alves et al., 2013).

La miel contiene un gran número de compuestos fenólicos y son varios los estudios que han demostrado una relación proporcional entre la actividad antioxidante y dichos compuestos. Por esta razón, este parámetro se convierte en un buen indicador de la capacidad antioxidante de la miel y por tanto de su posible potencial terapéutico (Pita-Calvo y Vázquez, 2017).

Como se ha comentado en el apartado anterior, las mieles de mielada se caracterizan por un color más oscuro. Estas mieles presentan una actividad antioxidante mayor y se caracterizan por contener más ácidos fenólicos y menos flavonoides. Esto se corrobora con el estudio de Meda et al. (2005) sobre mieles de Burkina Faso en el que la miel de mielada obtuvo 93,66 mg GAE/100 g y la de flores se quedó en los 32,59 mg GAE/100 g. No obstante, otras mieles de origen floral como las de castaño o las de brezo también destacan por el alto contenido en compuestos fenólicos.

Por otro lado, en el estudio que compara mieles mediterráneas con mieles de origen atlántico (Rodríguez-Flores et al., 2019) se puede observar una gran diferencia ya que las de origen atlántico presentaron un valor de 207,6 mg GAE/100 g y las mediterráneas 115,1 mg GAE/100 g.

En un estudio de mieles monoflorales de origen portugués las mieles oscuras (brezo, madroño o acacia) mostraron un contenido total de fenoles de en torno a 140 mg GAE/100 g, mientras que en mieles más claras (romero, tomillo y naranjo) el contenido de fenoles fue de alrededor de 60 mg GAE/100 g (Pita-Calvo y Vázquez, 2017).

En otro estudio sobre mieles de Turquía se determinó que las mieles de roble, brezo y castaño contenían más compuestos fenólicos (ascendiendo hasta los 120,04 mg GAE/100 g) y que la miel de mielada de pino contenía la mitad de compuestos fenólicos que las anteriores (61,42 mg GAE/100 g). Por tanto, que la miel sea de mielada no siempre significa que se encuentre entre aquéllas que mayor contenido de compuestos fenólicos presenta (Pita-Calvo y Vázquez, 2017).

En la investigación de Boussaid et al. (2018) en mieles de Túnez la mayor concentración de compuestos fenólicos se encontró en miel de menta (119,42 mg GA/100 g), seguida de la de romero (89,31 mg GA/100 g), tomillo y naranjo (60 mg GA/100 g). Este estudio destaca además que se encontró una alta relación entre el contenido de polifenoles y el parámetro L* del color (R^2 de 0,964) y afirma que la cantidad y tipo de compuestos fenólicos presentes en la miel dependen principalmente del origen botánico.

En la revisión llevada a cabo por Srećković, Mihailović y Stanković (2019) sobre mieles de origen serbio se concluyó que las mieles de bosque tenían un contenido de fenoles mayor que la de acacia o la de milflores (80,61 frente a 6,84 y 8,74 mg GAE/100 g respectivamente).

En la investigación de Mokaya et al. (2019) sobre mieles florales de Kenia se puede comprobar cómo el clima influye en el contenido de compuestos fenólicos. La miel procedente de climas húmedos y cálido alcanzó valores de 141,74 mg GA/100 g mientras que la originaria de regiones frías y húmedas obtuvo 66,72 mg GA/100 g.

En la revisión llevada a cabo por Bobis et al. (2011) en la que se comparan mieles de mielada de Rumanía con otras mieles de mielada del sur de Europa la miel originaria de Rumanía presentó el valor más alto con 137,33 mg GAE/100 g. Le siguió la miel de Bulgaria (125,79 mg GAE/100 g), Croacia (116,37 mg GAE/100 g), Grecia (80,85 mg GAE/100 g) y Turquía (70,45 mg GAE/100 g). Además, esta revisión también compara en contenido de fenoles con el origen botánico de la miel. Con esto se llegó a la conclusión de que la miel de mielada de castaño era la que más compuestos fenólicos presentaba (162,78 mg GAE/100 g), seguida de la de roble (140,11 mg GAE/100 g) y de la de pino (59,28 mg GAE/100 g).

En la investigación de Liviu Al et al. (2009) también sobre mieles de origen rumano, la miel de mielada fue la que alcanzó un contenido de fenoles mayor (125 mg GAE/100 g). Por el contrario, la miel de acacia obtuvo un valor de solo 2 mg GAE/100 g.

En el estudio de Vasić et al. (2019) se comparó el contenido en fenoles de diferentes muestras europeas de miel de mielada. La que mayor concentración de compuestos fenólicos obtuvo fue la miel de roble de Hungría (160 mg GAE/100 g). Le siguió la de encina (119 mg GAE/100 g) y la de arce de Montpellier (91 mg GAE/100 g).

Ciucure y Geană (2019) compararon el contenido de compuestos fenólicos en muestras de miel de diferente origen botánico de Rumanía. La miel de mielada fue la que mayor concentración obtuvo (1270 mg GAE/100 g). En la de milflores se determinó una concentración

de 660 mg GAE/100 g mientras que la de acacia, como en otras investigaciones, fue la que menor valor obtuvo (573 mg GAE/100 g).

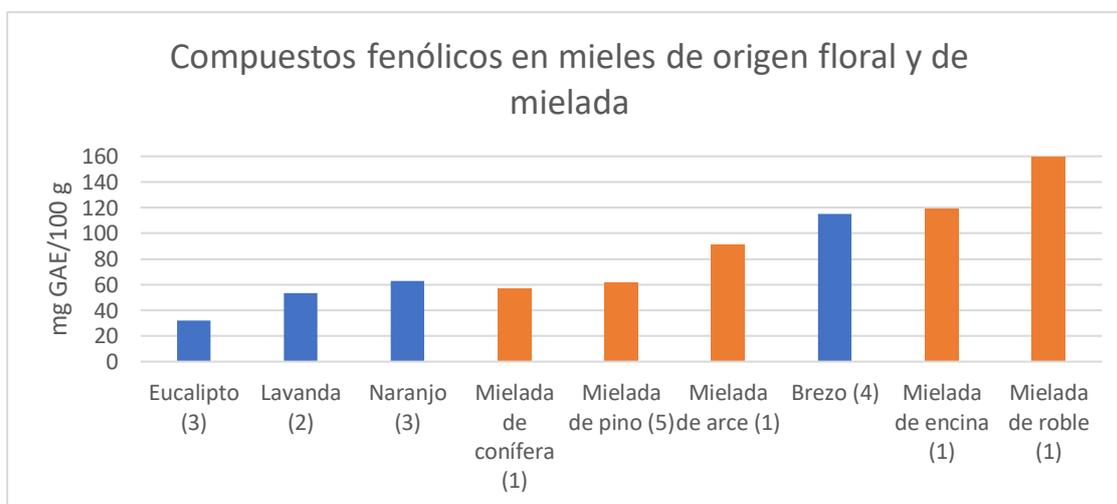
Sobre mieles de origen español, el estudio llevado a cabo por Jara-Palacios et al. (2019) en mieles de mielada de roble se determinó que el contenido en compuestos fenólicos era de 130,25 mg GAE/100 g.

En la Tabla 5 se recoge el contenido en compuestos fenólicos totales para diferentes mieles de distinto origen botánico y geográfico.

MIEL	ORIGEN	FENOLES (MG GAE/100 G)	MIEL	ORIGEN	FENOLES (MG GAE/100 G)
Castaño ⁽¹⁾	Turquía	98,26	Menta ⁽²⁾	Túnez	119,42
Brezo ⁽¹⁾	Turquía	105,46	Romero ⁽²⁾	Túnez	89,31
Lavanda ⁽¹⁾	Turquía	53,39	Eucalipto ⁽²⁾	Túnez	32,17
Roble ⁽¹⁾	Turquía	120,04	Tomillo ⁽²⁾	Túnez	63,08
Pino ⁽¹⁾	Turquía	61,42	Naranja ⁽²⁾	Túnez	63

Tabla 5. Compuestos fenólicos de mieles florales de diferente origen. Fuente: (1) Can et al. (2015) y (2) Boussaid et al. (2018)

En la Gráfica 10 puede observarse cómo el contenido de compuestos fenólicos totales es generalmente mayor en mieles de mielada que en las florales:



Gráfica 10. Comparación del contenido de compuestos fenólicos entre mieles florales (azul) y de mielada (naranja). Elaboración propia a partir de: (1) Vasić et al. (2019), (2) Can et al. (2015), (3) Boussaid et al. (2018), (4) Alves et al. (2013) y (5) Pita-Calvo y Vázquez (2017)

6.8. Flavonoides totales

Los flavonoides son un subgrupo dentro de los compuestos fenólicos que puede llegar a representar hasta el 10 % del contenido fenólico total (Can et al., 2015). Los flavonoides totales se expresan en equivalentes de quercetina por cada 100 gramos de miel (mg QE/100 g).

En general, la miel de mielada presenta un contenido mayor de flavonoides que la de origen floral. Esto se corrobora con el estudio de Escudero et al. del año 2013 sobre mieles del

noroeste español en el que la miel de mielada obtuvo 9,1 mg QE/100 g y que si se compara con el estudio de Can et al. (2015) en mieles turcas se observa como la de milflores tuvo un contenido bastante inferior (1,65 mg QE/100 g). Por otro lado, en el estudio que compara mieles mediterráneas con mieles de origen atlántico (Rodríguez-Flores et al., 2019) se puede observar una gran diferencia ya que las de origen atlántico presentaron 6,3 mg QE/100 g y las mediterráneas ascendieron a 8,17 mg QE/100 g.

Por otro lado, mieles de color oscuro como las de castaño o brezo presentan un contenido de flavonoides sensiblemente superior. El estudio de Can et al. (2015) sobre mieles de Turquía muestra cómo la miel de castaño y de brezo contenían 8,1 y 5,84 mg QE/100 g, indistintamente, otras mieles (lavanda, roble o pino) no superaron los 3 mg QE/100 g.

En el estudio de Meda et al. (2005) sobre 27 muestras de mieles de Burkina Faso se constató que la miel de milflores era la que tenía un mayor contenido en flavonoides con 7,13 mg QE/100 g. Sin embargo, otra miel multifloral obtuvo el menor contenido en flavonoides con tan solo 0,17 mg QE/100 g. La causa podría ser el diferente origen botánico o la zona geográfica (la primera es del este de Burkina Faso y la Segunda de la zona centro).

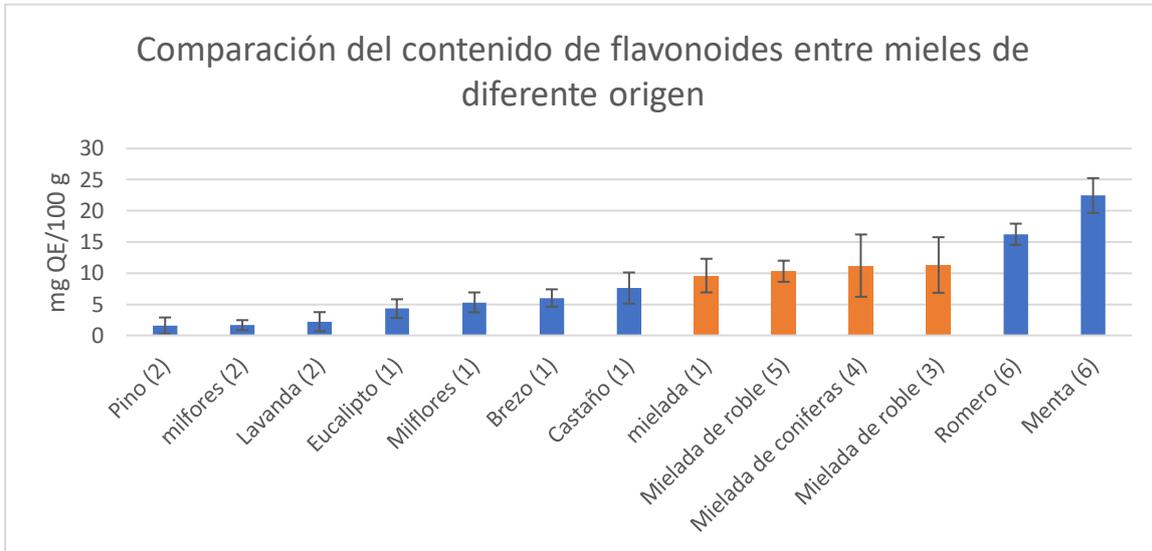
En la revisión llevada a cabo por Srećković, Mihailović y Stanković (2019) se demuestra cómo las mieles oscuras presentan una concentración mayor (146,27 mg QE/100 g) en comparación con muestras de otros orígenes botánicos.

En la investigación de Mokaya et al. (2019) sobre mieles florales de Kenia se puede ver la influencia del clima en el contenido de flavonoides. En este caso, la miel procedente de un clima seco presentó mayor concentración de flavonoides (35,47 mg QE/100 g) y la que procede de una zona con clima semiseco es la que menor concentración tuvo (15,63 mg QE/100 g).

Si se recurre al estudio llevado a cabo por Boussaid et al. (2018) sobre mieles de origen floral de Túnez se puede comprobar cómo el contenido en flavonoides es sensiblemente superior. Por ejemplo, la miel de tomillo alcanzó los 14,77 mg QE/100 g, la de romero los 16,24 y la de menta asciende hasta los 22,45 mg QE/100 g.

En la investigación de Liviu Al et al. (2009) en mieles de Rumanía la miel con una mayor concentración de flavonoides fue la de mielada, con hasta 28,25 mg QE/100 g, seguida de la de girasol con 15,33 mg QE/100 g. La miel de acacia, con 0,91 mg QE/100 g, fue la que menor concentración obtuvo.

Ciucure y Geană (2019) compararon el contenido de flavonoides en muestras de miel de diferente origen botánico de Rumanía. La miel de mielada fue la que mayor concentración obtuvo (112 mg QE/100 g). En la de milflores se determinó una concentración de 68 mg QE/100 g mientras que la de acacia, como en otras investigaciones, fue la que menor valor obtuvo (22 mg QE/100 g).

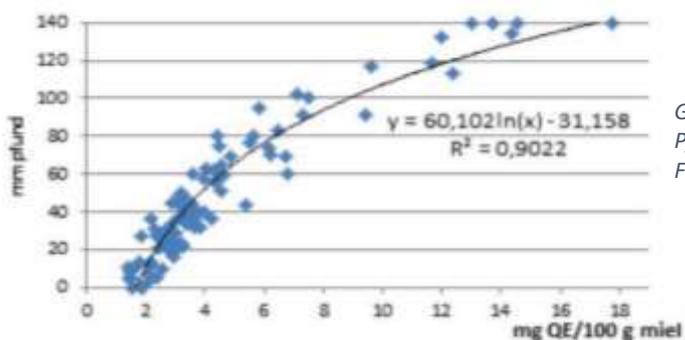


Gráfica 11. Comparación del contenido de flavonoides de diferentes mieles. Elaboración propia a partir de: (1) Escudero et al. (2013), (2) Can et al. (2015), (3) Jara-Palacios et al. (2019), (4) Ciucure y Geană (2019) y (5) Rodríguez-Flores et al. (2019)

Sobre mieles de origen español, Jara-Palacios et al. (2019) determinaron que el contenido en flavonoides en mieles de mielada era de 11,3 mg QE/100 g.

Además, puede observarse en la Gráfica 11 cómo las mieles de mielada tienden a tener un contenido mayor en flavonoides y, por tanto, un mayor efecto antioxidante.

Por otro lado, para conocer si existe una relación entre el color y el contenido total de flavonoides se puede recurrir al estudio de Ciappini, Gatti y Di Vito (2013) en el que se analizó tanto el color como el contenido en flavonoides de diferentes tipos de mieles florales y en el que se observa como existe una relación logarítmica (Gráfica 12) entre estos dos parámetros ($R^2 = 0,9022$).



Gráfica 12. Relación logarítmica entre el color (mm Pfund) y el contenido en flavonoides (mg QE/100 g). Fuente: Ciappini, Gatti y Di vito (2013)

Sin embargo, existen otros estudios que desmienten esta relación. Ejemplo de ello es el llevado a cabo por Bogdanov, Ruoff y Persano (2004), que determinó que las mieles oscuras contenían más derivados de ácidos fenólicos y menos flavonoides que las mieles claras. Se cree que las enzimas polifenoloxidasas presentes en la miel oxidan los flavonoides para dar estructuras quinonídicas que se polimerizan originando compuestos de color pardo. Además, hay que tener en cuenta que no solo los flavonoides afectan al color ya que intervienen otros compuestos y factores como son las xantofilas, los carotenos, los minerales, el contenido en agua, el polen y los componentes que se forman en las reacciones de pardeamiento no enzimático.

6.9. Actividad antioxidante (DPPH)

El DPPH es un radical libre estable que es ampliamente usado como herramienta para determinar la actividad antioxidante. Los compuestos antioxidantes presentes en los alimentos, cuando interactúan con el DPPH, transfieren electrones o átomos de hidrógeno al DPPH y por consiguiente se neutraliza el radical libre. La reacción toma una tonalidad amarilla que presenta su máxima absorbancia a 517 nm (Boussaid et al., 2018).

En la revisión llevada a cabo por Srećković, Mihailović y Stanković (2019) se puede comprobar como las mieles de bosque presentan una actividad DPPH mayor en comparación con las mieles de acacia o de milflores: 260,77 mg Trolox/kg miel de mielada, 11,97 mg Trolox/kg miel milflores y 8,36 mg Trolox/kg miel de acacia. Además, se establece una relación entre la actividad DPPH y el contenido total de compuestos fenólicos y de flavonoides que en ambos casos es superior a 0,99.

En la investigación de Mokaya et al. (2019) sobre mieles florales de Kenia la actividad DPPH expresada como IC_{50} osciló entre 8,20 mg/mL (elevada capacidad antioxidante) y 186,85 mg/mL (la capacidad antioxidante más baja). En este caso, las mieles con mayor actividad DPPH procedían de regiones con climas húmedos. La relación entre el IC_{50} , el contenido total de fenoles y el contenido de flavonoides fue de 0,72 y 0,26 respectivamente.

En el trabajo realizado por Boussaid et al. (2018) sobre mieles de Túnez, se demostró que la actividad antioxidante de la menta, con un IC_{50} de 11,08 mg/mL, era superior a las demás (romero 17,51 mg/mL, naranjo 52,72 mg/mL y eucalipto 93,26 mg/mL).

En el estudio realizado por Meda et al. (2005) sobre mieles de Burkina Faso se concluyó que la actividad DPPH más elevada se correspondía con la miel de karité (con un IC_{50} de 1,37

mg/mL), seguida de la miel de mielada (IC_{50} de 4,37 mg/mL). La actividad antioxidante más baja se pudo encontrar en miel de milflores (IC_{50} de 29,13 mg/mL).

En la investigación de Can et al. (2015) en mieles turcas se determinó que la miel con una mayor actividad DPPH fue la de roble (con un IC_{50} de 12,56 mg/mL). La que menos actividad presentó fue la de acacia con un IC_{50} de 152,40 mg/mL. Con una actividad antioxidante intermedia se encontraron algunas como la de lavanda (IC_{50} de 70,20 mg/mL) o pino (44,30 mg/mL).

Del estudio realizado por Erturk, Kalin y Ayvaz (2019) se puede llegar a una conclusión similar: la miel de castaño (más oscura que otras) presenta una actividad antioxidante mayor (IC_{50} de 14,21 mg/mL) que otras variedades como la alfalfa (163,73 mg/mL), el girasol (208,58 mg/mL), la acacia (60,25 mg/mL) o la miel que es mezcla de astrágalo y tomillo (79,52 mg/mL).

De la revisión llevada a cabo por Bobis et al. (2011) sobre mieles de mielada de diversos países, se puede concluir que la miel de Croacia es la que presenta una mayor actividad DPPH con 3479,01 mg Trolox/kg. Le sigue la de Bulgaria (2928,39 mg Trolox/kg), Grecia (2878,34 mg Trolox/kg), Turquía (2052,38 mg) y Rumanía (1952,26 mg Trolox/kg). Si se relaciona con el origen botánico, la de castaño es la que presenta una mayor actividad DPPH (3178,68 mg Trolox/kg), seguida de la de roble (2628,05 mg Trolox/kg) y la de pino (2552,96 mg Trolox/kg).

En la investigación llevada a cabo por Liviu Al et al. (2009) en mieles de origen rumano se concluyó que la miel de mielada presentaba una actividad antioxidante mayor (RSA del 64,83 %) y que la miel de acacia, con un 35,80 % de RSA es la que menor actividad antioxidante obtuvo.

En el estudio de Vasić et al. (2019) se comparó la actividad antioxidante de diferentes muestras europeas de miel de mielada. Las que mayor actividad obtuvieron fueron la miel de roble de Hungría (RSA del 48,89 %), la de encina (26,58 %) y la de arce de Montpellier (23,43 %).

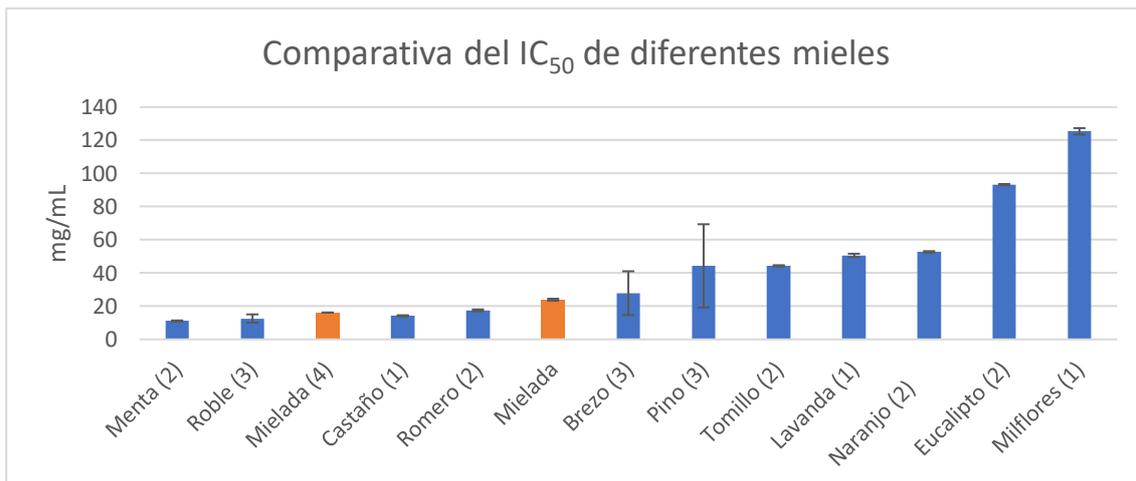
Ciucure y Geană (2019) compararon actividad antioxidante en muestras de miel de diferente origen botánico de Rumanía. La miel de mielada fue la que mayor actividad obtuvo (23,3 %). En la de milflores se determinó una actividad del 9,2 % mientras que la de acacia, como en otras investigaciones, fue la que menor valor obtuvo (3,5 %).

Sobre mieles españolas, cabe destacar el estudio de Pérez et al. (2008). En él se puede comprobar que las mieles de mielada presentan una actividad antioxidante RSA del 60,80 %, mientras que la actividad RSA (porcentaje de inhibición de radicales $OH\bullet$) de las florales es de casi la mitad (34,80 %).

También sobre mieles españolas la investigación de Vela, de Lorenzo y Pérez (2007) destaca que las mieles de mielada obtienen una actividad antioxidante bastante superior que las de flores, hasta el punto de duplicarla (66,8 % frente a 28,7 %).

Continuando con mieles de origen nacional, el estudio de Pérez et al. (2007) se puede observar como la miel de mielada obtuvo una actividad antioxidante bastante superior en comparación con miel formada por una mezcla de ambos tipos y miel de flores (70 %, 41,1 % y 20,7 % respectivamente).

González, de Lorenzo y Pérez (2008) realizaron una investigación sobre mieles españolas en la que, de nuevo, la actividad antioxidante de mieles de mielada frente a mieles de flores era bastante superior (64,39 % frente a 34,44 %). Además, se ha elaborado la Gráfica 13 para observar mejor las diferencias en la actividad antioxidante. Como puede observarse, las mieles de menta, roble, castaño, romero y mielada son las que presentan un IC₅₀ más bajo, lo que se traduce en una mayor capacidad antioxidante.



Gráfica 13. Comparación de la actividad antioxidante (IC₅₀) de varios tipos de miel (en naranja, las de mielada). Elaboración propia a partir de: (1) Erturk, Kalin y Ayvaz (2019), (2) Boussaid et al. (2018), (3) Can et al. (2015) y (4) Bobis et al. (2008)

7. CONCLUSIONES

La miel es un alimento que presenta una gran variabilidad en su composición fisicoquímica, compuestos bioactivos y actividad antioxidante, dependiente de factores botánicos y geográficos.

Por sus compuestos bioactivos y actividad antioxidante, diversos estudios han demostrado que posee efectos beneficiosos frente a algunas enfermedades crónicas y neurodegenerativas.

De los parámetros fisicoquímicos estudiados, azúcares, humedad y conductividad

eléctrica, se hallan incluidos en las normativas nacionales e internacionales que determinan su calidad.

En las mieles en general, fructosa y glucosa son los azúcares más importantes, mientras que en las mieles de mielada destacan los azúcares superiores en mayor proporción que en las mieles de flores.

La humedad es dependiente de factores como el clima, la estación, o el grado de maduración, y se sitúa entre el 15 y el 20 %.

Las mieles de mielada son más oscuras, tienen mayor conductividad eléctrica, pH y acidez libre que las mieles de flores.

Las mieles de mielada presentan en general mayor cantidad total de compuestos fenólicos y de flavonoides, y la actividad antioxidante (DPPH) es superior a la de las mieles de flores.

8. CONCLUSIONS

Honey is a food that presents great variability in its physicochemical composition, bioactive compounds and antioxidant activity, depending on botanical and geographical factors.

Due to its bioactive compounds and antioxidant activity, different studies have shown that it has beneficial effects against some chronic and neurodegenerative diseases.

Some of the physicochemical parameters studied, such as sugar composition, humidity and electrical conductivity are included in national and international regulations that determine their quality.

Generally, fructose and glucose are the most important sugars in honey, while higher sugars stand out in a greater proportion in honeydew honeys, than in flower honeys.

Humidity is affected by factors such as climate, season, or degree of maturation, and usually ranges between 15 and 20 %.

Honeydew honeys are darker, have higher electrical conductivity, pH and free acidity than flower honeys.

Honeydew honeys generally have a greater total phenolic and flavonoid content, and the antioxidant activity (DPPH) is higher than that of flower honeys.

9. IDENTIFICACIÓN DE LAS APORTACIONES QUE, EN MATERIA DE APRENDIZAJE, HAN SUPUESTO LA REALIZACIÓN DE ESTA ASIGNATURA

El Trabajo Fin de Grado sobre la Composición fisicoquímica, compuestos bioactivos y actividad antioxidante de la miel me ha permitido profundizar en un sector que, aunque suele pasar desapercibido, es realmente interesante.

La revisión bibliográfica realizada me ha dado la oportunidad de conocer cuál es el proceso de obtención de la miel, sus características, sus efectos sobre la salud y la legislación que regula a este producto. Los diferentes parámetros estudiados me han permitido conocer los tipos de mieles existentes y la forma de diferenciarlas en base a éstos.

En conclusión, estoy satisfecho por haber realizado este trabajo, pues he podido ampliar los conocimientos relacionados con la bromatología, la nutrición, la química analítica y la legislación en base a este producto.

10. BIBLIOGRAFÍA

Abramovič, H., Jamnik, M., Burkan, L. y Kač, M. (2008). "Water activity and water content in Slovenian honeys". *Food Control*, 19 (11), pp. 1086-1090. DOI: 10.1016/j.foodcont.2007.11.008.

Álvarez-Suárez, J., Tulipani, S., Romandini, S., Bertoli, E. y Battino, M. (2010). "Contribution of honey in nutrition and human health: a review". *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 3 (1), pp. 15-23. DOI: 10.1007/s12349-009-0051-6.

Alves, A., Ramos, A., Gonçalves, M.M., Bernardo, M. y Mendes, B. (2013). "Antioxidant activity, quality parameters and mineral content of Portuguese monofloral honeys". *Journal of Food Composition and Analysis*, 30 (2), pp. 130-138. DOI: 10.1016/j.jfca.2013.02.009.

Al-Waili, N., Salom, K., Al-Ghamdi, A. y Ansari, M.J. (2012). "Antibiotic, Pesticide, and Microbial Contaminants of Honey: Human Health Hazards". *The Scientific World Journal*, pp. 1-9. DOI: 10.1100/2012/930849.

Armando, J., Mondragón, P.M., Rodríguez, R., Reséndiz, J.A. y Rosas, P. (2010). "La miel de abeja y su importancia". *Revista Fuente*, 2 (4), pp. 11-18. Disponible en: <http://dspace.uan.mx> [Consultado 07-03-2020].

Bentabol, A., Hernández, Z., Rodríguez, B., Rodríguez, E. y Díaz, C. (2014). "Physicochemical characteristics of minor monofloral honeys from Tenerife, Spain". *LWT - Food Science and Technology*, 55 (2), pp. 572-578. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.09.024.

Bentabol, A., Hernández, Z., Rodríguez, B., Rodríguez, E. y Díaz, C. (2011). "Differentiation of

blossom and honeydew honeys using multivariate analysis on the physicochemical parameters and sugar composition". *Food Chemistry*, 126 (2), pp. 664-672. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.11.003.

Bobiş, O., Dezmirean, D.S., Stanciu, O.G. y Mărghițaș, L.A. (2011). "POLYPHENOLIC CONTENT AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF HONEYDEW HONEY: COMPARISON BETWEEN ROMANIAN AND OTHER SOUTH EUROPEAN DECLARED HONEYDEW HONEYS". *Economics, Management, and Financial Markets*, 6 (1), pp. 1213-1218. Disponible en: <https://search-proquest-com.cuarzo.unizar.es> [Consultado 08-06-2020].

Bobis, O., Liviu Al, M., Rindt, I.K., Niculae, M. y Dezmirean, D. (2008). "HONEYDEW HONEY: CORRELATIONS BETWEEN CHEMICAL COMPOSITION, ANTIOXIDANT CAPACITY AND ANTIBACTERIAL EFFECT". *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 41 (2), pp. 271-277. Disponible en: <https://doaj.org> [Consultado 20-05-2020].

Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R. y Gallmann, P. (2008). "Honey for Nutrition and Health: A Review". *Journal of the American College of Nutrition*, 27 (6), pp. 677-689. DOI: 10.1080/07315724.2008.10719745.

Bogdanov, S., Ruoff, K. y Persano, L. (2004). "Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review". *Apidologie*, 35 (1), pp. 4-17. DOI: 10.1051/apido:2004047.

Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G. y Hamdi, S. (2018). "Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia". *Arabian Journal of Chemistry*, 11 (2), pp. 265-274. DOI: 10.1016/j.arabj.2014.08.011.

Bulman, S., Tronci, G., Goswami, P., Carr, C. y Russell, S. J. (2017). "Antibacterial Properties of Nonwoven Wound Dressings Coated with Manuka Honey or Methylglyoxal". *Materials*, 10 (8), pp. 954-973. DOI: 10.3390/ma10080954.

Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Turumtay, E.A., Silici, S. y Kolayli, S. (2015). "An investigation of Turkish honeys: their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles". *Food Chemistry*, 180, pp. 133-141. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.02.024.

Cianciosi, D., Forbes-Hernández, T.Y., Afrin, S., Gasparrini, M., Reboledo-Rodríguez, P., Manna, P.P., Zhang, J., Bravo, L., Martínez, S., Agudo, P., Quiles, J.L., Giampieri, F. y Battino, M. (2018). "Phenolic Compounds in Honey and Their Associated Health Benefits: A Review. *Molecules*, 23 (9), pp. 2322-2337. DOI: 10.3390/molecules23092322.

Ciappini, M.C., Gatti, M.B. y Di Vito, M.V. (2013). "El Color como indicador del contenido de

flavonoides en miel". *Revista de Ciencia y Tecnología*, (19), pp. 59-63. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar> [Consultado 20-05-2020].

Ciucure, C.T. y Geană, E.I. (2019). "Phenolic compounds profile and biochemical properties of honeys in relationship to the honey floral sources.". *Phytochemical análisis: PCA*, 30 (4), pp. 1-12. DOI: 10.1002/pca.2831.

Cortés, M.E., Vigil, P. y Montenegro, G. (2011). "The medicinal value of honey: a review on its benefits to human health, with a special focus on its effects on glycemic regulation". *Ciencia e investigación agraria*, 38 (2), pp. 303-317 DOI: 10.4067/S0718-16202011000200015.

da Silva, P.M., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Oliveira, A.C. y Fett, R. (2016). "Honey: Chemical composition, stability and authenticity". *Food Chemistry*, 196, pp. 309-323. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.09.051.

Erturk, Ö., Kalin, S. y Ayvaz, M. Ç. (2019). "Physicochemical properties, bioactive components, antioxidant and antimicrobial potentials of some selected honeys from different provinces of Turkey". *British Food Journal*, 121 (6), pp. 1298-1313. DOI: 10.1108/BFJ-04-2018-0261.

Escriche, I., Kadar, M., Juan-Borrás, M. y Domenech, E. (2014). "Suitability of antioxidant capacity, flavonoids and phenolic acids for floral authentication of honey. Impact of industrial thermal treatment". *Food Chemistry*, 142, pp. 135-143. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.07.033.

Escudero, O., Míguez, M., Fernández-González, M. y Seijo, M.C. (2013). "Nutritional value and antioxidant activity of honeys produced in a European Atlantic area". *Food Chemistry*, 138(2-3), pp. 851-856. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.015.

Escudero, O., Rodríguez-Flores, M.S., Rojo-Martínez, S. y Seijo, M.C. (2019). "Contribution to the Chromatic Characterization of Unifloral Honeys from Galicia (NW Spain)". *Foods*, 8 (7), pp. 1-16. DOI: 10.3390/foods8070233.

FAOstat (2018). Food and Agriculture Organization (FAO). Disponible en: <http://www.fao.org> [Consultado 06-03-2020].

Gil, A., y Ruiz, M. D (coord.) (2010). Tratado de nutrición. Composición y calidad nutritiva de los alimentos. (2ª ed). Madrid: Editorial Panamericana.

Gobierno de Aragón (2020). Gobierno de Aragón. Disponible en: <https://www.aragon.es> [Consultado 07-03-2020].

González, M., de Lorenzo, C. y Pérez, R.A. (2008). "Sensory Attributes and Antioxidant Capacity

of Spanish Honeys". *Journal of Sensory Studies*, 23 (3), pp. 293-302. DOI: 10.1111/j.1745-459X.2008.00156.x.

Istasse, T., Jacquet, N., Berchem, T., Haubruge, E. y Nguyen, B. K. (2016). "Extraction of Honey Polyphenols: Method Development and Evidence of Cis Isomerization". *Analytical Chemistry Insights*, 11, pp. 49-57. DOI: 10.4137/ACI.S39739

Jara-Palacios, M.J., Ávila, F.J., Escudero-Gilete, M.L., Gómez, A., Heredia, F.J., Hernanz, D. y Terrab, A. (2019). "Physicochemical properties, colour, chemical composition, and antioxidant activity of Spanish Quercus honeydew honeys". *European Food Research and Technology*, 245 (9), pp. 2017-2026. DOI: 10.1007/s00217-019-03316-x.

Jean-Prost, P., Medori, P., Juan, C. y Le Conte, Y. (2010). *Apicultura: conocimiento de la abeja: manejo de la colmena*. 4ª ed. Madrid: Mundi-Prensa.

Juan-Borrás, M., Domenech, E., Hellebrandova, M. y Escriche, I. (2014). "Effect of country origin on physicochemical, sugar and volatile composition of acacia, sunflower and tilia honeys". *Food Research International*, 60, pp. 86-94. DOI: 10.1016/j.foodres.2013.11.045.

Kumar, A., Rani, B., Padhy, S., Samal, R., Bandana, B., Nayak, S., Kirankumar y Sahu, D. (2019). "REVIEW ON MEDICAL VALUES OF HONEY BEE VENOM AND THEIR BIOLOGICAL ACTION AND HEALTH BENEFITS". *Indo american journal of pharmaceutical sciences*, 6 (2), pp. 4574-4590. DOI: 10.5281/zenodo.2580217.

Lesser, R. (1987). *Manejo y crianza práctica de las abejas* (1ª ed.). Chile: Editorial Andrés Bello.

Liviu Al, M., Moise, A., Bobis, O., Laslo, L., Bogdanov, S. y Daniel, D. (2009). "Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania". *Food Chemistry*, 112 (4), pp. 863-867. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.06.055.

MAPA: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2019). *El sector apícola en cifras. Principales indicadores económicos*. Madrid. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/> [Consultado 08-06-2020].

Meda, A., Lamien, C.E., Romito, M., Millogo, J. y Nacoulma, O.G. (2005). "Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity". *Food Chemistry*, 91 (3), pp. 571-577. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.10.006.

Mercasa (2009-2019). Informes sobre producción, industria, distribución y consumo de

alimentación en España 2008-2018. Madrid.

Mokaya, H. O., Bargul, J. L., Irungu, J. W. y Lattorff, H. G. (2019). "Bioactive constituents, *in vitro* radical scavenging and antibacterial activities of selected *Apis mellifera* honey from Kenya". *International Journal of Food Science and Technology*, 55 (3), pp. 1246-1254. DOI: 10.1111/ijfs.14403.

Organización Interprofesional de la Miel y los Productos Apícolas (2011). *Conocimiento de la miel española, el nivel de aceptación y las preferencias del consumidor*. Madrid: INTERMIEL. Disponible en: <https://ruralcat.gencat.cat/> [Consultado 15-03-2020].

Pérez, R.A., Iglesias, M.T., Pueyo, E., González, M. y de Lorenzo, C. (2007). "Amino acid composition and antioxidant capacity of Spanish honeys". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (2), pp. 360-365. DOI: 10.1021/jf062055b.

Pérez, R.A., Vela, L., Lorenzo, P., Rojo, M.D. y de Lorenzo, C. (2008). "In vitro antioxidant and antimicrobial activities of Spanish honeys". *International Journal of Food Properties*, 11 (4), pp. 727-737. DOI: 10.1080/10942910701586257.

Pita-Calvo, C. y Vázquez, M. (2017). "Differences between honeydew and blossom honeys: A review". *Trends in Food Science & Technology*, 59, pp. 79-87. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.11.015.

Purcarea, C., Chis, A., Dzugan, M. y Popovici, D. (2014). "PHYSICAL-CHEMICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF SELECTED ROMANIAN AND POLISH HONEYDEW HONEY". *Studia Universitatis "Vasile Goldis" Arad. Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series)*, 24 (2), pp. 251-256. Disponible en: <https://www.researchgate.net> [Consultado 10-06-2020].

Rodríguez-Flores, M.S., Escuredo, O., Seijo-Rodríguez, A. y Seijo, M.C. (2019). "Characterization of the honey produced in heather communities (NW Spain)". *Journal of Apicultural Research*, 58 (1), pp. 84-91. DOI: 10.1080/00218839.2018.1495417.

Sancho, J., Bota, E., de Castro, J. J. y Puig, E. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. (1ª ed.) Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.

Sanz, M.L., González, M., Lorenzo, C., Sanz, J. y Martínez-Castro, I. (2004). "Carbohydrate composition and physico chemical properties of artisanal honeys from Madrid (Spain): occurrence of *Echium* sp. honey". *Journal of the science of food and agriculture*, 84 (12), pp. 1577-1584. DOI: 10.1002/jsfa.1823.

Serra, J. y Ventura, F. (1995). "Characterization of citrus honey (*Citrus spp.*) produced in

Spain". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43 (8), pp. 2053-2057. DOI: 10.1021/jf00056a018.

Srećković, N., Mihailović, V. y Katanić-Stanković, J. (2019). "Physico-chemical, antioxidant and antimicrobial properties of three different types of honey from Central Serbia". *Kragujevac Journal of Science*, 2019 (41), pp. 53-68. DOI: 10.5937/KgJSci1941053S.

Terrab, A., Díez, M.J. y Heredia, F.J. (2002). "Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics". *Food Chemistry*, 79 (3), pp. 373-379. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00189-9.

Terrab, A., Recamales, A.F., Hernanz, D. y Heredia, F.J. (2004). "Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents". *Food Chemistry*, 88 (4), pp. 537-542. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.01.068.

Tornuk, F., Karaman, S., Ozturk, I., Toker, O.S., Tastemur, B., Sagdic, O., Dogan, M. y Kayacier, A. (2013). "Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile". *Industrial Crops & Products*, 46, pp. 124-131. DOI: 10.1016/j.indcrop.2012.12.042.

Vasić, V., Gašić, U., Stanković, D., Lušić, D., Vukićušić, D., Milojković-opsenica, D., Tešić, Z. y Trifkovic, J. (2019). "Towards better quality criteria of European honeydew honey: phenolic profile and antioxidant capacity". *Food Chemistry*, 274, pp. 629-641. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.09.045.

Vela, L., de Lorenzo, C. y Pérez, R. A. (2007). "Antioxidant capacity of Spanish honeys and its correlation with polyphenol content and other physicochemical properties". *Journal of the science of food and agriculture*, 87 (6), pp. 1069-1075. DOI: 10.1002/jsfa.2813.

Zandamela, E.M.F. (2008). *Caracterización físico-química y evaluación sanitaria de la miel de Mozambique*. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. Disponible en: <https://www.tdx.cat> [Consultado 12-05-2020].

LEGISLACIÓN ESTATAL

Real Decreto 473/2015, de 12 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 1049/2003, de 1 de agosto, por el que se aprueba la Norma de calidad relativa a la miel. *Boletín Oficial del Estado*, n. 147, de 20 de junio de 2015.

Real Decreto 1049/2003, de 1 de agosto, por el que se aprueba la Norma de calidad relativa a la miel. *Boletín Oficial del Estado*, n. 186, de 5 de agosto de 2003.