

# La Miel de Madrid



INSTITUTO MADRILEÑO DE INVESTIGACIÓN AGRARIA Y ALIMENTARIA

5

  
**Comunidad de Madrid**

CONSEJERÍA DE ECONOMÍA  
E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

  
**Madrid**innova



## La Miel de Madrid

iMiDRA



Coordinación:  
Cristina de Lorenzo

Miriam Guadalix  
Cristina de Lorenzo  
M<sup>ª</sup> Montserrat González  
Teresa Navarro  
M<sup>ª</sup> Teresa Iglesias  
Rosa Ana Pérez  
M<sup>ª</sup> Luz Sanz  
Isabel Martínez-Castro  
Encarnación Pueyo  
M<sup>ª</sup> del Carmen Polo  
Ana Cristina Soria  
Jesús Sanz



Esta versión forma parte de la Biblioteca Virtual de la Comunidad de Madrid y las condiciones de su distribución y difusión se encuentran amparadas por el marco legal de la misma.



[www.madrid.org/publicamadrid](http://www.madrid.org/publicamadrid)

La Miel de Madrid.[Miriam Guadalix, Cristina de Lorenzo M<sup>a</sup> Montserrat González, Teresa Navarro, M<sup>a</sup> Teresa Iglesias, Rosa Ana Pérez., M<sup>a</sup> Luz Sanz, Isabel Martínez-Castro, Encarnación Pueyo, M<sup>a</sup> del Carmen Polo, Ana Cristina Soria, Jesús Sanz].—Madrid: Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, 2002.

221 p.: il.; 24 cm. - - (Colección de Investigación; 5)  
ISBN: 84-451-2284-3

I. Miel-Madrid (Comunidad Autónoma). I. Guadalix, Miriam. II. Madrid. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica.

638.16(460.27)

*Prohibida la reproducción total o parcial*

imiDRA



CONSEJERÍA DE ECONOMÍA  
E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

**Comunidad de Madrid**



Edita: Consejería de Economía e Innovación Tecnológica  
I.S.B.N.: 84-451-2284-3

Depósito legal: M. 41.441-2002  
Imprime: B.O.C.M.

Tirada: 1.000 ejemplares  
Fecha de edición: 07/02

Se han realizado todos los esfuerzos conducentes a la localización de autores.  
En algún caso no ha sido posible dicha localización.  
La Comunidad de Madrid reconoce en cualquier caso la existencia de los citados derechos de autor.

## INDICE

---

<b>1</b>	<b>La Comunidad de Madrid: el medio natural y la actividad apícola</b> .....	<b>9</b>
	Miriam Guadalix y Cristina de Lorenzo	
<b>2</b>	<b>El Origen, la Calidad y la Frescura de una miel: la interpretación de un análisis</b> .....	<b>27</b>
	M <sup>a</sup> Montserrat González	
<b>3</b>	<b>Miel, Alimentación y Salud</b> .....	<b>47</b>
	Teresa Navarro, M <sup>a</sup> Teresa Iglesias, Cristina de Lorenzo y Rosa Ana Pérez	
<b>4</b>	<b>El origen botánico de la miel: el análisis melisopalinológico</b> .....	<b>73</b>
	Cristina de Lorenzo	
<b>5</b>	<b>Los azúcares de la miel</b> .....	<b>95</b>
	M <sup>a</sup> Luz Sanz, M <sup>a</sup> Montserrat González e Isabel Martínez-Castro	
<b>6</b>	<b>Los componentes nitrogenados</b> .....	<b>109</b>
	M <sup>a</sup> Teresa Iglesias, Encarnación Pueyo y M <sup>a</sup> del Carmen Polo	
<b>7</b>	<b>Los componentes volátiles y el aroma</b> .....	<b>121</b>
	Ana Cristina Soria, M <sup>a</sup> Montserrat González y Jesús Sanz	
<b>8</b>	<b>El Análisis Sensorial</b> .....	<b>137</b>
	M <sup>a</sup> Montserrat González y Cristina de Lorenzo	
<b>9</b>	<b>Las Mielles de Madrid</b> .....	<b>161</b>
	M <sup>a</sup> Montserrat González y Cristina de Lorenzo	
•	<b>Anexo I: Modelo de Hoja de Cata para Análisis Sensorial de Miel</b> .....	<b>175</b>
	M <sup>a</sup> Montserrat González	
•	<b>Anexo II: Clave palinológica simplificada para la identificación de géneros y especies botánicas, adaptada a la Comunidad de Madrid</b> .....	<b>179</b>
	Cristina de Lorenzo	
•	<b>Anexo III: Palinoteca de Madrid</b> .....	<b>187</b>
	Cristina de Lorenzo	



## Introducción

La Consejería de Economía e Innovación Tecnológica tiene entre sus competencias, a través de la Dirección General de Agricultura, la promoción y mejora de las denominaciones de calidad y de los productos amparados por las mismas, y la aprobación de las propuestas de reconocimiento de las denominaciones de calidad.

Bajo el distintivo "Alimentos de Madrid" se agrupan una serie de productos tradicionales del medio rural madrileño que gozan de reconocido prestigio y calidad y entre los que destaca la Miel de Madrid.

Este producto natural tiene en Madrid caracteres diferenciales aportados por su flora y sus especiales condiciones climatológicas, lo que la postula como candidata a obtener una etiqueta de calidad como la Denominación de Origen.

Paladear la Miel de Madrid satisface el gusto y evidencia caracteres distintivos de otras mieles. Sin embargo, afirmar que esta miel tiene dichos caracteres es fruto, además, de un trabajo científico riguroso que desarrolla desde hace tiempo el Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria (IMIA).

El IMIA viene prestando su apoyo investigador a las diferentes actividades que configuran la economía del medio rural de Madrid. Una de estas actividades es la producción de alimentos tradicionales de calidad con caracteres diferenciales. La "diferenciación" de los alimentos es una tarea compleja que requiere un esfuerzo riguroso de conocimiento y caracterización de dichos productos, apoyado en técnicas analíticas precisas y en equipos multidisciplinarios. La cromatografía o la microscopía electrónica se han puesto al servicio de los apicultores de Madrid de manos de un equipo de ingenieros agrónomos, químicos, biólogos, veterinarios,... para conseguir que la investigación científica se plasme en resultados que den lugar a la innovación de esta actividad y, por tanto, a la mejora de su competitividad y de las condiciones de la economía agraria de Madrid.

Estamos seguros, además, de que la transferencia de estos resultados no es un mero deseo, dado que se ha trabajado muy estrechamente y desde el principio con el sector a través de APISCAM.

Hay que destacar y agradecer también la participación de otros centros de investigación, lo que enriquece y refuerza los trabajos llevados a cabo.



## La miel de Madrid

---

Fruto del esfuerzo de investigadores y profesionales es este libro que plasma los resultados de años de trabajo y en el que por vez primera se habla de la Miel de Madrid en sus términos justos de origen, frescura, calidad y variedad, aportando datos y material gráfico de soporte.

Agradeciendo nuevamente el esfuerzo aportado a todos los que han contribuido a este valioso documento, sólo me resta insistir en que la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica seguirá prestando como hasta ahora todo su apoyo al sector para lograr la continuidad de su actividad en las mejores condiciones posibles.

**Luis Blázquez Torres**

*Consejero de Economía e Innovación Tecnológica  
Presidente del Consejo de Administración del IMIA*

iMiDRA

## Agradecimientos

Los autores de este libro desean expresar su agradecimiento a todas aquellas personas sin cuya colaboración y apoyo este trabajo no hubiera sido, sin duda, posible:

A todos los apicultores de APISCAM que nos han entregado una muestra de sus mieles, han confiado en nosotros y nos han recibido, contado, enseñado y escuchado en muchas ocasiones. Sin ellos y su trabajo, nada se hubiera logrado. También, especialmente, a los componentes de sus Juntas Directivas desde 1999 hasta la actualidad, por el ánimo, el esfuerzo, la colaboración y la confianza.

A todos los que han aportado, de forma anónima y no por ello menos profesional y dedicada, su ayuda en el trabajo experimental. Especialmente, a Dña. Pilar Fernández Barrios, Técnico Auxiliar de Laboratorio del IMIA, y a las Auxiliares de Investigación (Plan FINNOVA) Dña. María Búrdalo, Dña. Noelia Díaz y Dña. Beatriz Bermúdez.

A los miembros del Panel de Cata de Mieles del IMIA, que semana tras semana han acudido a sesiones de entrenamiento y cata. Gracias por la disponibilidad, por la evaluación y por los comentarios.

A los responsables y coordinadores del Programa Nacional Anual de Medidas de Apoyo a la Apicultura, del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria del Ministerio de Ciencia y Tecnología, por su apoyo, por las reuniones de coordinación y por el interés demostrado. Este trabajo no se hubiera realizado sin los proyectos API98-004-C2-2 (IQOG, CSIC), API 99-015 (IMIA) y API99-016 (IQOG, CSIC) del mencionado Programa, coordinados por diferentes investigadores autores de este libro.

En fin, a todas las personas que han colaborado, de una u otra forma, en que este proyecto haya podido salir adelante, gracias.

Los Autores.



# La Comunidad de Madrid: el medio natural y la actividad apícola

Miriam Guadalix<sup>1</sup> y Cristina de Lorenzo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Licenciada en Ciencias Biológicas. Apicultora.

<sup>2</sup> Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria IMIA

## INTRODUCCIÓN

Aunque al hablar de Madrid es inevitable asociar el nombre al concepto de gran urbe, lo cierto es que el territorio de nuestra Comunidad es asiento de muchas actividades ligadas al medio ambiente y al entorno rural y agrario. Entre ellas, por su carácter respetuoso con el medio, por los excelentes productos que de ella se obtienen, y por su capacidad de fijar población en el medio rural y contribuir al equilibrio territorial, la actividad apícola destaca como sobresaliente. En la actualidad, la apicultura está experimentando un gran auge. Los productos de la colmena son, hoy en día, buscados y apreciados por muchos consumidores. De ellos, sin duda, las mieles son las que más reflejan y encierran el carácter de un determinado territorio, consecuencia de la transformación de compuestos producidos por la flora melífera local, a su vez determinada por las características fisiográficas y climatológicas del terreno.

La flora melífera de un territorio es, estrictamente hablando, el conjunto de especies vegetales que las abejas utilizan en su recolección de néctar. Por extensión, se incluyen también en este término todas aquellas especies que producen polen y/o mielatos (secreciones azucaradas a partir de las cuales las abejas también fabrican miel). Nos extenderemos más sobre las particularidades de los mielatos en los capítulos dedicados a la calidad y al origen de las mieles madrileñas.

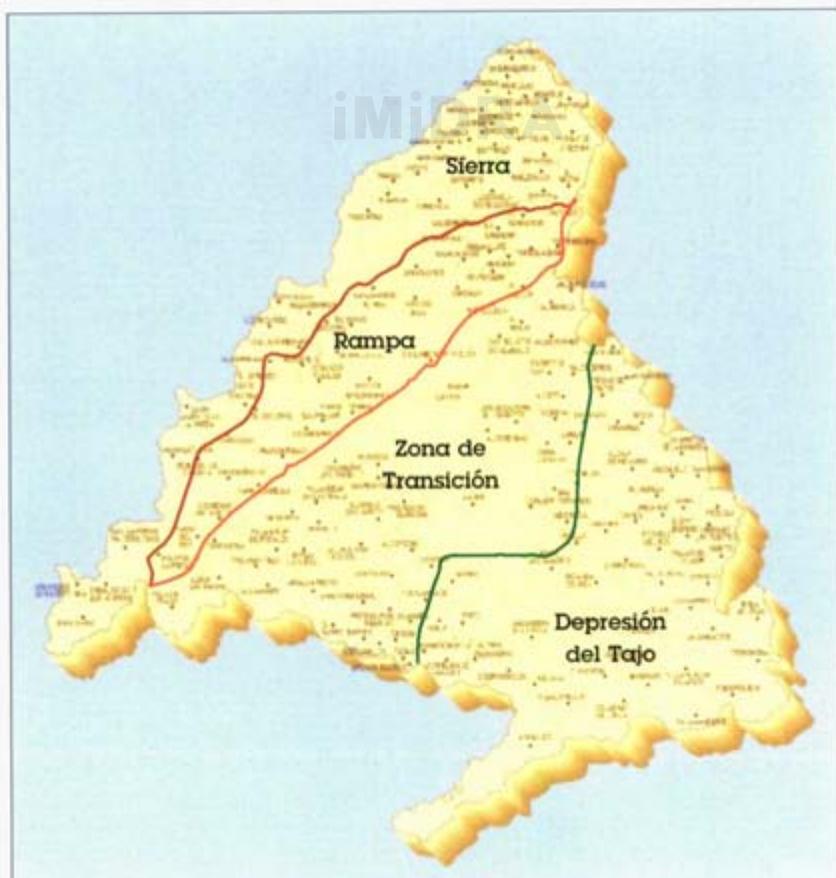
Para los apicultores es de gran importancia conocer la flora melífera de su región. En el Anexo III de este libro ofrecemos información fotográfica y una breve descripción de las que aparecen como principales especies melíferas de la Comunidad de Madrid, según la información obtenida del análisis polínico de ciento diecisiete mieles madrileñas. Creemos que este trabajo, siempre susceptible de mejora, sobre la morfología polínica y el conocimiento botánico de la flora melífera de nuestra Comunidad puede resultar útil para completar el conocimiento y la experiencia de los apicultores madrileños. La identificación de las especies melíferas y el conocimiento de sus fechas de floración permitirá al apicultor instalar y castrar sus colmenas en el lugar y el momento adecuados; la obtención de mieles monoflorales requerirá la presencia de una floración abundante y la dominancia de la especie botánica de que se trate. Y para conocer la flora melífera, hay que echar un vistazo al medio natural madrileño, a sus características térmicas, pluviométricas y fisiográficas, que van a

determinar la presencia de formaciones y asociaciones vegetales determinadas y concretas, bases naturales de las mieles de Madrid.

Por último, facilitaremos unas pinceladas sobre la tradición de la actividad apícola en la Comunidad de Madrid, ligada al medio natural y a la proximidad de una gran ciudad, con sus condicionantes y sus ventajas, con sus producciones, su carácter, sus amenazas y sus esperanzas de futuro.

## LAS CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO DE LA COMUNIDAD DE MADRID

La distribución de las masas de vegetación en la Comunidad de Madrid es la respuesta a su pertenencia a dos grandes unidades fisiográficas: por un lado, la Cordillera Central. Por otra, la Depresión del Tajo. Las montañas de la Cordillera Central constituyen lo que los madrileños llaman "la Sierra". Añadamos a las cumbres las prolongaciones en descenso hacia el Tajo, que se conocen como la Rampa (granito,



Esquema geomorfológico de la Comunidad de Madrid



gneiss). En la Depresión del Tajo están los páramos, llanos y vegas, con calizas, margas y yesos. A esa dicotomía entre cumbre y llanura, roca ácida y básica, cabe añadir los condicionantes de un clima mediterráneo continental, con inviernos rigurosos y veranos extremados ("nueve meses de invierno y tres de infierno", dicen) y, sobre todo, la presión antrópica, la incansable e intensiva actuación humana en la Comunidad de Madrid.

En el territorio madrileño están representados los tres grandes tipos de suelos de la Península Ibérica, que se corresponden con las tres grandes unidades descritas, extendiéndose por fajas de superficie más o menos equivalente, regulares y paralelas. La Sierra, con los terrenos silíceos, los más antiguos de la región; la región central, con arenas y arcillas cuaternarias, y los terrenos calizos del sureste, de origen terciario. Esta combinación de suelos, altitudes, orografías y condicionantes climáticos, lleva a que se diga eso de que Madrid tiene "la cabeza fría y los pies calientes".

Por tanto, el principal rasgo de carácter de la fisiografía madrileña es su contraste: térmico y pluviométrico, geológico, litológico y de relieve: desde el punto más bajo, con 434 metros sobre el nivel del mar, hasta los 2.430 metros de la cumbre más alta. Esta variedad condiciona microclimas y suelos sobre los que se asentarán, lógicamente, muy diversas formaciones vegetales. Y cada una de estas formaciones, a su vez, condicionará y presentará un potencial distinto para la obtención de la Miel de Madrid.

El clima de las cumbres madrileñas se puede calificar como de alta montaña por encima de los 1.600 metros de altitud. Templado-frío perhúmedo, de los 1.600 a los 1.900 metros, y frío por encima de esta cota. No ignoran los montañeros madrileños la dureza y rigurosidad de las cumbres de nuestra región en la temporada invernal. Los sustratos predominantes son los gneiss y los granitos, con menor representación de pizarras y cuarcitas. En las mayores altitudes sólo hay formaciones de matorral: piorno, codeso, jabino, que se aclaran hacia las cumbres para permitir el establecimiento de praderas de tipo alpino, con *Festuca ovina* y *Nardus stricta*.

Entre los 900 y 1600 metros de altura reina un clima mediterráneo con invierno fresco, templado-frío húmedo (en la Sierra) o subhúmedo, con menor aporte pluviométrico, en la Rampa. Aquí parecen los materiales detríticos arenosos y arcillosos. Por último, por debajo de los 900 metros, se acentúa el carácter de aridez, resultando un clima mediterráneo semiárido, todavía con inviernos frescos, reinante en los páramos, cuevas y llanos establecidos sobre sustrato básico (caliza, marga, yeso). Hacia los 1.600 metros la dominancia es del pino albar (*Pinus sylvestris*), con un sotobosque de retama negra (*Sarothamnus vulgaris*) y retama blanca (*Genista florida*). En mayor cota, el piorno (*Cytisus purgans*) y el jabino (*Juniperus communis*).

En la Sierra madrileña hay aproximadamente unas 120.000 Has, distribuidas entre pastizales, masas de matorral y bosque de frondosas y coníferas. Pueden citarse aquí el Parque Natural de Peñalara, el Hayedo de Montejo, los pinares de Navafria, el



Parnos en Lozoyuela

## IMIDRA

valle de Lozoya, los puertos de Rascacría, Canencia y La Morcuera. En el valle del Lozoya, el suelo calizo permite que aparezca el quejigo (*Quercus faginea*).



El paisaje de la Sierra madrileña en el puerto de Canencia: pinos, brezos, retama y cantueso



Descendiendo en altura por la Comunidad de Madrid, se alcanza lo que algunos autores denominan Sierra Centro: unas 100.000 Has de gran diversidad botánica junto con 22.000 Has de coníferas. El valor paisajístico de esta zona es muy alto, con zonas montañosas singulares, de especial belleza, "refugio" de muchos madrileños en tiempo de ocio. Como ejemplos, La Pedriza, el valle de la Fuenfría o El Escorial, además del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares. Este, en su límite sur, llega hasta la Dehesa Boyal de San Sebastián de Los Reyes, ya una "ciudad dormitorio" de la zona metropolitana madrileña. En esta zona media de la Sierra la especie dominante es el rebollo, melojo o marojo (*Quercus pyrenaica*). Las formaciones tienen distinto grado de densidad, y en muchas ocasiones se entremezclan con la encina (*Quercus ilex*) y el fresno (*Fraxinus angustifolia*) en zonas húmedas. Ya en la zona basal de la Sierra la formación más característica es el encinar, tanto en masas como entremezclado, en dehesas, con pastos y cultivos, que ya comienzan a aparecer.

En esta zona de la Sierra Centro aparecen las cuencas de los ríos Guadarrama y Manzanares, el valle de la Barranca, el valle de Miraflores, y tramos de los ríos Alberche, Cofio y Perales. La vegetación arbórea está degradada o perdida, por razón de la dedicación al cultivo, y sólo aparece matorral de retama (*Retama sphaerocarpa*), cantueso (*Lavandula stoechas* ssp. *pectunculata*) y jara (*Cistus ladanifer*). El bosque esclerófilo de encina seguiría siendo la formación característica, de la que el Monte de El Pardo es un representante singular y afortunadamente protegido de la agresión humana.

Por último, las zonas más bajas de la Comunidad de Madrid son los páramos del Sureste de la Comunidad, con unas 42.000 Has. Están surcados por los ríos Henares y Jarama. En sus proximidades hay bosques galería y encinares, con alguna aparición de manchas de quejigo. Los matorrales son de romero, salvia, aulaga. Como ya se ha indicado, en esta zona aparecen los sustratos yesíferos y margo-yesíferos, en cuevas y superficies onduladas y erosionadas. Surgen las vegas del Tajo, del Jarama, del Henares y del Tajuña. Los matorrales son de garriga, o decididamente gipsícolas. Aún queda alguna mancha de encina y unos escasos representantes de pino.

## LAS FORMACIONES VEGETALES

Únicamente vamos a hacer una breve mención a las formaciones vegetales que consideramos de mayor valor melífero, a tenor de los resultados obtenidos tras la caracterización de las mieles madrileñas realizada en el IMIA. No es posible, en este apartado, ordenar las descripciones por su altitud de aparición, por lo que se ha elegido la descripción conjunta de grandes grupos vegetales: pastizales, matorrales, encinares y robledales, con comentarios sobre las principales especies melíferas y mención a las acompañantes. No consideramos de interés hablar sobre los principales cultivos de la Comunidad de Madrid, ya que su valor melífero es escaso, por no decir nulo.

**Los pastizales.** Aparecen preferentemente en las zonas de Sierra y pre-Sierra, y se establecen –aunque lógicamente con características diferentes– desde las zonas basales

hasta las cumbres. Precisamente es en las zonas de cumbre, en los puertos, donde el pastizal constituye el estado "natural" o climácico de la vegetación, pues aparecen factores limitantes para el establecimiento de especies más exigentes, sean pendientes, factores tróficos o temperaturas. Destaquemos la presencia de los tréboles como plantas potencialmente melíferas (*Trifolium repens*, *Trifolium campestre*, *Trifolium pratense*).



Tréboles en pastizales de altitud en la Comunidad de Madrid: Puertos de Somosierra y Canencia

En la zona de transición de las arcosas se encuentran pastos, ganados a las zonas de encinar, en áreas de suave orografía y en las que se puede encontrar también el matorral de cantueso y tomillo. En general, tienen estos pastos un carácter oligotrófico y xerofítico. Aparte de las especies de monocotiledóneas, entran en la composición de estos pastizales el cardo corredor (*Eryngium campestre*) y la viboreta (*Echium vulgare*). En zonas algo más húmedas y mesotróficas, más ricas, comienzan a aparecer los tréboles (*Trifolium cernuum*), juncos (*Scirpus holoschoenus*) y otras.

En la superficie del pedimento de la Sierra, sobre gneiss y granito, aparecen pastos de escaso valor para el ganado, en zonas con mucha roca aflorada. La antigua cubierta de encina se reduce a unos pocos ejemplares, y los brotes subarborescentes de la misma se mezclan con el matorral, poco denso en cualquier caso, de cantueso (*Lavandula stoechas* ssp. *pedunculata*) y mejorana (*Thymus mastichina*). En el pasto se encuentran monocotiledóneas y especies melíferas como *Echium vulgare* (viboreta, chupamieles), *Carlina vulgaris* (tipo de cardo), o representantes de los tréboles como *Trifolium campestre*. En lugares de mayor altitud, o más umbríos, aparece el rebollo: *Quercus pyrenaica*, que sustituye a la encina. Con él hay tomillo salsero (*Thymus zygis*) y santolina (*Santolina rosmarinifolia*); en el prado, junto con una variada gama de monocotiledóneas, se diversifican aún más los tréboles (*Trifolium angustifolium*, *Trifolium pratense*, *Trifolium subterraneum*, otros) y otras leguminosas (*Vicia* sp.). En las mejores zonas se completan con representantes de los géneros *Anthyllis*, *Asphodelus* (*Asphodelus albus*, gamón), *Juncus*, *Lotus*, *Plantago*, *Rumex*, *Vulpia*, *Eryngium* (*Eryngium campestre*, cardo corredor) y nuevos tréboles: *Trifolium repens* y *Trifolium hirtum*.

En Madrid aparecen también pastos sobre sustratos calizos: en Torrelaguna, Guadalupe de la Sierra, El Molar, Villanueva del Pardillo. Zonas éstas de gran actividad apícola y cuyas mieles han sido estudiadas en el IMIA. Son pastizales poco "fáciles" para el ganado, salpicados de abundantes especies leñosas como el espliego (*Lavandula*



La viborera o chupamieles (*Echium* sp.) y el jaramago (*Diplotaxis virgata*) tiñen los campos de morado y amarillo en muchas primaveras madrileñas

*latifolia*), la culaga de intenso color amarillo (*Genista scorpius*), el tomillo (*Thymus vulgaris*)... y en la composición del manto herbáceo se introducen especies tales como los géneros *Medicago* y *Onobrychis*.

**Los matorrales.** En general puede decirse que la vegetación de matorral no constituye el "óptimo" de la vegetación natural: no es aquel sistema que podría desarrollarse explotando eficientemente los recursos de una determinada zona. Antes al contrario, su presencia suele indicar un grado más o menos acusado de degradación, debida, fundamentalmente, a una negativa actuación humana sobre las masas de arbolado. Alcanzan la condición de "óptimos" o climácicos cuando el medio presenta condicionantes insalvables: la altitud, por su efecto sobre el clima y, más concretamente, sobre la temperatura; el suelo, por la reacción ácido-básica del mismo y su influencia sobre la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, además de su profundidad, pendiente y orientación.

Las superficies de matorral se caracterizan por el dominio de especies pertenecientes a unas pocas familias: Labiadas, Cistáceas, Papilionáceas y Ericáceas. Tenemos aquí, salvo la excepción de la familia Rosáceas, la más nutrida representación de la flora melífera madrileña.

Comenzando por las Labiadas, familia de extraordinario valor melífero, podemos diferenciar los matorrales de sus representantes según se establezcan sobre sustratos básicos o ácidos. Sobre los primeros aparece una gran diversidad botánica y no suele haber especies dominantes; citemos la salvia (*Salvia lavandulifolia*), el tomillo (*Thymus* sp.), el espliego (*Lavandula latifolia*) y el romero (*Rosmarinus officinalis*). Aparecen sobre los sustratos calizos del sur y este de la Comunidad de Madrid. Sobre los sustratos ácidos aparecen, como especies dominantes, el cantueso (*Lavandula stoechas* ssp. *pedunculata*) y los tomillos, la mejorana (*Thymus mastichina*) y el saiero (*Thymus zygis*). Con ellos, a veces, la santolina (*Santolina rosmarinifolia*), y una cistácea: la alcayuela (*Halimium ocymoides*).

Las cistáceas constituyen los jarales, enormes extensiones representativas, sin duda, de la sierra madrileña. El peculiar aroma de la jara pingosa (*Cistus ladanifer*) es ta-



*Cantueso, romero y alcayuela en Miraflores, El Atazar y Aozlos.*

miliar para cualquier madrileño que salga al campo en primavera. Ocupan estos matorrales cerca de 25.000 Has. en la Rampa y laderas de la Sierra. Son indicadores de la regresión en etapas ya avanzadas, superiores a la de aparición de los matorrales de leguminosas. Sustituyen a los bosques de encina y rebollo, y proliferan tras los incendios forestales. Las principales especies son la jara pingosa (*Cistus ladanifer*) en zonas de menor altitud (650-1.400 metros) y la jara estepa (*Cistus laurifolius*) entre los 900 y 1.900 metros. Pueden ser matorrales muy densos y dejan poco lugar para la coexistencia de otras especies.



*Cistus ladanifer en El Berrueco. Las grandes flores blancas y manchadas de la jara pingosa, junto con su aroma característico, son un emblema de la "sierra" para muchos madrileños*

Las Papilionáceas o Leguminosas forman los matorrales correspondientes, como ya se ha indicado, a las primeras etapas de degradación. Desde las zonas de menor a mayor altitud, encontramos los retamares de *Retama sphaerocarpa* o retama de bolas, unas 22.000 Has sobre la Rampa y sobre las arcosas de transición. Más arriba, aunque todavía sobre la Rampa, aparecen los escobonales de retama negra (*Scorothamnus vulgaris*), la hiniesta (*Genista cinerea*), el cambroño o codeso (*Adenocarpus hispanicus*) y la retama blanca (*Genista florida*). Aparecen con la encina y el roble melojo, y aún con el haya, ocupando unas 8.000 Has en la Comunidad de Madrid. Por último, al superar el límite de las especies arbóreas, y ya como matorral climácico, aparecen el el piorno (*Cytisus purgans*) y el jabilino (*Juniperus communis*).

Por último, los brezales ocupan unas 1.000 Has, dando lugar a formaciones densas y estables que se establecen al norte y este de la Comunidad de Madrid; no es, por tanto, sorprendente, que sean los municipios de esta zona (Prádena del Rincón, La Hiruela, El Atazar, Montejo...) los productores de miel de brezo en nuestra Comunidad, tal como se verá en capítulos sucesivos. Los brezos son típicos colonizadores de claros de bosques originados por la tala. Las especies dominantes son, sin duda, el brezo blanco (*Erica arborea*) y, en menor medida, el brezo rojo (*Erica australis*). Su degradación viene marcada por la aparición del biércol o brecina (*Calluna vulgaris*), de no muy frecuente aparición en la Sierra ni en las mieles de Madrid.

**Los encinares.** Sin duda la encina (*Quercus ilex*) se ve favorecida en su establecimiento en el medio físico madrileño, por la plasticidad o capacidad de adaptación ecológica de la especie. En efecto, su área potencial abarca la Depresión del Tajo, una importante fracción de la Rampa y algo de la prolongación de ésta hacia la Sierra. Sin embargo, hoy en día ronda las 70.000 Has, muy por debajo de su potencialidad y gracias, una vez más, a la intensa acción humana. Tanto por los cultivos, como por la extensión de las áreas residenciales y de segundas viviendas, como por la intensa repoblación forestal únicamente basada en el pino. No es así posible encontrar en Madrid encinares climácicos, sino sólo algunas extensiones en las que la degradación no ha prosperado en exceso, por olvido de la zona o por recuperación y protección de la misma. A estos encinares, con sus distintas etapas de degradación, les acompañan los correspondientes representantes de la serie: matorral de retama, jara pingosa, escoba negra, tomillos y cantueso sobre suelo ácido, o coscoja y matorral basófilo sobre las calizas y margas.

**Los robledales.** Entre las especies de robles de la Comunidad de Madrid destaca el quejigo (*Quercus faginea*) sobre sustrato calizo, y el rebollo (*Quercus pyrenaica*) sobre el ácido. En algunos casos aparecen representantes de roble albar (*Quercus petraea*). El quejigo se encuentra entre los ríos Henares y Tajo y en pequeños enclaves en el norte-noreste de la provincia. En cualquier caso, en masas arbóreas bastante mezcladas y con poca extensión (1.000-1.500 Has). Respecto al rebollo o melojo, su distribución se mezcla con la de pinos como el *Pinus pinaster* y el *Pinus sylvestris*, desde los 1.700 metros, sobre la Sierra, hasta la Rampa. Es -ha sido- objeto de explotación intensiva para leña, lo que ha dado origen a numerosos rebrotes de raíz y, por consiguiente, a masas densas de árboles finos que, cuando menos, con-



*La característica floración masculina, en amentos colgantes, de una encina en primavera*

trolan la erosión. Ha sufrido también el rebollo la mencionada política de repoblación forestal, en sus áreas naturales, a base de pino. Actualmente ocupa unas 23.000 Has y su abundante producción de polen hace que éste se observe frecuentemente en la miel de Madrid. Como la encina, el roble melojo es un productor de mielatos, diferentes de los mielatos de los bosques centroeuropeos de coníferas y cuyas características físico-químicas y las que confieren a la miel que de ellos se derivan son, actualmente, objeto de investigación activa en el IMIA.

## LA ACTIVIDAD APÍCOLA EN LA COMUNIDAD DE MADRID

**Un poco de historia.** Una vez pasada revista al aspecto y características del medio natural madrileño, base de la actividad apícola, intentemos resumir qué es la apicultura y cuales son sus características en la Comunidad de Madrid. La apicultura es la ciencia –y el arte– de criar abejas, bien para aprovechar los productos de la colmena (miel, cera, jalea real, polen, propóleo), o para utilizarlas en la polinización de los cultivos. También hay otros tipos de apicultura: la ciencia que estudia a estos insectos, su orden social y su interacción con las plantas, o la que se dedica a la obtención de híbridos, o la apicultura lúdica que se dedica a su observación y manejo.

Sin duda es una de las actividades más antiguas de las que se tiene noticia, con testimonios paleolíticos sobre el arte de obtener miel, pasando por las grandes culturas tradicionales: la egipcia, la china, la persa... en todas se pueden hallar datos y recetas sobre la práctica de la apicultura y el uso de los productos de la colmena. En

Grecia, en la época imperial romana, en el medievo, en la dominación árabe de la Península... en todo momento se ha prestado especial atención al manejo y estudio de estos peculiares "ganados". En el siglo XIII ya se recogen en una obra escrita los conocimientos de los colmeneros españoles, que distinguían a la reina y sabían de sus puestas de huevos. Fue un español, Luis Méndez de Torres, quien publicaría el primer libro del mundo dedicado exclusivamente a las abejas, en 1586.



También fueron los españoles los que llevaron la abeja melífera al continente americano. En la cultura maya se poseían conocimientos sobre apicultura, usando abejas nativas de Sudamérica: la introducción de la mucho más dócil *Apis mellifera* resultó muy atractiva por los nativos, pues era resistente, se reprodujo con facilidad y daba grandes producciones de miel. El cruce experimentado se resume en decir que, hoy en día, México es uno de los primeros países productores y exportadores de miel del mundo.

En Europa, la aparición del microscopio en el siglo XVII conllevó el auge de la apicultura, con grandes descubrimientos en el siglo siguiente. Por último, en el XIX aparecieron las primeras colmenas con marcos o cuadros móviles o extraíbles. Hasta entonces, para obtener la miel, se asfixiaba a la colonia.

Así empiezan a aparecer diferencias entre los tipos de apicultura: en la colmena de panales móviles, los cuadros pueden extraerse: este cuadro consta de un marco de madera donde las abejas crean el panal. Se puede sacar y devolver los panales a la colmena uno a uno, sea para observar o sea para extraer la miel. Cuando la colmena está en un cesto, o en un tronco hueco, como sigue ocurriendo en muchos tipos de apicultura en países menos desarrollados, los panales quedan "fijados" a las paredes y techos del recipiente y, lógicamente, no es posible su extracción individualizada. A este tipo de colmena se le denomina "fijista" (corcho, vaso,...). Luego vinieron otras mejoras: el uso de cuadros con laminillas de ceras preformadas que ahorran a las abejas el esfuerzo de fabricar la cera, o la extracción de miel por el sistema de centrifugación de los cuadros. El rendimiento de las colmenas movilizadas es siempre más alto, pues se puede ayudar a la colonia en el momento en que ésta lo precise.

Las colmenas de panales extraíbles originaron una gran diversidad de tipos de colmena, según la forma, las dimensiones y la disposición de los cuadros. Hoy en día se tiende a la normalización. En España, actualmente, se usan dos tipos de colmenas: la denominada Perfección y la Layens. Esta última es de desarrollo horizontal, más compacta y manejable, y por ello se adapta mejor al traslado o trashumancia. Hay autores que, en contrapartida, la citan como más problemática para el manejo y la sanidad.



*Izquierda: Una antigua colmena fija o "corcho", en exhibición en un taller apícola en un colegio madrileño.*

*Derecha: Vista superior de una colmena de cuadros móviles o extraíbles.*

*(Cortesía M.L. Marcos)*

En la Comunidad de Madrid se usan también las mencionadas colmenas. Según datos recogidos en el IMIA, los porcentajes de utilización de las mismas entre los apicultores colaboradores de la investigación en miel son los siguientes: Perfección (tipo Langstroth), 68%; Layens, 20 %; otras (Dadant Industrial), 12 %. El mayor porcentaje de las Perfección, colmenas de desarrollo vertical, se debe a que en Madrid no es frecuente la práctica de la trashumancia apícola.

Ya se ha mencionado la trashumancia de colmenas. La explotación apícola es, en este caso, siempre "movilista". Es decir, hace uso de colmenas con cuadros móviles, en el mejor sentido de la apicultura moderna. La trashumancia supone el traslado de las colmenas de una a otra zona, generalmente de una a otra comunidad autónoma, buscando una sucesión de floraciones melíferas silvestres, o aprovechar la de un determinado cultivo e incluso colaborar en su polinización, hecho éste por el que los apicultores tienen derecho a remuneración. Cuando la trashumancia o traslado de colmenas se hace en menores distancias, dentro de un territorio como, por ejemplo, la Comunidad de Madrid, se habla, entre los apicultores, de "transmitancia". Las explotaciones trashumantes suelen empezar la temporada en las zonas más cálidas, de floraciones más tempranas, para ir ascendiendo progresivamente en altitud. Los traslados se hacen actualmente en camiones y, como ya se ha comentado, la colmena Layens es la "reina" para este tipo de manejo.



Colmenas en un romeral: El Atazar, Abril 2002

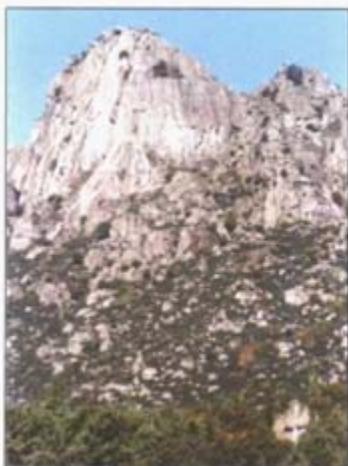
**La apicultura en España y en la Comunidad de Madrid.** La apicultura, como otras actividades, experimentó un importante desarrollo a partir de la crisis del petróleo de 1973. Muchas personas adoptaron esta actividad semilúdica como profesión. En España existen entre 1.6 y 1.8 millones de colmenas censadas, la mayoría de ellas movilizadas, con una producción aproximada de unas 30.000 Tm anuales de miel. El mayor número de colonias está en el este (Valencia) y en el Sur-Centro (Andalucía y Extremadura).

Hasta 1979 España era un país claramente exportador de miel. Sin embargo, los precios enormemente competitivos de países como Argentina motivaron a ciertas empresas, especialmente a las muy importantes turroneiras, a comenzar a adquirir miel fuera de nuestras fronteras. Hoy en día seguimos exportando, pero ahora importamos más. En efecto, y por citar los últimos datos, durante el año 2001 aumentaron tanto las importaciones como las exportaciones de miel a nivel nacional. Lamentablemente, las importaciones lo hicieron en un 27% con respecto al año 2000, mientras que las exportaciones lo hicieron sólo en un 20%. La mayor importación se realizó en el mes de Junio y, en menor medida, en Julio. Las compras de miel china fueron en estos casos las mayoritarias, con una cifra cercana al 63% de la miel importada. A continuación se sitúan Argentina, Cuba, Uruguay y México.

Respecto a nuestras exportaciones, los meses de mejores cifras fueron Julio y Octubre, por la disponibilidad tras las cosechas de primavera y de verano. Un 72% de las exportaciones de miel española se dirige sólo a seis países de la Unión Europea.

Naturalmente, estas grandes cifras del comercio nacional de miel, especialmente en lo referente a las importaciones, vienen determinadas por la adquisición de producto para su uso en otros preparados (turrone, confitería, pastelería), o para su venta directa tras un tratamiento industrial (mezcla, pasterización, tratamientos de granulación inducida, cremosidad... etc), buscando una oferta estandarizada y homogénea para el consumidor. Ciertamente, las multinacionales aparecen como una amenaza para el apicultor artesano, como ocurre en tantos otros sectores. La oferta de estas multinacionales marca la política de precios, estandariza la oferta, minimiza la variedad y consigue el mercado de los grandes centros de consumo (como Madrid), a partir de una estructura de costes muy competitiva y de fuertes inversiones en marketing. La defensa de las mieles españolas frente a estos volúmenes de importación debe venir, sin duda, de la mano de una apuesta por su calidad y tipicidad. Este es sin duda el caso de la Comunidad de Madrid.

Desearíamos decir que la apicultura en Madrid ha experimentado un auge paralelo al del sector nacional. Sin embargo, aunque en Madrid se produce miel, y de buena calidad, y con rendimientos no excesivamente bajos, en general en nuestra Comunidad se carece de un sector apícola profesional. La miel de Madrid reviste las características mencionadas de nuestra fisiografía y desequilibrio territorial, y la gran parte



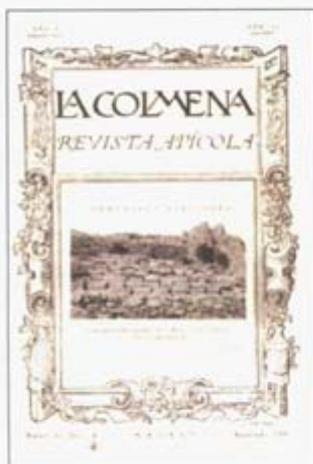
de nuestros apicultores lo son sólo a tiempo parcial, como actividad casi lúdica. Los colmenares se instalan, en muchos casos, en zonas de sierra y presierra, revistiendo la miel madrileña características de bosque y montaña reflejadas en colores oscuros y notas de acidez y amargor. Otras veces, de la campiña, se obtienen mieles de labiadas de rápida cristalización. En todo caso, muy diferentes de las mieles pasterizadas, doradas y fluidas. Las mieles de Madrid todavía carecen, en la mayoría de los casos, de una figura de protección de su calidad.

Y es que, aunque Madrid no sea conocida por su miel, en la Comunidad existe una tradición apícola muy importante. Y como muestra, no hay más que referirse a municipios como Colmenar Viejo,

Colmenar de Oreja, Colmenar de Arroyo, Colmenarejo, Colmenar de la Sierra o el Pico de la Miel de la Sierra de La Cabrera. La variedad de mieles que se obtienen (ver el capítulo IX) reflejan la variedad de la fisiografía, el clima y la vegetación madrileñas. Desde la campiña hasta la sierra, desde el romero hasta el brezo, desde la multifloral hasta el mielato. A la izquierda, el Pico de la Miel en la Sierra de La Cabrera.



La piquera de una colmena.



La tradición apícola en la Comunidad de Madrid se refleja también en figuras como la de D. Narciso José de Liñán y Heredia, Director de la Escuela de Apicultura "Mendicoechea", que estuvo establecida en Miraflores de la Sierra, y fundador de la revista de apicultura "La Colmena", una de cuyas portadas de 1927 reproducimos.

En nuestra Comunidad se dan cita dos factores muy importantes a la hora de comprender la situación y perspectivas de la apicultura madrileña. Por un lado, la presencia de un enorme centro de consumo, de elevado nivel de vida, con consumidores cada vez más preocupados y aficionados a los productos de escasa manipulación, típicos, diferenciados y diferenciables.

Por otro, el hecho mencionado de que la apicultura en Madrid reviste, fundamentalmente, un carácter de "hobby". Las producciones que se obtienen no son, a título individual, muy grandes. Los apicultores suelen vender directamente a clientes tradicionales, o vía pequeños centros de distribución como herbolarios o tiendas de "delicatessen". Con la excepción de algunas (aproximadamente seis) marcas de miel madrileña con mayor volumen comercial y capacidad de distribución, las mieles madrileñas son, en su mayoría, completamente artesanales. Son negocios familiares o pasatiempos rentables de aficionados a la naturaleza, desde la instalación y manejo del colmenar hasta la ausencia de tratamientos industriales. Y son de calidad. Su mayor implantación y presencia en el comercio madrileño debe venir acompañada de:

- Su tipificación, descubriendo al consumidor mieles aquí tan poco conocidas como la de viborera o la de zarza, por no hablar de los mielatos y mezclas.
- Un estudio de su Calidad y Seguridad, que incluya la vigilancia de los parámetros de la Norma de Calidad (nueva Norma: Directiva 2001/110/CE del Consejo de 20 de Diciembre de 2001 relativa a la miel), algunos otros que todavía no se utilizan como los enzimáticos, y la garantía de la ausencia de microorganismos como *Clostridium botulinum* y residuos de tratamientos del colmenar, y
- Acciones de difusión y presentación de las mieles madrileñas, como la inclusión de una nota de cata en la etiqueta, los concursos de cata de miel, la organización de Jornadas y otros actos de difusión. Así, en Agosto de 2001 se celebró una Primera Jornada de la Miel de Madrid en Torremocha del Jarama, con un concurso de cata, degustación de platos como las migas con miel, venta directa, talleres infantiles y conferencias especializadas. En estas acciones el sector apicultor de la Comunidad de Madrid cuenta con el apoyo de la Administración autonómica y, por supuesto, con los resultados de la investigación que se realiza en el IMIA desde 1999.

El esfuerzo económico y la capacidad de movilización que supone el reto de dotar a la apicultura madrileña de un carácter más profesional debe venir fundamentado en el asociacionismo. La Asociación de Apicultores de la Sierra Norte de Madrid (APIS-CAM), que reúne a unos 90 apicultores, está realizando un gran esfuerzo para la tipificación y difusión del conocimiento de la miel madrileña. Desde la contratación de servicios de análisis, la organización de cursos, seminarios y jornadas, hasta iniciativas personales de acercamiento al mundo de la miel y la apicultura para los escolares de los colegios madrileños.

La apicultura artesanal madrileña, como la de Galicia, Asturias o Cantabria, se caracteriza por la presencia de explotaciones fijistas. Es decir, los colmenares se instalan en los lugares que el apicultor estima idóneos para su propósito y manejo, y, en general, no se mueven. No hay muchos apicultores en Madrid que realicen trashumancia para aprovechar diferentes floraciones, como en Valencia, Extremadura, Cataluña o Andalucía. La realización de la trashumancia implica, por un lado, un cierto conocimiento de las zonas y fechas de las floraciones de interés melífero y, por otro, un esfuerzo físico y/o económico en el transporte de los colmenares a bordo de camiones. Esfuerzo este, que sin duda, se entiende e inscribe en el ámbito de una apicultura mucho más profesional que la madrileña.

Según un artículo publicado en 1993, en la Comunidad de Madrid hay asentamientos apícolas en 88 términos municipales, destacando los siguientes por el número de colmenas censadas: Villa del Prado, Navas del Rey y Colmenar Viejo. Dentro del mencionado carácter general de hobby, en Madrid pueden distinguirse dos zonas apícolas:



- La del norte y este, con marcado carácter de actividad complementaria. El número medio de colmenas por apicultor se sitúa en torno a 35.
- La del oeste, con carácter mucho más profesional. El número medio de colmenas por apicultor se dobla, situándose en torno a 70.

Según los datos del Anuario de Estadística Agraria de 1996, en Madrid existían 5.500 colmenas movilizadas y 7.500 colmenas fijistas, que produjeron 185.000 kilos de miel. El rendimiento de las movilizadas dobló al de las fijistas. Por tanto, el rendimiento medio

por colmena en la Comunidad de Madrid se situó en los 14,2 kilos (datos año 1996), algo por debajo de la media nacional, que se cifró en 14,7 kilos. Sin embargo, si tenemos en cuenta que la gran mayoría de las explotaciones son de carácter fijista, y el menor rendimiento de éstas con respecto a las trashumantes, las cifras son aceptables y hablan a favor del buen hacer de los apicultores madrileños.



En la Sierra madrileña es fácil encontrarse con avisos como éste

IMI DRA

#### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- López Lillo, A. (1996). *La Naturaleza en Madrid*. Consejería de Medio Ambiente, Comunidad de Madrid.
- *Mapa de Formaciones Vegetales y Usos Actuales del Suelo de Madrid*. (1984). Consejería de Agricultura y Ganadería, Comunidad de Madrid.
- Revista "Vida Apícola", Montagud Editores, números 101-113
- Revista "Madrid También es Campo", Consejería de Economía, Comunidad de Madrid.



# 2 El Origen, la Calidad y la Frescura de la miel: la interpretación de un análisis

M<sup>a</sup> Montserrat González

Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria IMIA

## INTRODUCCIÓN

La importancia de la miel como alimento va unida desde tiempos inmemorables a un símbolo tradicional de riqueza y dulzura. Mezcla de conocimiento y de sabiduría la miel representaba el brebaje de los dioses del Olimpo, el alimento reservado a los elegidos, los seres de excepción. Su perfección organoléptica la convierte en el elemento esencial de numerosos rituales religiosos. Para los egipcios la miel provenía de las lágrimas del dios Ra y, como tal, formaba parte de las ofrendas religiosas del Egipto faraónico; el Corán la menciona como el primer beneficio que Dios ofreció a la Tierra. En el pensamiento psicoanalítico moderno (discípulos de Freud) la miel simboliza el *yo superior*, y haciendo uso de connotaciones metafóricas asemeja la transformación del néctar en alimento con la integración del hombre en su propia cultura, y garantiza la existencia de un paralelismo entre nuestra sociedad y la constituida por la *Apis mellifera*, con su polimorfismo de individuos: la reina, el zángano, la obrera, la obrera ponedora y el zángano de segunda generación. Por su miel la abeja es emblema de poder.

*Nada recuerda al alma como una abeja  
Ella va de flor en flor como el alma de estrella en estrella  
Nos da la miel como el alma nos otorga la luz*

Victor Hugo

No cabe duda de que allá donde alcanza la memoria del hombre existe una simbología asociada a la miel. Su éxito es atribuible a varias causas: una de ellas, mitológica e incierta, asocia su tonalidad al brillo y esplendor del oro; la otra, mucho más realista y a la vez compleja, encuentra una vinculación entre el consumo de miel y la salud, como veremos en el capítulo 3. La miel es una compleja mezcla de compuestos, entre los que se incluyen enzimas y ácidos orgánicos, que le confieren determinadas propiedades antibióticas. De hecho, en los últimos años existe una fuerte controversia entre los científicos que consideran la miel como un mero producto gustativo y aquellos que la clasifican dentro del grupo de los alimentos nutracéuticos. Con toda probabilidad este alimento se encuentre a caballo entre ambas acepciones, muy inclinado hacia una u otra dependiendo de su origen botánico, la procedencia geográfica, sus propiedades organolépticas y las técnicas de extracción, procesado y almacenamiento.

Por todo ello resulta esencial abordar un estudio cualitativo de la miel de Madrid, conocer de qué manera los parámetros físico-químicos, ya sea de forma individual o interrelacionados, nos ayudan a discriminar entre las mieles de néctar y los mielatos y cómo las propiedades bioquímicas nos permiten conocer su grado de frescura (tiempo acaecido desde su recolección), detectar posibles adulteraciones o la posibilidad de que hayan sido expuestas a algún tratamiento térmico o a fuentes de luz o calor del todo indeseables. En último lugar, el estudio de su composición nos permite sentar las bases de una clasificación tipológica de interés para el consumidor, cada vez más preocupado en adquirir productos de calidad pero acorde a sus preferencias personales, ya sean nutritivas, terapéuticas, sensoriales o simplemente culturales.

## PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA MIEL DE MADRID: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA.

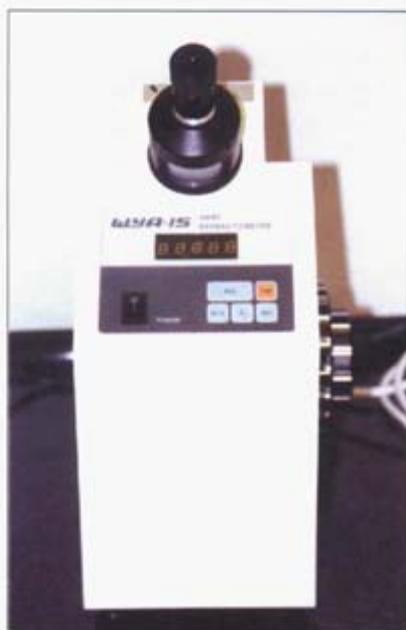
### Definición y técnicas de valoración

#### La Humedad

El contenido en agua de la miel está directamente relacionado con el origen floral, la localización geográfica, las condiciones climatológicas (temperatura, humedad ambiental, evapotranspiración) y edáficas (tipo de suelo y disposición de los perfiles), la estación del año, la humedad original del néctar y el grado de maduración de la colmena. La humedad es un parámetro definitorio de calidad en tanto en cuanto condiciona la cristalización e indirectamente la fermentación; de hecho su higroscopicidad favorece la captación del agua medioambiental a través de su capa superior, lográndose un equilibrio con la humedad exterior (White, 1975). De ahí que las mieles almacenadas en lugares húmedos presenten un contenido acuoso mayor, aumentando su susceptibilidad hacia un ataque microbiano. Igualmente el contenido en agua afecta a las propiedades organolépticas (color, sabor, palatabilidad), peso específico, solubilidad y en consecuencia a su valor económico en el mercado.

El agua es un componente que llega a la colmena integrado en el néctar y es reducido por las abejas en el proceso de maduración. En los panales de cera operculados el contenido acuoso oscila entre un 17-18%, sin embargo es posible encontrar mieles operculadas con un 15% de humedad y otras con un 23%. La cifra varía en función de la zona geográfica y su climatología. Tras la desoperculación el contenido en agua suele oscilar entre el 13-25% (Simal *et al.*, 1983). En zonas tropicales este valor puede superarse por la propia incapacidad de las abejas para actuar en condiciones de alta humedad atmosférica (Ortiz *et al.*, 1996).

Para una buena conservación del producto el contenido ideal se sitúa entre el 17-18%. La Legislación española admite un máximo del 20%, a excepción de la miel de calluna, poseedora de una proteína que favorece la retención de agua, y que le permite alcanzar hasta un 23%. Sin embargo, por encima del 18% se incrementa el riesgo de fermentación, dado que la presión osmótica no resulta suficiente para evitar



Refractómetro digital

la proliferación de levaduras osmófilas. Por encima del 20% la calidad sensorial desciende apreciándose notables cambios en la densidad y la viscosidad del producto.

Para conocer el contenido de humedad de las mieles de Madrid hemos seguido la metodología BOE (1986): valoración del índice de refracción a 20°C y obtención del contenido acuoso por comparación con las tablas estandarizadas de Chataway.

### pH, acidez libre, acidez láctica y acidez total

La miel presenta una reacción ácida característica condicionada por el contenido en ácidos orgánicos y en sales minerales (en especial K, Na y Ca). Sin embargo, su apreciación sensorial queda en segundo plano, enmascarada por el dulzor de sus componentes ma-

yoritarios, los carbohidratos (Piana *et al.*, 1989). La medida de pH nos permite conocer la denominada *acidez actual* de la miel, que junto al contenido en azúcares nos proporciona una medida de su susceptibilidad a ataques microbiológicos. Su caracterización, por tanto, resulta de máximo interés durante los procesos de extracción y almacenamiento, no sólo por su influencia sobre el desarrollo microbiano y el contenido enzimático, sino por su capacidad para alterar las propiedades físicas y reológicas de la miel, su textura, la viscosidad o su resistencia a las agresiones externas.

El valor de pH de una miel en disolución se sitúa normalmente entre 3,5 y 4,5 (Louvecux, 1985; Jeáñne, 1993), con valores inferiores a 4,0 para las mieles de néctar y superiores a esta cifra para los mielatos. Una miel de alta reactividad (pH ~ 3,5) suele ser más frágil que aquellas con pH cercano a 5,0. En condiciones ideales de almacenamiento (temperatura óptima y ausencia de luz), el pH se comporta como un parámetro muy estable, apreciándose una muy ligera tendencia al descenso con el tiempo.

La composición cuali- y cuantitativa de la fracción ácida de la miel es muy variable y va unida al doble origen animal-vegetal del producto. Antiguamente era atribuible al ácido fórmico adicionado por la abeja durante la operculación de las celdillas. Hoy en día se ha puesto de manifiesto la existencia de numerosos ácidos orgánicos. De ellos, el glucónico es el mayoritario y se origina a partir de la glucosa, por acción de la enzima glucosa-oxidasa; otros, como el acético, fórmico, butírico, cítrico, málico, oxálico o succínico deben su presencia al mayor o menor contenido orgánico en el material vegetal libado por la abeja. En la miel pueden distinguirse tres



tipos de acidez: libre, láctónica y total. La primera nos da una idea del contenido en ácidos orgánicos del producto, que se encuentran en equilibrio con sus lactonas y con algunos iones inorgánicos (fosfatos, sulfatos, cloruros y nitratos) cuyos ácidos también están presentes en la miel. Por ello la *acidez láctónica* puede ser considerada como una *reserva* de acidez y, haciendo gala de las propiedades termodinámicas más básicas, el equilibrio químico se desplaza hacia la formación de ácidos cuando la miel se alcaliniza. Las lactonas están constituidas básicamente por glucolactonas que se hallan en equilibrio con el ácido glucónico (Graça, 1987). La acidez total es la suma de ambas: libre y láctónica; la Legislación española admite un máximo de 40 meq/Kg. La nueva propuesta de parámetros de Calidad para la Miel de la International Honey Commission (IHC) eleva este valor admisible hasta los 50 meq/Kg. Resulta necesario citar un valor máximo dado que la acción microbiana ocasiona un incremento de la acidez como consecuencia de la fermentación de los azúcares y su transformación en ácidos; no obstante, existen mieles recién extraídas que superaban el límite legal sin que ello representara problemas de conservación y/o fermentación (Sanz *et al.*, 1994; Estupiñán *et al.*, 1998). Esta es una de las razones de la nueva propuesta de acidez máxima.

Ambos tipos de acidez, libre y láctónica, aumentan durante el envejecimiento, pero ello no parece ser un aspecto relacionado con el pH. La explicación puede residir en la formación natural de disoluciones tampón que amortiguan el valor de la acidez actual. Para la determinación de estos valores en las mieles de Madrid se han seguido los Métodos Oficiales (BOE, 1986): valoración de pH en una disolución 10g miel/75 mL agua destilada exenta de CO<sub>2</sub>, y medida de la acidez libre por valoración con NaOH hasta pH 8,5. La acidez láctónica se ha cuantificado por titulación de retroceso hasta pH 8,3, tras añadir un exceso de 10 mL de base.

### Conductividad eléctrica (C.E.), cenizas y elementos minerales

La capacidad de la miel para conducir la corriente eléctrica se debe a la presencia de sales minerales, ácidos orgánicos, proteínas, azúcares y polioles (Crane, 1975). Se trata de un valor estable que apenas se modifica durante el almacenamiento. En general, existe una elevada correlación entre el contenido de cenizas y la conductividad eléctrica (en el caso de las mieles de Madrid hemos encontrado un  $r=0.9997$ ) y ambos parámetros están íntimamente ligados a su clasificación como miel de néctar o mielato. Las mieles no florales presentan una conductividad eléctrica y contenido en cenizas mucho más elevado que las florales. Respecto a la presencia de elementos minerales en la miel puede decirse que es bajo (aproximadamente un 0,2%, con variaciones que oscilan entre el 0,05 y el 1,5%) pero son capaces de conferirle un valor nutritivo y energético muy superior al de otros azúcares refinados y jarabes. De estos elementos traza cabe citar la presencia de Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, B, P, Si y Cl; hasta la fecha no se ha podido observar una tendencia clara que agrupe mieles del mismo origen floral y su contenido en elementos minerales, lo que nos lleva a pensar que la concentración mineral depende claramente de la zona geográfica en que se encuentra el material libado (las características del medio de cultivo, las propie-

dades edafológicas, la fracción mineral del suelo y las condiciones climatológicas) con mayor influencia que la procedencia botánica. No obstante existen otros factores influyentes:

- a) Capacidad de la especie vegetal para absorber los elementos minerales del suelo
- b) Aporte mineral del polen, fuente de cenizas.
- c) Velocidad de transporte de los macro- y micronutrientes en el material vegetal, especie química y competitividad iónica.
- d) Técnicas de extracción, manipulación y almacenamiento del apicultor. Capacidad de migración de elementos minerales a través de los utensilios habituales de trabajo.
- e) Contaminación ambiental. De hecho, algunos autores citan el contenido en elementos minerales de la miel como indicativo de la presencia de agentes atmosféricos contaminantes (Rodríguez-Otero *et al.*, 1994).

Se ha podido comprobar que las mieles de tonalidad oscura, con mayor C.E. y contenido en cenizas, tienen una riqueza mineral superior a las claras por lo que es aconsejable introducirlas en la dieta de niños para favorecer su crecimiento óseo, jóvenes en época de estudios o personas con patologías anémicas que requieran agentes regeneradores de la tasa de hemoglobina en sangre, en la que el Fe juega un papel primordial.



Mieles de Madrid, cosecha 2000

Para la determinación de la conductividad eléctrica en nuestras mieles madrileñas se ha seguido la metodología BOE: determinación en una disolución al 20% de materia seca y lectura en un conductivímetro, pero también se ha realizado un seguimiento considerando la disolución empleada para calcular la acidez (10 g miel/75 mL agua) dado que es frecuente encontrarlas en la literatura y teníamos interés en comprobar la correlación existente entre ambas, de manera que fuera sencillo comparar los datos obtenidos con los de otros autores de forma independiente a la expresión de los resultados en materia seca o fresca. Nuestra experiencia nos demuestra coeficientes de correlación con  $r > 0,991$  en todos los grupos de mieles estudiados.

sin embargo no nos fue posible encontrar una ecuación de regresión extrapolable a otros grupos y mucho menos aplicable en el tiempo.

La cuantificación de cenizas se realizó siguiendo el método BOE: calcinación de la muestra a 550°C hasta pesada constante. En este punto queremos hacer notar lo esencial de utilizar crisoles de porcelana con un tamaño de diámetro basal superior a los 6 cm para evitar un rebosamiento de las espumas. Creemos que la carbonización inicial de las muestras en placa calefactora previo a la calcinación en un horno-mufla garantiza un seguimiento visual del proceso y evita puntualmente el peligro de pérdidas por formación de espumas. Para la cuantificación de elementos minerales las cenizas obtenidas se sometieron a una digestión en HCl 0.1N y enrase a 100 mL. En los calcinados obtenidos se determinaron Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K y Zn por espectrofotometría de absorción atómica. Asimismo, se procedió a la cuantificación del B siguiendo un método colorimétrico basado en la reacción cuantitativa de la azometina-H con el nutriente a pH 5.1 y la formación de un compuesto químico de distribución molecular desconocida pero cuya presencia es proporcional a la concentración del elemento en el medio. La concentración de Cl, en su forma iónica (Cl), fue valorada por titulación con AgNO<sub>3</sub>.

## Color

La tonalidad exterior de la miel es uno de los parámetros físico-químicos más característicos, de vital importancia a la hora de su adquisición por el consumidor potencial. Existe una gran variabilidad de intensidades, desde las mieles prácticamente incoloras hasta aquellas de tonalidad negruzca. El color se halla fuertemente ligado a una serie de factores:

- El origen floral y la composición físico-química del producto. Las mieles oscuras poseen una mayor acidez, contenido mineral y son más ricas en dextrinas, mientras que las de color claro contienen más glucosa y fructosa.
- Características climatológicas y ambientales. Es bien sabido que las mieles recogidas en primavera temprana y ambientes húmedos tienen un color mucho más claro que las mieles de final de temporada.
- Presencia de compuestos pigmentarios: carotenos, xantofilas, elementos minerales y polifenoles. Estos últimos se dividen en tres familias: ácidos benzoicos, ácidos cinámicos y flavonoides, y pueden ser usados como marcadores del origen floral. Además de influir sobre el color poseen actividad biológica antimicrobiana y antiinflamatoria.
- Maduración, presencia de impurezas y calentamiento inadecuado. La maduración lleva implícita cambios en el contenido de humedad y en la concentración de los azúcares mayoritarios, mientras que la existencia de partículas ajenas al producto (polvo, restos orgánicos) o incluso granos de polen favorecen el proceso de cristalización, resultando fácilmente apreciable las diferencias de tonalidad entre mieles similares al pasar del estado líquido o semi-líquido al pastoso u opaco; (Gonnet *et al.*, 1990). Un calentamiento excesivo ocasiona pardeamientos semiu-

niformes sobre la masa del producto (combinación aminoácido-aldehído o reacción de Maillard). También el envejecimiento natural deviene en un oscurecimiento del producto debido a la inestabilidad de la fructosa en medio ácido y a la reacción de tanatos y polifenoles con sales de hierro (Cheffel *et al.*, 1983).

A pesar de la importancia que tiene este parámetro nuestra legislación no señala ningún método oficial para su caracterización. En nuestro caso quisimos aplicar una serie de metodologías para la definición colorimétrica de las mieles de Madrid, pretendiendo valorar su poder discriminativo. Entre las técnicas empleadas podemos citar:

- 1) Determinación espectrofotométrica de la turbidez (medida de la absorbancia a 720 nm) y el color o absorbancia neta (diferencia de absorbancia de una muestra a las longitudes de onda de 560 y 720 nm). Estos métodos quedan recogidos en Huidobro y Simal (1984).
- 2) Evaluación de la transmitancia de las mieles a cuatro longitudes de onda: 445, 490, 550 y 625 nm (Huidobro y Simal, 1984). Una combinación matemática de estos parámetros permite expresar el color como las coordenadas tricromáticas  $x$  e  $y$ . Para la interpretación de los resultados podemos situarnos en el diagrama de cromaticidad de la *Comisión Internacional de l'Eclairage*. Los valores acromáticos ocupan el centro del diagrama y las tonalidades se intensifican hacia el exterior. El punto de corte de ambas coordenadas nos aporta el matiz colorimétrico.

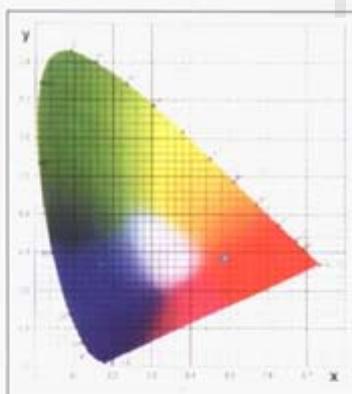


Diagrama de cromaticidad

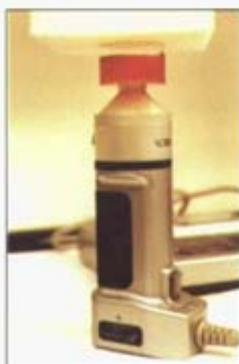


Mieles de Madrid, cosecha 2000

- 3) Colorimetría CIE-L\*a\*b\*. La miel se situó en cubetas cilíndricas de vidrio óptico de 5 cm de diámetro por 3 cm de altura, tapadas con poliestireno expandido para evitar la penetración directa de la luz.

El colorímetro empleaba un iluminante estándar  $D_{65}$  (simula la luz del día incluyendo la radiación ultravioleta) y un tipo de observador  $2^\circ$  (representa el enfoque del ojo humano con el centro de la retina). En este sentido debemos decir que la mayoría de parámetros CIE-L\*a\*b\* caracterizados en la literatura utilizan un observador  $10^\circ$ , capaz de simular el enfoque humano con la retina completa, de ahí que nuestros re-

sultados difieran en valor absoluto. La explicación reside en el hecho de que el centro de la retina es mucho más sensible a algunos colores como el amarillo, una tonalidad muy presente en algunos tipos de miel.



Colorimetría de miel

Para imaginarnos el sentido de las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$  debemos situarnos en una circunferencia de cromaticidad en la que el centro tiene una tonalidad indefinida.

En el eje de abscisas se sitúa el parámetro  $a^*$  con tendencia al color rojo en la dirección positiva y al verde en la negativa; en ordenadas tenemos la coordenada  $b^*$ , los valores positivos se aproximan a tonos amarillos mientras que los negativos tienden al azul. Para comprender espacialmente el significado de la coordenada  $L^*$  debemos fijarnos en la representación esférica de la figura.  $L^*$  se sitúa en el eje  $z$  y nos da una idea de la luminosidad del producto.



Esfera de cromaticidad ( $L^*a^*b^*$ )

- 4) Determinación del contenido polifenólico. Para ello se sigue el método Folin-Ciocalteu, de carácter espectrofotométrico.
- 5) Haciendo uso del colorímetro procedimos a una segunda caracterización de las coordenadas cromáticas  $x$  e  $y$ .

#### PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA MIEL DE MADRID: CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA. Definición y técnicas de valoración

##### Hidroxiacetilfurfural (HMF) y actividad enzimática diástasa

El HMF es un aldehído cíclico ( $C_6H_7O_2$ ) que se origina mayoritariamente por deshidratación de la fructosa en medio ácido ( $pH=3.8-3.9$ ), proceso que está íntimamente ligado al grado de envejecimiento o a procesamientos que involucren un incremento de la temperatura. Por ello se trata de una medida muy útil para determinar el estado de conservación y pureza de las mieles (Serra y Gómez, 1984; Bosh y Serra, 1986). Su presencia ocasiona el oscurecimiento de la miel por interrelación entre compuestos aminados y azúcares, sufriendo una polimerización con posterior reordenación, tanto en medios aerobios como anaerobios. El contenido en HMF está relacionado con la humedad y la acidez de la miel y aumenta espontáneamente con el paso del tiempo, encontrándose claras diferencias entre zonas climatológicamente frías o cálidas y entre períodos estacionales (Bosh y Serra, 1986; Estupiñán *et al.*, 1998). Altas concentraciones del aldehído pueden ser indicadoras de adulteraciones en la miel por la adición de azúcar invertido mediante hidrólisis química.

Otro parámetro directamente relacionado con el HMF y cuyo estudio significativo ha de realizarse conjuntamente es la actividad enzimática diastasa. Niveles elevados de HMF y bajos de diastasa serían indicativos de una conservación inadecuada. La diastasa se origina en las glándulas hipofaríngeas de las abejas obreras y cataliza la hidrólisis del almidón originando maltosa, maltotriosa y  $\alpha$ -dextrina.

La actividad de las glándulas hipofaríngeas puede variar y depende del estado de desarrollo de la colonia. Durante el período de alimentación artificial o en primavera cuando la reina inicia la puesta, las glándulas se activan comenzando la síntesis proteica (Brouwers, 1983). En invierno cuando no existe puesta, las glándulas se hallan hipertrofiadas y la síntesis enzimática es baja. Por ello la mayor o menor concentración de diastasa y de otras enzimas, de las que haremos mención a continuación, depende del período estacional pero también de la edad, alimentación y especie de polen (Silva y Ortiz, 1991). Como ya hemos mencionado, se degrada fácilmente con el calor y el envejecimiento, tanto que, como término medio, desciende a la mitad en 17 meses de evolución a temperatura ambiente (Huidobro y Simal, 1984).

La Legislación española (BOE, 1986) admitía hasta un máximo de 40 mg/Kg para el HMF y señala un mínimo de 8° Gothe para la diastasa, a excepción de las mieles con bajo contenido enzimático, que pueden poseer un mínimo de 3° siempre que los valores de HMF no superen los 15 mg/Kg. Han sido propuestas diferentes explicaciones para esta baja actividad consustancial, una de ellas podría deberse a un inmaduro procesamiento del néctar debido a un abundante flujo de entrada en la colmena (Sipos, 1964) o a la ya mencionada actividad estacional de las glándulas faríngeas (Persano Oddo *et al.*, 1990).

Para la determinación del HMF y la actividad enzimática diastasa en las mieles madrileñas que nos ocupan se han seguido los Métodos Oficiales de Análisis para la miel: clarificación de la muestra y medida de la absorbancia a 284 y 336 nm para el primero, y determinación de la velocidad de hidrólisis del almidón por las diastasas contenidas en una solución amortiguada de miel para la segunda. El punto final de la reacción se determina midiendo a intervalos regulares de tiempo la absorbancia de la muestra a 660 nm, hasta lograr un valor inferior a 0,235.

### **INVERTASA (sacarasa ( $\alpha$ -glucosidasa) y $\beta$ -glucosidasa)**

Al igual que la diastasa se origina en las glándulas hipofaríngeas de las obreras y cataliza la hidrólisis de la sacarosa del néctar en glucosa y fructosa. En ocasiones se originan trisacáridos tipo erlosa. White (1964) demostró que la invertasa se destruía más rápidamente que la diastasa por acción del calor, suponiendo, por tanto, que la actividad invertasa era mejor indicadora de la calidad melífera. Takenaka y Echigo (1974) observaron que el contenido de ambas enzimas disminuía durante el almacenamiento, siendo más acusado en mieles con alto contenido acuoso. Krauze y Krauze (1991) estudiaron la evolución de mieles y mielatos y concluyeron que la diastasa



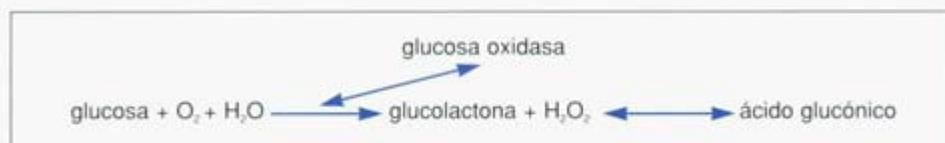
es dos veces más estable que la invertasa. Todo ello unido a la inestabilidad de las sacarosas frente a las técnicas de manipulación de los apicultores permite designar a la diastasa como mejor indicadora de la frescura de la miel. No obstante, algunos autores han observado relación entre la diastasa y la  $\alpha$ -glucosidasa ( $r=0,878$ ) y la diastasa y la  $\beta$ -glucosidasa ( $r=0,871$ ) lo que sugiere la posibilidad de predicción de unas enzimas en función de las otras (Huidobro *et al.*, 1995). Para las mieles de Madrid hemos encontrado coeficientes de correlación diastasa/ $\alpha$ -glucosidasa de  $r=0,446$  y algo inferiores para la diastasa/ $\beta$ -glucosidasa, lo que nos proporciona un margen de duda sobre la capacidad de predicción de una enzima en función de otra.

Para la determinación enzimática de la  $\alpha$ -glucosidasa hemos seguido la metodología propuesta por Siegenthaler (1977) basada en la medida espectrofotométrica del 4-nitrofenol, utilizando como sustrato de reacción el  $\alpha$ -p-nitrofenil-D-glucopiranosido. Parece ser que existe una buena correlación entre el 4-nitrofenol formado y la hidrólisis de la sacarosa. En el caso de la  $\beta$ -glucosidasa se ha seguido el método de Low *et al.* (1986), de características similares al anterior pero con utilización de  $\beta$ -p-nitrofenil-D-glucopiranosido. En ambos casos se verificaron y ajustaron las temperaturas óptimas del medio de reacción ( $60^{\circ}\text{C}$  para la  $\beta$ -glucosidasa y  $40^{\circ}\text{C}$  para la  $\alpha$ -glucosidasa) y se determinaron los pH óptimos para el idóneo desarrollo enzimático.

## GLUCOSA-OXIDASA

iMiDRA

Es la enzima más importante del grupo de las oxidasas en la miel. Junto a las otras enzimas mencionadas aparece en la secreción de las glándulas hipofaríngeas que la abeja aporta al néctar. Enzima muy lábil, desaparece con los procesados industriales (por ejemplo una pasteurización a  $78^{\circ}\text{C}$  durante 2 min) y se ve afectado por la radiación visible, sobre todo entre 425 y 525 nm y el envejecimiento, lo que da una idea de su sensibilidad y dificultad para caracterizarse. Cataliza la oxidación de la glucosa a través de la siguiente reacción:



La velocidad de oxidación enzimática de la glucosa contenida en la miel obedece al contenido de agua, siendo muy baja cuando la humedad oscila entre el 13,4 y el 22,9% (Tosi *et al.*, 2000). La producción de  $\text{H}_2\text{O}_2$  confiere efectos antibacterianos sobre los microorganismos no osmóticos, garantizando una cierta protección.

Para la determinación de la glucosa oxidasa en las mieles estudiadas hemos seguido el método propuesto por Tosi *et al.*, (2000) basado en la combinación del  $\text{H}_2\text{O}_2$  generado por la actividad enzimática con fenol y 4-aminoantipirina originando una quinoneimina rosa con un máximo de absorción a 505 nm. La intensidad de color rosado es proporcional a la presencia de  $\text{H}_2\text{O}_2$  y ésta a la glucosa oxidasa.



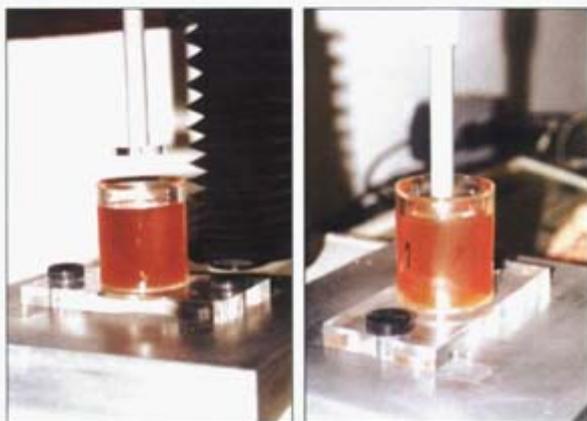
## PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA MIEL DE MADRID: CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA. Definición y técnicas de valoración

El envejecimiento de una miel no sólo provoca un incremento del HMF o un debilitamiento de las actividades enzimáticas sino que lleva asociados otros fenómenos físicos. Uno de ellos, muy importante, es la cristalización, fenómeno natural, que siempre aparece, aunque en algunas mieles, como las de tilo, puede tardar años. La miel, como solución sobresaturada de azúcares que es, tiende a alcanzar un equilibrio con la cristalización, esto es, con la precipitación de cristales de glucosa cuyo crecimiento provoca la separación del alimento en dos fases: una sólida (la glucosa ya no está en forma multihidratada sino como cristal monohidrato) y otra, superior, en estado líquido (se ha producido una liberación de agua en el fenómeno de deshidratación de la glucosa). La zona líquida, superficial, constituye un medio favorable para el desarrollo de microorganismos y las fermentaciones (Graça, 1987; Estupiñán *et al.*, 1998). La velocidad de cristalización se ve favorecida por la presencia de catalizadores como los granos de polen, las partículas de polvo, los restos orgánicos de la abeja, cera o las burbujas de aire; la formación de cristales alcanza su auge a la temperatura de 5°C y su proliferación es máxima a 14°C; temperaturas inferiores a 10°C y superiores a 25°C ralentizan considerablemente el crecimiento cristalino. Las granulaciones rápidas ocasionan partículas finas que le aportan a la miel un aspecto pastoso, aquellas más lentas originan cristales de gran tamaño apreciables visualmente.

El proceso de transformación de la miel desde un alimento semilíquido a pastoso y de ahí a cristalino involucra, como es lógico, cambios en sus características texturales y reológicas. Los estímulos que la textura y la consistencia de la miel emiten implican como receptores a dos sistemas sensoriales diferentes pero simultáneos: los receptores del tacto de las mucosas de las cavidades bucal y faríngea y los procesos musculares en juego durante la masticación y la deglución. Estas percepciones poseen un carácter personal que nos informa sobre cualidades como la blandura, untuosidad, compacidad o rugosidad; es algo parecido a las impresiones que perciben los edafólogos cuando, de una manera natural, hacen deslizar un puñado de suelo arenoso, limoso o arcilloso entre sus dedos y descubren su densidad, textura, humedad o las dimensiones de sus partículas. Sin embargo, la rigurosidad científica persigue una medida objetiva, instrumental, de los parámetros reológicos.

Las diferentes mieles de la Comunidad de Madrid presentan características texturales, propiedades reológicas diferentes. Se trata éste de un factor interesante, quizás no tan decisivo como el color para el consumidor, pero igualmente determinante en adquisiciones posteriores. La cristalización y la firmeza que conlleva no entrañan pérdidas en la calidad de la miel pero es acogida de manera desigual por el consumidor inexperto. Además existe una gran carga hedónica en la aceptabilidad de las mieles en función de su adhesividad, consistencia...

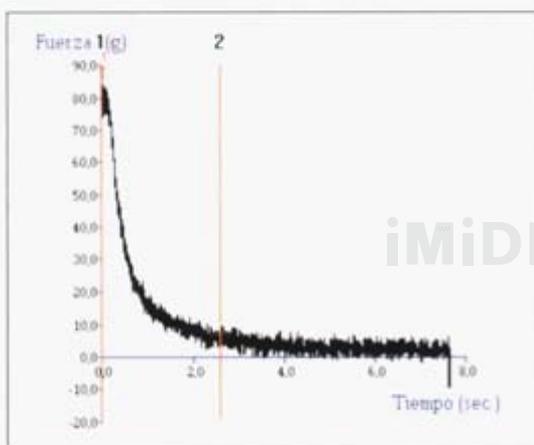
Para la determinación instrumental de los parámetros texturales empleamos un texturómetro TAX.T2 utilizando dos ensayos diferentes (en ambos la miel se sitúa en un recipiente a modo de vaso y para su ejecución se emplea una sonda de extrusión



posterior. Es decir, la sonda presiona sobre la miel haciéndola rebosar sobre el pistón a medida que éste desciende.

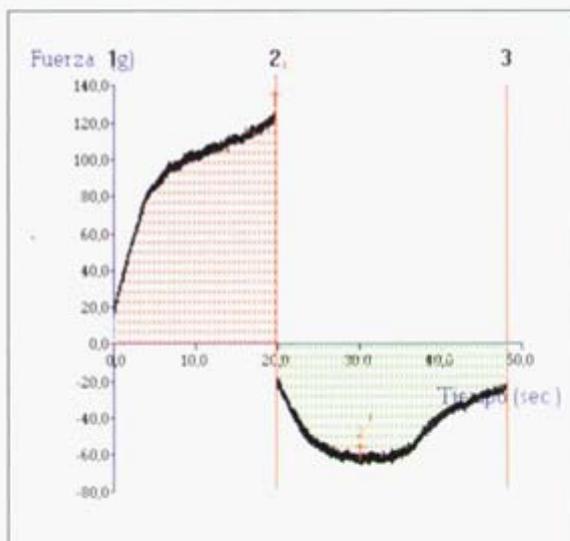
**Test de Adhesividad.** La sonda, con un disco accesorio de 35 mm de diámetro basal, ejerce una fuerza de 6,0 g sobre la superficie de la miel, durante un período fijo de 2 segundos. A partir de ese momento disco y sonda se elevan a la velocidad de 8 mm/s

parando a 60 mm de altura desde la superficie de la muestra. En la figura vemos una de las gráficas generadas, situada en valores positivos para los dos ejes de coordenadas y con un pico máximo (fuerza requerida para la separación disco-superficie miel) que nos da una idea de la **adhesividad** del producto. La distancia a la que la sonda se encuentra cuando la fuerza ejercida desciende de 6,0 a 2,0 g nos proporciona el valor de la **viscosidad**.



### Test de Fuerza en Compresión.

El ensayo consiste en la penetración del conjunto sonda-disco accesorio en la miel, hasta una profundidad de 20 mm. A partir de este momento la sonda vuelve a su posición original. La gráfica generada (ver figura) muestra dos curvas: superior al eje de abscisas (cuando la sonda penetra en la miel) e inferior (cuando la sonda retorna al punto de partida). El pico de máxima fuerza (positivo) nos proporciona una idea de la **firmeza** de la miel, mientras que el área por deba-



jo de la curva es indicadora de su **consistencia**. La curva negativa presenta un mínimo (máxima fuerza en valor absoluto) que nos indica la **cohesividad** de la miel, mientras que la integral bajo la curva ofrece el índice de **viscosidad**.

## PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA MIEL DE MADRID: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA. Resultados obtenidos

Para la caracterización de los parámetros físico-químicos a los que hacíamos alusión a lo largo de este capítulo hemos subdividido las mieles de Madrid en tres grupos atendiendo a su tipificación palinológica y físico-química: mielatos puros, mezclas de mielato y miel nectarífera y mieles de origen floral. El estudio de los datos obtenidos nos permitirá conocer sus valores típicos, discernir si existen diferencias entre grupos y por supuesto su adecuación a la Legislación vigente.

La siguiente tabla refleja los valores de distintos caracteres físico-químicos para los tres grandes grupos de mieles de Madrid.

Parámetros físico-químicos	Unidad de medida	Mielatos	Floral + mielato	Floral
Humedad	porcentaje	16,03 <sup>a</sup>	15,53 <sup>a</sup>	16,18 <sup>a</sup>
pH		4,70 <sup>a</sup>	4,45 <sup>a</sup>	3,91 <sup>a</sup>
Acidez libre	meq/Kg	38,87 <sup>b</sup>	39,02 <sup>b</sup>	30,01 <sup>b</sup>
Acidez láctica	meq/Kg	2,16 <sup>a</sup>	3,71 <sup>b</sup>	5,48 <sup>c</sup>
Acidez total	meq/Kg	41,04 <sup>b</sup>	42,94 <sup>b</sup>	35,49 <sup>b</sup>
Cenizas	porcentaje	0,60063 <sup>a</sup>	0,46987 <sup>b</sup>	0,21311 <sup>a</sup>
C.E. 10g/75mL	S/cm. 10 <sup>-4</sup>	9,39 <sup>a</sup>	7,69 <sup>a</sup>	4,13 <sup>a</sup>
C.E. 20% m.s.	S/cm. 10 <sup>-4</sup>	13,00 <sup>b</sup>	10,78 <sup>b</sup>	5,76 <sup>a</sup>
Cl	g/100 g m.f.	3,14 <sup>a</sup>	2,75 <sup>a</sup>	2,31 <sup>a</sup>
B	ppm m.f.	7,71 <sup>a</sup>	8,61 <sup>a</sup>	6,02 <sup>a</sup>

Parámetros físico-químicos de las mieles de Madrid divididas en tres grupos según su tipificación palinológica y físico-química. Superíndices iguales en una misma fila indican ausencia de diferencias significativas de acuerdo al test de Duncan ( $p < 0,05$ )

Del estudio de la tabla anterior pueden extraerse una serie de conclusiones.

- Por un lado, los parámetros más orientativos sobre el origen botánico de las mieles son:
  - El pH, con valores significativamente diferentes para los tres grupos, de manera que el dato más alto corresponde a los mielatos y el menor a las mieles de

origen floral. El comportamiento del grupo floral más mielato obedece claramente a la aportación de ambos tipos de mieles. Tradicionalmente existen una serie de parámetros físico-químicos orientativos del origen floral. Nuestro equipo de investigación ha podido hallar una ecuación matemática (artículo en proceso de publicación) combinación de una serie de parámetros físico-químicos y de unos índices numéricos obtenidos como resultado de un complejo análisis estadístico. Su aplicación a las mieles de Madrid aporta cifras positivas para los mielatos y negativas para las florales. Obviamente, el grupo mezcla se orientará hacia un extremo u otro (valores absolutos) dependiendo de la aportación floral y de mielada. La necesidad de obtener medidas indicativas del origen floral, al margen de las dificultades del análisis melisopalinológico ha llevado a los científicos a establecer unos valores críticos discriminativos de la tipología melífera. Para el pH el valor crítico se cifra en 4,3, ampliamente superado por nuestro grupo mielato y muy próximo para las mezclas floral y mielato. No obstante ha de quedar muy claro que un parámetro físico-químico aislado orienta pero nunca puede ser totalmente discriminativo.

– La acidez láctónica o reserva potencial de acidez, que aumenta significativamente a medida que se incrementa el aporte floral. Curiosamente acidez libre y total marcan las diferencias entre los grupos mielato y floral, siguiendo una evolución contraria a la de la acidez láctónica, fácilmente explicable: las mieles menos ácidas poseen una mayor reserva potencial, que entrará en acción cuando el proceso de alcalinización sea notorio. El grupo floral más mielato no ofrece diferencias significativas ni con los mielatos ni con las mieles nectaríferas.

– Cenizas y conductividad eléctrica resultan ser medidas básicas para la clasificación tipológica de las mieles. Puede observarse un descenso significativo de los tres valores a medida que aumenta la aportación floral. La literatura ha establecido un valor crítico del 0,60% para la identificación de mielatos a través de su contenido en cenizas. Dada la excelente diferenciación de los tres grupos de mieles madrileñas a través de esta medida nos atrevemos a predecir que 0,60 es un valor extremo y quizás 0,55 resulte suficientemente orientativo. Los micronutrientes C1 y B resultan inferiores en las mieles florales pero siguen un comportamiento desigual con el aporte de mielatos. Es del todo sabido que los mielatos, de tonalidad oscura, poseen un mayor número de elementos minerales, probablemente muy relacionados con las condiciones climatológicas y edafológicas e incluso se podría pensar que con el ácido causante de las secreciones azucaradas origen de la miel.

- Por otra parte, una caracterización conjunta de las mieles de nuestra Comunidad nos permitió observar que entre los macronutrientes mayoritarios destacaba el K, seguido de Ca y Mg. Entre los microelementos destacó el Fe. Otros autores (Rodríguez-Otero *et al.*, 1992) también encuentran como macronutriente mayoritario el K en mieles comerciales españolas, seguido de Na y muy próximo al Ca. Por ello podemos recomendar el producto como complemento a dietas pobres en elementos básicos para la formación de la masa ósea como el Ca o para la síntesis de hemoglobina (Fe).



Mieles florales, mezclas y mielatos en las tres columnas, respectivamente

- Todos los valores entran dentro de la Normativa Vigente a excepción de la acidez en los grupos mielato y mielato más floral. Ciertamente se encuentran en el límite de los 40 meq/Kg anteriormente marcados legalmente, muy recientemente ampliados a 50 meq/Kg, pero su aspecto externo y su estudio microbiológico (ver capítulos 8 (Análisis Sensorial) y 3 (Análisis Microbiológico)) no denotan ninguna alteración fermentativa. Muy posiblemente la presencia de mielatos incrementa estos valores de forma natural sin que ello suponga modificación alguna en la excelente calidad del producto.
- Hemos querido estudiar de manera aislada aquellas determinaciones instrumentales indicadoras de la tonalidad exterior de la miel, dada la importancia de este factor desde el punto de vista comercial. A priori es fácil observar visualmente los contrastes de color entre las mieles madrileñas.



Parámetros colorimétricos	Unidad de medida	Mielatos	Floral + mielato	Floral
Absorbancia neta		0,571 <sup>a</sup>	0,440 <sup>b</sup>	0,229 <sup>c</sup>
Turbidez		0,266 <sup>a</sup>	0,260 <sup>a</sup>	0,370 <sup>a</sup>
L*		24,218 <sup>a</sup>	25,905 <sup>b</sup>	27,774 <sup>c</sup>
a*		-0,8272 <sup>a</sup>	0,1383 <sup>b</sup>	0,4017 <sup>b</sup>
b*		2,6744 <sup>a</sup>	3,5964 <sup>b</sup>	6,3819 <sup>b</sup>
x espectrofotométrico		0,5385 <sup>a</sup>	0,5135 <sup>b</sup>	0,4454 <sup>c</sup>
y espectrofotométrico		0,4395 <sup>a</sup>	0,4502 <sup>b</sup>	0,4380 <sup>b</sup>
x colorimétrico		0,3221 <sup>a</sup>	0,3303 <sup>a</sup>	0,3424 <sup>a</sup>
y colorimétrico		0,3441 <sup>a</sup>	0,3464 <sup>a</sup>	0,3574 <sup>a</sup>
polifenoles	mg/g m.f.	1,082 <sup>b</sup>	0,950 <sup>b</sup>	0,677 <sup>a</sup>

Parámetros colorimétricos de las mieles de Madrid clasificados en tres grupos según su tipificación. Los valores medios seguidos por superíndices distintos son significativamente diferentes según el test de Duncan ( $p < 0,05$ )

La fotografía de la izquierda (página anterior) permite apreciar diferentes intensidades y colores, que pueden situarse en orden creciente de intensidad de una manera visual sin demasiados problemas. En la fotografía de la derecha se observan las mieles ordenadas siguiendo el criterio del ojo humano. No obstante, quisimos verificar estas diferencias instrumentalmente y pudimos comprobar como el valor de la absorbancia neta se incrementaba proporcionalmente a medida que lo hacía el tono exterior de la miel. Estos datos quedan corroborados en la siguiente tabla.

En efecto, podemos observar que existen diferencias significativas para la absorbancia neta entre los tres grupos de mieles estudiados, descendiendo a medida que aumenta el aporte nectarífero. Por ello nos atrevemos a decir que el color neto es un parámetro imprescindible para la diferenciación colorimétrica de las mieles y por ende un aspecto corroborante de su procedencia botánica. Un estudio algo más exhaustivo de la misma tabla nos permite comprobar similitudes en la turbidez para los tres grupos de mieles y comportamientos no orientativos para las coordenadas cromáticas  $x$  e  $y$ . Puede sorprender al lector las diferencias en los valores cromáticos medidos espectrofotométricamente y colorimétricamente. Ya comentábamos en este capítulo que el colorímetro actúa con un observador estándar 2° mientras que las medidas espectrofotométricas simulan una medida 10°. Obviamente la mayor sensibilidad a determinados colores marca claramente las diferencias. Si recordamos que los tonos amarillos eran integrados con mayor facilidad para el observador 2° es fácilmente explicable que los valores significativamente más altos (coordenadas colorimétricas) correspondan a las mieles florales (tonalidades más claras).

Por ello, las coordenadas CIE-L\*a\*b\*, tan utilizadas para la caracterización colorimétrica de los alimentos, no parecen ser de gran utilidad discriminante en las mieles de Madrid, únicamente se observa un incremento significativo de la luminosidad a me-

didada que desciende la presencia de mielatos. Tal vez la explicación resida en la dificultad para englobar tres coordenadas espaciales en una medida cuantificable, máxime en un alimento con tonalidades muy diversas.

## PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA MIEL DE MADRID: CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA. Resultados obtenidos

La siguiente tabla nos proporciona los valores medios de HMF y actividades enzimáticas para los grupos de mieles madrileñas analizadas. De su observación conjunta podemos deducir niveles bajos de HMF y elevados para la diastasa, lo que garantiza la edad temprana y la calidad de estas mieles. Curiosamente las mieles florales ofrecen los valores significativamente más altos de HMF y más bajos de diastasa. Dada la proximidad cronológica de las mieles estudiadas y la ausencia de tratamientos térmicos o alteraciones en el proceso de extracción o almacenamiento, podríamos pensar que estas diferencias obedecen claramente a la procedencia floral o de mielada del producto.

La actividad glucosa oxidasa, recordemos que extremadamente sensible al envejecimiento y a alteraciones térmicas, no ofrece diferencias significativas entre grupos, sin embargo resulta curioso comprobar como  $\alpha$ - y  $\beta$ -glucosidasa presentan sus valores más bajos para las mieles florales, algo similar a lo que sucedía con la diastasa. El menor contenido de  $\beta$ -glucosidasa, muy acusado para mielatos (44%) y florales (40%) frente a la forma isomérica alfa puede ser indicativo de una mayor sensibilidad y facilidad de degradación para la primera.

Parámetros bioquímicos	Unidad de medida	Mielatos	Floral + mielato	Floral
HMF	ppm m.f.	1,417 <sup>a</sup>	2,203 <sup>a</sup>	5,655 <sup>b</sup>
Diastasa	Grados Gothe	38,822 <sup>b</sup>	40,391 <sup>b</sup>	32,062 <sup>a</sup>
Glucosa oxidasa	UGO/g m.f. miel	3,375 <sup>a</sup>	5,563 <sup>a</sup>	3,557 <sup>a</sup>
$\alpha$ -glucosidasa	U/Kg m.f. miel/min	110,66 <sup>ab</sup>	111,25 <sup>a</sup>	109,54 <sup>a</sup>
$\beta$ -glucosidasa	U/Kg m.f. miel/min	76,882 <sup>a</sup>	100,17 <sup>a</sup>	78,397 <sup>a</sup>

Parámetros bioquímicos de las mieles de Madrid divididas en tres grupos según su tipificación. Los valores medios seguidos por la misma letra indican ausencia de diferencias significativas de acuerdo al test de Duncan ( $p < 0,05$ )

## PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA MIEL DE MADRID: CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA. Resultados obtenidos

El estudio conjunto de los tres grandes grupos considerados en este capítulo no nos permite apreciar diferencias significativas para ninguna de las características texturales medidas experimentalmente. Obviamente el estudio independiente de cada miel arroja diferencias más marcadas como podremos ver en la última sección de este libro. No obstante estos resultados aportan dos conclusiones claras: la primera,



Parámetros reológicos	Unidad de medida	Mielatos	Floral + mielato	Floral
HMF	ppm m.f.	1.417 <sup>a</sup>	2.203 <sup>a</sup>	5.655 <sup>b</sup>
Adhesividad	G	104,56 <sup>a</sup>	106,08 <sup>a</sup>	146,23 <sup>a</sup>
Viscosidad	Unidad de superficie	893,58 <sup>a</sup>	766,51 <sup>a</sup>	1273,8 <sup>a</sup>
Firmeza	G	106,18 <sup>a</sup>	80,41 <sup>a</sup>	139,33 <sup>a</sup>
Consistencia	Unidad de superficie	1478,9 <sup>a</sup>	1266,8 <sup>a</sup>	1989,5 <sup>a</sup>
Cohesividad	G	36,30 <sup>a</sup>	41,25 <sup>a</sup>	67,16 <sup>a</sup>

Parámetros reológicos de las mieles de Madrid clasificadas en tres grupos según su tipificación. Los valores medios seguidas por superíndices distintos son significativamente diferentes según el test de Duncan ( $p < 0,05$ )

un importante grado de similitud entre las mieles madrileñas, probablemente por la mayor influencia del origen geográfico sobre la procedencia botánica, y la segunda la dificultad instrumental para valorar parámetros que en el hombre se hallan influidos por multitud de factores: la excitabilidad de las papilas gustativas, el correcto posicionamiento de la dentadura, el mayor o menor grado de insalivación y, de manera muy intensa, su propio universo de experiencias.

## BIBLIOGRAFÍA

- White J.W. Jr. (1975). *The hive and the honey bee*. Dadans and Sons. Inc. Hamilton, Illinois. 491-530.
- Simal, J., Huidobro, J.F. y Araquistáin, M. (1983). *Parámetros de calidad de la miel: Determinación del contenido en agua*. *Offarm*, 2 (7/8), 343-349.
- Ortiz, A., Fernández, C. y Subrá, E. (1996). *Principales características de la miel de la Alcarria*. Servicio de Investigación y Tecnología Agraria. Ed. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.
- Piana, G., Ricciardelli, D.G. e Isola, A. (1989). *La miel*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Louveaux, J. (1985). *Le miel*. *Cah. Nutr. Dite*. XX, 1, 55-70.
- Jéanne, F. (1993). *Le miel. Eléments d'analyses*. *Bul. Tech. Apic.*, 84, 167-170
- Graça, M. (1987). *Contribuição para o estudo do mel, pollen, geleia real e propólis*. *Bo. Fac. Fann. Coimbra*, 11 (2), 17-47.
- Sanz, S., Pérez, C., Herrera, A., Sanz, M. y Juan, T. (1994). *La Rioja honey composition*. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 34 (5), 540-552
- Estupiñán, S., Sanjuán, E., Millán, R. y González-Cortés, M.A. (1998). *Parámetros de calidad de la miel: I. Microbiología, caracteres físico-químicos y de envejecimiento: Revisión*. *Alimentaria*, octubre, 89-94.
- Crane, E. (1975). *Honey a comprehensive survey*. Heinemann, London.
- Rodríguez-Otero, J.L., Paseiro, P., Simal, J., Terradillos, L. and Cepeda, A. (1995). *Silicon, phosphorus, sulphur, chlorine and ash contents of Spanish commercial honeys*. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und forschung* 200, 233-234.

- Gonnet, M., Aubert, S. et Ferry, P. *Evolution de la couleur du miel lors de sa cristallisation*. L'abeille de France, 748, 174-181
- Chefftel, J.C., Chefftel, H. y Besançon, P. (1983). *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos II*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Huidobro, J.F. y Simal, J. (1984). *Determinación del color y la turbidez en las mieles*. Anal. Bromatol. XXXVI-2, 225-245.
- Serra, J. et Gómez, A. (1984). *Détermination de la falsification possible du miel avec des produits sucrants*. Bull. Techn. Apic., 11(4), 195-202.
- Bosh, J. y Serra, J. (1986). *Evolución del contenido de hidroximetilfurfural en las mieles procesadas y situadas en el mercado español*. Alimentaria, septiembre, 59-61.
- Brouwers, E.V.M. (1983). *Activation of the hypopharyngeal glands of honey bees in winter*. J. Apic. Res., 22, 137-141.
- Silva, M.C. y Ortiz, A. (1991). *Índice de diastasa (amilasa) en las mieles de la Alcarria y zonas adyacentes*. Cuadernos de Apicultura, 11, 8-12.
- Presidencia del Gobierno (1986). *Orden de 12 de junio de 1986 por la que se aprueban los métodos oficiales de análisis para la miel*. BOE 145, 18/06/1986.
- Sipos, E. (1964). *The latest problems of honey evaluation*. XIX Int. Beek. Cong. 2, 643-646.
- Persano Oddo, L., Baldi, E. Y Accorti, M. (1990). *Diastatic activity in some unifloral honeys*. Apidologie 21(1), 17-24.
- White, J.W.Jr. (1964). *Dextrose determination in honey; a rapid photometric determination*. J. Ass. Off. Agric. Chem. 47, 41-45.
- Takenaka, L.A. and Echigo, T. (1974). *Changes in enzyme activity during the storage of honey*. Bolletin of the Faculty of Agriculture, Tamagawa University, 14: 19-25.
- Krauze, A. and Krauze, J. (1991). *Changes in chemical composition of stored honeydew honeys*. Acta Alimentaria Polonica, vol XVII/XLI, 2, 119-125.
- Huidobro, J.F., Santana, F.J., Sánchez, M.P., Sancho, M.T., Muniategui, S. y Simal, J. (1995). *Diastase, invertase and (-glucosidase from north-west Spain*. J. Apic. Res., 34(1), 39-44.
- Siegenthaler, U. (1977). *Eine einfache und rasche methode zur bestimmung der (-glucosidase (saccharase) im hong*. Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene 68(2), 251-258.
- Tosi, E., Ortega, M. y Martinet, R. (2000). *Determinación espectrofotométrica de la actividad de la glucosa oxidasa en miel*. Alimentaria, mayo, 97-99.
- Rodríguez-Otero, Paseiro, P., Simal, J., Terradillos, L. y Cepeda, A. (1992). *Determination of Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn and total cationic milliequivalents in Spanish commercial honeys*. J. Apic. Res. 31(2), 65-69.
- Low, N., Va Vong, K. and Sporns, P. (1986). *A new enzyme,  $\beta$ -glucosidase in honey*. J. Apic. Res. 25: 178-181.



# 3 Miel, Alimentación y Salud

Teresa Navarro, M<sup>a</sup> Teresa Iglesias, Cristina de Lorenzo y Rosa Ana Pérez  
Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria IMIA

## INTRODUCCIÓN

Como ya se ha indicado en otros capítulos de este libro, la miel es un producto natural utilizado por el hombre desde el periodo terciario, según muestran diversas pinturas rupestres del Paleolítico que representan la recolección de la miel. En dicho periodo la recolección se realizaba en colmenas silvestres o naturales, ya que la apicultura como cría y aprovechamiento de las abejas por parte del hombre no tendría lugar hasta el Neolítico.

Se tiene constancia de que a lo largo de la historia numerosas civilizaciones y pueblos, como la griega, egipcia, romana, los sumerios, babilónicos o asirios, entre otros, han considerado la miel como un producto de gran importancia que utilizaban tanto con fines alimenticios como con fines terapéuticos o cosméticos, y en algunos casos con propiedades casi mágicas.

## LAS PROPIEDADES NUTRITIVAS DE LA MIEL

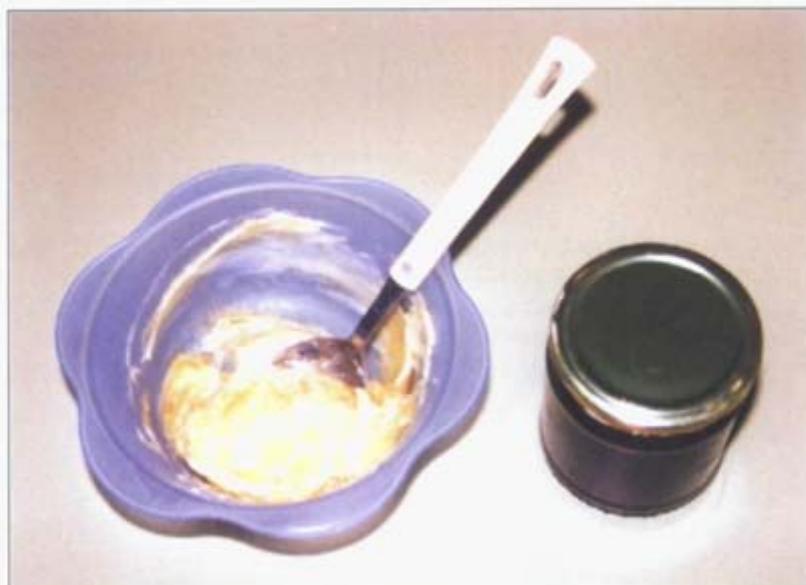
La miel es un alimento natural muy valorado por los consumidores por sus propiedades nutritivas; así, se estima que de la producción mundial de miel, un 90% se consume como tal y el 10% se utiliza como ingrediente en otros productos.

Se trata de un producto elaborado a partir de secreciones azucaradas que las abejas recolectan de las plantas, por lo que su composición es compleja y variable según su procedencia. En general, la miel está formada mayoritariamente por hidratos de carbono, y en menor proporción por agua; los componentes minoritarios son compuestos nitrogenados, algunos minerales, vitaminas y numerosos compuestos orgánicos, algunos de los cuales dotan a la miel de su especial aroma debido a su alta volatilidad (Ortiz *et al.*, 1996; Sañz y Gómez, 2000).

Debido a su elevada proporción de hidratos de carbono (entre el 70 y el 80%), se trata de un alimento muy energético, con un aporte de 337 kcal/100 g, y de sabor dulce, agradable y fácilmente digerible por el organismo, por lo que la aplicación más conocida en alimentación de este producto es como edulcorante de uso directo, con mayor poder edulcorante que el azúcar. Está compuesta mayoritariamente por los monosacáridos fructosa y glucosa, azúcares que, por ser de cadena corta, son más fáciles de digerir y asimilar que los di- o polisacáridos que necesitan transformarse

previamente en azúcares simples para ser absorbidos. Debido a esta capacidad de rápida absorción de los azúcares, la miel es capaz de proporcionar al organismo un rápido aporte energético por lo que resulta un producto adecuado para alimentación infantil (a partir de 1 año) y para los deportistas. Por otro lado, la fructosa es un azúcar de absorción lenta en el aparato digestivo, que es almacenada en el hígado en forma de glucógeno de reserva para su utilización en caso de ser necesitada por el organismo.

Entre los componentes nitrogenados se encuentran proteínas, prótidos y aminoácidos libres aunque en proporciones muy bajas (hasta aproximadamente un 0,4%). Las sustancias minerales presentes en la miel, aunque en escasa proporción, son muy biodisponibles y hacen que popularmente se considere a la miel un producto adecuado cuando se necesita realizar actividades intelectuales, y con fines antianémicos y recalificantes debido a la presencia de fósforo, hierro y calcio, respectivamente. Sin embargo, la efectividad en este sentido no está establecida y debido a la baja proporción de estas sustancias en la miel, de hasta un 1% en total, se cuestionan estos efectos. El contenido de la miel en vitaminas es generalmente bajo, se encuentran principalmente vitamina C (ácido ascórbico) y complejo B (tiamina, riboflavina, pirodoxina) y en ocasiones vitaminas A, K y D. A pesar de que el aporte de determinados componentes, como las vitaminas, es bajo y la ingestión de miel no supone un aporte importante de los mismos puede ayudar, junto con la dieta, a que el organismo alcance los niveles mínimos que necesita. Asimismo, la miel facilita la asimilación de otros elementos como son el calcio y el magnesio, por lo que resulta interesante en dietas a partir de un año de edad.



"Mantequilla de miel": una forma excelente de que los niños la consuman. (Cortesía de M.L. Marcos)



Por último, entre los componentes orgánicos minoritarios que forman parte de la composición de la miel se encuentran los componentes volátiles y los compuestos polifenólicos. Los primeros, compuestos de bajo peso molecular, son los principales responsables del aroma y sabor de una determinada miel, ya que muchos de estos compuestos proceden directamente de las plantas visitadas por las abejas. Los segundos parecen estar relacionados con la coloración de las mieles, al menos hasta una determinada tonalidad oscura, ya que también puede tener lugar un oscurecimiento de la misma como resultado del almacenamiento y envejecimiento. Tanto la determinación de los componentes volátiles de la miel como la determinación de su contenido en flavonoides esta siendo objeto de numerosos estudios actualmente con el principal objetivo de encontrar marcadores florales que permitan la clasificación de las mieles según su origen; por otro lado, existe un gran interés científico en la determinación de los componentes implicados en la actuación de las mieles como antioxidantes y antibacterianos, a la que nos referiremos posteriormente.

El aspecto de la miel puede variar mucho de unas mieles a otras en función de su origen. Así, las mieles pueden ser claras u oscuras, con un amplio abanico de tonalidades intermedias; también pueden ser más fluidas, o presentar un alto grado de cristalización y seguir siendo un producto de alto valor nutritivo. A pesar de ello, las mieles de coloración clara y aspecto fluido parecen contar con una mayor aceptabilidad por parte de los consumidores. Como resultado de esta mayor aceptación comercial, una gran parte de las mieles comercializadas, sin Label de Calidad, son el resultado de procesos industriales de mezcla, granulación inducida y pasterización, con objeto de obtener un producto más homogéneo en su coloración, textura y sabor, que resulte atractivo al consumidor. Se consigue así un producto "standard" bien aceptado por el consumidor, pero con menor variedad, riqueza organoléptica y en algunos casos calidad, debido a que en los procesos de mezcla de mieles de distintos orígenes, la miel pierde sus caracteres distintivos y su riqueza organoléptica. Además, en muchos casos la mezcla se realiza con mieles importadas de escasa calidad y bajo precio, con el consiguiente perjuicio a la actividad apícola nacional y a la valoración general del producto. Por otro lado, la granulación inducida dirigida a mantener la miel líquida o fluida supone una cierta manipulación del producto, así como la pérdida de un carácter identificativo de la miel; y finalmente, los tratamientos térmicos de pasterización afectan a la calidad de la miel, al dar lugar a la destrucción de actividades enzimáticas y componentes de actividad biológica y a pérdidas de aroma o modificación del sabor. Por todo ello, cuando hablamos de propiedades nutritivas y cuando posteriormente comentemos las propiedades terapéuticas, nos estamos refiriendo a mieles crudas, extraídas de la colmena y envasadas en condiciones óptimas, que debido a una menor manipulación conservan su variedad, propiedades y características propias.

Por tanto, un color oscuro natural no significa que la miel sea de inferior calidad, a pesar de su menor aceptación comercial. Así, aunque las mieles más oscuras tienen una mayor acidez que las claras, parecen ser más ricas en fosfato de calcio y en hierro, en vitaminas B y C que las de menor coloración, mientras que estas últimas son generalmente más ricas en vitamina A. Por otro lado, algunos estudios científicos

realizados recientemente parecen mostrar una mayor capacidad antioxidante en las mieles de color oscuro. Según esto, no debemos rechazar a priori ninguna variedad de miel por su aspecto y ser capaces de aprovechar y disfrutar la gran versatilidad con que llega a nosotros este producto natural.



*La riqueza organoléptica de la miel se refleja en sus colores*

Aunque el uso de la miel mediante aplicación directa sigue siendo el preferido, son numerosas las recetas que la incorporan en la preparación, no sólo de alimentos dulces (caramelos, turrón, tortas, tartas...), sino también en la elaboración de salsas (salsas agrídulces o salsas de ensalada), preparaciones de jamones y carnes y en bebidas (Drambui, hidromiel...). En los últimos tiempos se ha observado la tendencia al desarrollo de Alimentos Funcionales que mediante el enriquecimiento con sustancias como vitaminas, minerales, ácidos grasos omega-3, fibras, jalea real... aumentan sus cualidades nutritivas; en ese sentido, la miel es un elemento que está siendo incorporado con éxito a alimentos enriquecidos para el desayuno (cereales, lácteos), bebidas energéticas y caramelos balsámicos entre otros, dando lugar a productos enriquecidos con mayor valor añadido.

Debido a sus características la utilización de la miel en la industria de los alimentos permite:

- Humectar los alimentos. La miel en los preparados de confitería, especialmente en las masas, elimina la sequedad y la porosidad de los preparados a la vez que



Cerveza rubia "a la miel" (Cortesía M.L. Marcos)

mejora la textura de los productos horneados y su aspecto proporcionándoles una apariencia superficial húmeda y brillante.

- Mejorar la presentación de preparados gratinados. Mediante el uso de la miel en de gratinados de carnes de aves se logra, además de una buena gratinación, una excelente presentación y un sabor agradable.
  - Realzar el sabor de los preparados. Su forma de dar sabor a los alimentos es especialmente aceptada en la elaboración de lácteos y dulces. Aunque cada vez hay una mayor aceptación por la mezcla de sabores y por ejemplo podemos disfrutarla envolviendo cacahuetes.
  - Sustituir al sodio. Esta cualidad es especialmente interesante con fines dietéticos.
- Conservar distintos tipos de alimentos debido a su actividad antioxidante y antibacteriana, a las que nos referiremos a continuación.

## ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE: EL USO DE LA MIEL COMO AGENTE PROTECTOR DE ALIMENTOS

Aunque la principal utilización de la miel a lo largo de la historia ha sido como producto alimenticio, también ha sido ampliamente utilizada con fines terapéuticos y en raras ocasiones como conservante. Existen algunas referencias históricas sobre la utilización de la miel como conservante, aunque no siempre de alimentos. Así, se sospecha que este producto formaba parte de los ingredientes utilizados por los egipcios en la conservación de momias; relacionado con este aspecto podemos citar la utilización de miel para preservar intacto el cadáver de Alejandro Magno cuando, una vez muerto, fue trasladado de Babilonia a Macedonia.

A pesar de que la utilidad como antioxidante de la miel forma parte de la cultura tradicional, el interés por evaluar su potencial aplicación como antioxidante en la preparación de alimentos, así como el interés por el establecimiento de los compuestos implicados en dicho proceso, es muy reciente.

La sociedad actual esta cada vez mas sensibilizada con los temas relacionados con el medio ambiente, la alimentación y la salud. Dentro de esta mayor sensibilización

se observa una revalorización de los productos naturales tendiendo a que los productos de consumo, aunque manipulados, sean lo más naturales posible, demandando el empleo de componentes naturales frente a aditivos o conservantes sintéticos. En este sentido, recientes estudios muestran que la miel presenta características antioxidantes interesantes para su potencial aplicación en procesos de conservación de alimentos ya troceados o preparados.

El deterioro de los alimentos puede deberse principalmente a reacciones oxidativas o a crecimientos microbianos. Las reacciones de oxidación durante el procesado y almacenamiento de los alimentos pueden dar lugar a peroxidación lipídica, cuando el alimento tiene cierto contenido en grasas, o a reacciones enzimáticas oxidativas. Estudios realizados recientemente han mostrado, para ambos procesos oxidativos, una cierta capacidad por parte de la miel de actuar como agente conservador minimizando el deterioro de los alimentos por estos procesos (McKibben y Engeseth, 2002, Anthony *et al.* 2000, Chen *et al.* 2000), además se ha observado que tiene capacidad de actuar como inhibidor del crecimiento microbiano (Willix *et al.* 1992).

La adición de antioxidantes a los alimentos permite ampliar la vida media de los de los lípidos presentes en estos productos, al evitar la peroxidación lipídica. Este proceso oxidativo está relacionado con la pérdida de sabor y color del alimento, con la pérdida de valor nutritivo de los mismos y con posibles efectos en la salud como enfermedades de corazón y cáncer (Mc Kibben y Engeseth, 2002). No obstante, a pesar de existir numerosos antioxidantes sintéticos que pueden ser utilizados en este sentido, el uso de algunos de ellos, como el butilato de hidroxianisol y el butirato de hidroxitolueno, ha sido restringido debido a su potencial efecto carcinogénico (Mada-havi *et al.* 1995). Como consecuencia, la búsqueda de antioxidantes naturales, en la mayoría de los casos de origen vegetal, se ha visto incrementada en los últimos años



Mieles madrileñas, cosecha 2000: predominancia de colores oscuros.

(Loliger, 1991). Así, en un estudio realizado recientemente por McKibben y Engeseth (2002) en el que evaluaban distintos tipos de mieles como agente protector de la oxidación de lípidos en parvo troceado, se obtiene una gran efectividad de las mieles evaluadas en la prevención de la oxidación. Por otro lado, también se han obtenido buenos resultados en el empleo de algunas mieles para controlar el pardeamiento enzimático, resultante de reacciones enzimáticas oxidativas, en uvas pasas (McLelland *et al.*, 1995), en zumo de manzana (Lee, 1996), en rodajas de manzana (Oszmianski and Lee, 1990). Sin embargo, la efectividad en la capacidad antioxidante varía según el origen de la miel y parece estar relacionada con su color, observándose que la capacidad antioxidante parece superior con mieles de fuerte coloración (Frankel *et al.*, 1998). No obstante, esta relación entre la capacidad antioxidante y el color de la miel no puede generalizarse, debido al escaso número de mieles de distinto origen evaluadas.

Aunque parece que las mieles contienen numerosos compuestos capaces de actuar como antioxidantes, hasta el momento solo se tiene una idea general de la identidad de los mismos, entre los que se encuentran sustancias como el  $\alpha$ -tocofenol, ácido ascórbico, flavonoides y otros compuestos fenólicos, algunos componentes orgánicos volátiles y enzimas como la glucosa oxidasa, la catalasa y la peroxidasa (McKibben y Engeseth, 2002 y referencias en el mismo). La complejidad y variabilidad de la matriz a estudiar hace que aún sean escasas este tipo de investigaciones.

Esta capacidad antioxidante de la miel da paso a una aplicación distinta de su uso alimentario o terapéutico: se trata de su aplicación cosmética. Así, aunque la utilización de la miel por vía tópica con fines cosméticos no es nueva, se ha observado un aumento de su utilización en el desarrollo de cosméticos faciales, corporales y capilares más naturales. Esta aplicación aprovecha las propiedades nutritivas, emolientes, humectantes y antioxidantes de la miel para la elaboración de los distintos cosméticos, y es una vía interesante de aplicación debido al auge que esta experimentando este sector.

## INDICACIONES TERAPÉUTICAS DEL USO DE LA MIEL

Además de las conocidas características y beneficios de la miel como producto alimenticio, la miel es un producto tradicionalmente utilizado en medicina, tanto sola como combinada con otras sustancias, mediante administración oral o tópica. Como ejemplo indicaremos que existe una referencia gráfica de esta aplicación en un papiro egipcio encontrado en 1872 por el explorador alemán J. Ebers en el que se recogen diversas recetas curativas, para distintas dolencias, que cuentan con la miel como principal elemento. También los sumerios en un manual de medicina de finales del tercer milenio a. de J.C. describían la preparación de un ungüento cicatrizante que contenía miel entre sus componentes. En general, a lo largo de la historia son numerosas las referencias a la miel en su doble papel nutritivo y terapéutico, aunque su aplicación terapéutica en la Edad Contemporánea prácticamente desapareció. Ha sido en los últimos tiempos cuando la revalorización de la medici-



na natural y los descubrimientos sobre la composición y propiedades de los productos obtenidos de las abejas han contribuido a comprender científicamente sus cualidades y han vuelto a dar a la miel un interés terapéutico que había perdido. En las prácticas farmacéuticas modernas la principal utilización de la miel es como excipiente.

A pesar de que su acción antimicrobiana se conoce desde hace más de un siglo, las sustancias responsables de esta actividad no están aún establecidas, ni tampoco la actividad antibacteriana de distintos tipos de mieles, encontrándose una variación importante en esta actividad en función del origen floral de la miel estudiada.

La actividad antibacteriana parece deberse a una combinación de factores como son su elevada presión osmótica, acidez y la presencia de determinadas sustancias antibacterianas o "inhibinas". En general se consideran dos tipos de "inhibinas": el primer tipo está relacionado con la presencia del peróxido de hidrógeno y hay un segundo tipo que incluye diversos compuestos orgánicos aún sin determinar. Entre los compuestos con actividad antibacteriana que han sido identificados están: la 5,7-dihidroxi-flavanona, algunos terpenos, el alcohol benzílico, el ácido 3,5-dimetoxi-4-hidroxibenzoico y su correspondiente ester metílico, el ácido 3,4,5-trimetoxibenzoico, el ácido 2-hidroxi-3-fenilpropiónico, el ácido 2-hidroxibenzoico y el 1,4-dihidroxibenceno. Sin embargo, posiblemente el número de compuestos sea muy superior, ya que se sabe que varios polifenoles, flavonoides y algunos volátiles que componen la miel presentan cierta actividad antioxidante y antibacteriana. La determinación de los componentes de la miel, y concretamente la determinación de los compuestos que presentan actividad antioxidante o antibacteriana es muy complicada, porque la miel es una matriz muy compleja y variable, y la actividad puede depender no sólo de la presencia o no de determinados elementos, sino también de su proporción.

### Efectos osmóticos, pH y viscosidad

La alta concentración de azúcares presentes en la miel da lugar a fuertes interacciones entre estos azúcares y las moléculas de agua, dejando muy pocas moléculas de agua disponibles, por lo que la actividad de agua ( $a_w$ ) es demasiado baja para el desarrollo de numerosas especies de bacterias, levaduras y mohos. Debido a ello, la aplicación tópica de miel a heridas contribuye a su secado y protección al dificultar el crecimiento microbiano.

Por otro lado, la miel es un producto ligeramente ácido que presenta valores de pH entre 3,2 y 4,5, que son valores generalmente adecuados para la inhibición del crecimiento de numerosas especies patógenas. Así, Los valores mínimos de crecimiento para *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Streptococcus pyogenes* son de 4,3, 4,0, 4,4 y 4,5 respectivamente, y el pH óptimo suele estar entre 7,2 y 7,4. Por ello, en la aplicación tópica de la miel sin diluir ésta puede actuar como un efectivo antimicrobiano, mientras que en su aplicación oral, el pH no debe ser tan

bajo debido a la dilución de la misma y por tanto, en estas condiciones, la acidez no puede ser considerada como la causa de una efectiva inhibición bacteriana.

Asimismo, la viscosidad de la miel proporciona una barrera protectora que previene la infección de la herida.

### Compuestos implicados en la actividad antibacteriana

La mayor actividad antibacteriana parece deberse al peróxido de hidrógeno. Este compuesto se produce enzimáticamente por acción de la enzima glucosa oxidasa sobre la glucosa dando lugar a ácido glucónico y peróxido de hidrógeno. Sin embargo, el peróxido de hidrógeno puede destruirse por reacción con ácido ascórbico y iones metálicos presentes en la miel, o bien por acción de la enzima catalasa que puede provenir del néctar de algunas plantas. Como consecuencia de esto, la actividad antibacteriana presenta grandes variaciones de unas mieles a otras. Sin embargo observaciones de que la actividad bacteriana no se destruía cuando se eliminaba el peróxido de hidrógeno, sugirieron que en la actuación antibacteriana participan otros compuestos en su mayoría sin determinar (Allen *et al.*, 1991; Molan y Russell, 1988).

Actualmente, hay una cierta incertidumbre sobre la naturaleza química de los componentes de la miel con capacidad antimicrobiana y, al igual que ocurría con la capacidad antioxidante, mieles de distinto origen muestran capacidades antibacterianas muy diferentes (Allen *et al.*, 1991; Bogdanov 1997; Molan *et al.*, 1988). Por otro lado, además del origen floral de la miel, los tratamientos industriales de la misma pueden afectar a su actividad inhibitoria, obteniéndose una mayor actividad antibacteriana cuando la miel es artesanal (Sinigaglia *et al.*, 2000).

Este campo de investigación está siendo objeto en los últimos tiempos de una mayor atención, aunque aún son escasos e inconexos los resultados obtenidos en este sentido y es necesario completar y ampliar estas investigaciones.

### Potenciales usos terapéuticos de la miel

Las propiedades terapéuticas que se le atribuyen a la miel son numerosas; así, se considera un laxante suave, relajante, antianémica, antiséptica, emoliente, antiinflamatoria, de utilidad en tratamientos de faringitis, laringitis, gripes, úlceras, gastritis, quemaduras, etc. Viendo esto uno tiene la impresión de que la miel vale para casi todo. Sin embargo la mayor parte de estos usos forman parte de la cultura popular y muchos de ellos aún no han sido evaluados científicamente. Posiblemente la efectividad de la miel en gran parte de sus usos médicos se debe a su actividad antibacteriana, a la que nos hemos referido anteriormente, y la efectividad de la misma pasa por una administración tópica. No obstante, en algunas situaciones, como infecciones gastrointestinales o mastitis, podría actuar como un efectivo antibacteriano por vía oral al tratarse de infecciones muy localizadas.



## Curación de heridas

La aplicación de la miel en vendajes para curar heridas forma parte de la medicina tradicional. La aplicación tópica de la miel como agente antibacteriano ha sido redescubierta en los últimos tiempos y son numerosas las citas bibliográficas que hacen referencia a su efectividad en el tratamiento de heridas, quemaduras y úlceras (Blomfield, 1973; Armon, 1980; Effem, 1988; Green, 1988; McInerney, 1990; Phucpradit y Saropala, 1992).

## Rehidratación y tratamiento de gastroenteritis

Se ha evaluado con buenos resultados la efectividad de la miel en el tratamiento de la gastroenteritis en niños entre 8 a 11 años (Haffejee and Moosa, 1985). En este estudio, se sustituyó por miel la glucosa utilizada en la solución oral rehidratante y se observó que, además de la esperada rehidratación, la actividad antibacteriana de la miel permitió una recuperación más rápida de los pacientes. No obstante, la información disponible hasta el momento sobre la efectividad de la miel con las distintas especies de bacterias capaces de producir gastroenteritis es escasa.

Según esto, la miel puede ser utilizada en las soluciones orales de carbohidratos que se utilizan con objeto de rehidratar el organismo cuando tiene lugar una diarrea aguda. Por lo que la miel puede ser de gran utilidad como componente de preparaciones de alimentos funcionales destinados a su ingestión en momentos de actividades que supongan un gran desgaste de energía.

## SEGURIDAD ALIMENTARIA

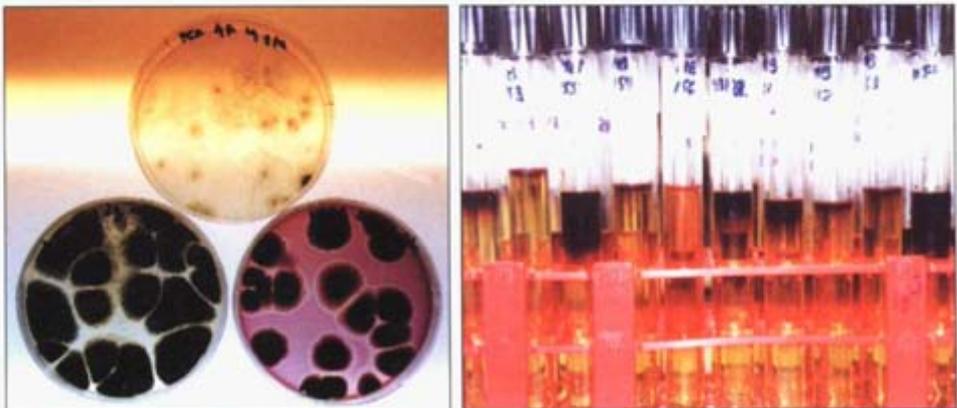
La Calidad y Seguridad de los Alimentos comercializados es actualmente una de las principales preocupaciones del consumidor. Esta mayor sensibilización y preocupación por la calidad y la seguridad de los alimentos se traduce en una mayor demanda de información sobre los productos de consumo, principalmente sobre su origen, niveles de calidad y contenido nutritivo, y se da gran importancia a la posible contaminación de estos productos y sus consecuencias para la salud. Esta preocupación se ve reflejada en que cada vez son más numerosos los estudios relacionados con estos temas llevados a cabo en España por las Asociaciones de Consumidores y Usuarios y publicados en revistas como OCU-Compra Maestra y OCU-Salud. Así, existe un mayor interés por la información recogida en las etiquetas de los productos y por productos con Denominación de Origen o con etiqueta (Label) de Calidad, que en el caso de la miel debería especificar su origen botánico, si ha sido sometida a algún tratamiento, el país o la zona de origen del producto, así como los consejos de conservación, la fecha de consumo preferente y la de la cosecha.

## La flora microbiana de la miel

**Introducción.** La miel, como cualquier producto de origen natural –en este caso, además, con la peculiaridad de su origen conjunto vegetal y animal– presenta una flora microbiana propia, como cualquier otro producto alimenticio, y otro tipo de flora externa que podemos considerar ajena o contaminante. Sin embargo, el comportamiento microbiológico de toda esta flora viene absolutamente condicionado, de forma diferencial a lo que ocurre en otros productos, por las características físico-químicas de este peculiar sustrato:

- el pH ácido, comprendido entre 3,2 y 4,2,
- una humedad inferior al 25%,
- una actividad de agua muy baja,
- una elevada viscosidad,
- y una elevada presión osmótica.

En resumen, características no especialmente adecuadas para el desarrollo microbiano. Sin embargo, aunque no se desarrollen, los microorganismos pueden pervivir en la miel durante largos periodos de tiempo. En las mieles utilizadas para pastelería, o en las comercializadas por grandes marcas, en general, la miel será sometida a un tratamiento térmico que inactivará los microorganismos presentes en la misma. Sin embargo, en el caso de mieles artesanales, que llegan al consumidor crudas y en ausencia de tratamientos térmicos, es importante el estudio cuantitativo y cualitativo de su flora microbiana.



Estudio microbiológico de mieles madrileñas

**La flora microbiana propia de la miel.** Algunos microorganismos presentes naturalmente en la miel provienen i) del néctar de las flores, y ii) del contacto con las propias abejas. Ruiz Argüeso y Rodríguez Navarro (1975) identificaron los principales géneros bacterianos presentes en el néctar de las flores como *Gluconobacter* y *Lactobacillus*. Asimismo existe una variada flora microbiana del género *Bacillus*, fun-

damentalmente en estado esporulado. En mieles de extracción reciente pueden encontrarse formas vegetativas. Estos *Bacillus* no son patógenos ni deterioran la miel. Entre ellos pueden encontrarse responsables de enfermedades de las abejas como *Bacillus larvae* (Loque americana) y *Bacillus alvei* (Loque europea). La identificación de estas especies bacterianas puede ser de gran utilidad para su control por parte del apicultor, como alerta sobre la sanidad del colmenar.

La miel presenta también una flora natural compuesta de hongos y levaduras. Entre los primeros se citan como más frecuentes (Nahmias, 1989; Higes, 1993) los géneros *Penicillium* y *Mucor*. En mieles como las de Madrid, con carácter de sierra y frecuente presencia de mielatos, la presencia de diferentes tipos de hongos debe ser tenida en cuenta. En efecto, los mielatos son secreciones azucaradas provenientes bien del metabolismo de un insecto que parasita una planta, o bien segregadas por la misma planta. En el caso de la miel de Madrid, los mielatos que se encuentran son de *Quercus ilex* (encina) y *Quercus pyrenaica* (roble melojo o rebollo). Ambas especies de Fagáceas segregan mielato al desprenderse de bellotas con defectos o patologías. Este hecho es citado por Rita (1983) en relación a la encina, y corroborado en el melojo (apicultores de APISCAM, Dra. C. de Lorenzo, observaciones personales). Nos extenderemos más sobre este hecho en el capítulo dedicado al Origen Botánico de la Miel. En cualquier caso, estas secreciones azucaradas, dispuestas sobre las plantas, son un excelente "medio de cultivo" para la germinación y desarrollo de esporas fúngicas y microalgas.



Coteos y aislamientos de hongos y levaduras a partir de muestras de miel

Uno de los tipos de esporas más frecuentemente observadas en el sedimento polínico de mieles de mielato (entre ellas, las madrileñas) son las esporas tabicadas del Orden fúngico Moniliales. Por ello géneros como *Monilia* y *Monicillium* forman parte del espectro microbiológico de las mieles madrileñas.

En lo referente a la flora levaduriforme propia de la miel, podemos citar géneros fundamentalmente osmófilos, pues deben estar adaptadas a la elevada presión osmótica de un medio tan rico en azúcares. Entre estos se citan *Saccharomyces*, *Zygospo-*

*romyces* y *Torula* (Nahmías, 1989). Las levaduras osmófilas se citan (Gallego y cols., 2000) como la principal causa de alteración de las mieles, en donde originan fermentaciones indeseables.

Para explicar la presencia de levaduras en la miel se han formulado dos teorías. Según la primera, la higroscopicidad o capacidad de captura de agua ambiental por parte de la miel hace que ésta se diluya en su superficie, permitiendo el desarrollo superficial de levaduras que, poco a poco, van seleccionándose y adaptándose al medio. La otra teoría supone que la cristalización de la glucosa hace descender el porcentaje de azúcar residual en la fracción no cristalizada, en donde pueden desarrollarse las levaduras (Piana, 1989). El valor mínimo de humedad para que las levaduras inicien su crecimiento y proliferación se sitúa en torno al 21%. Esta humedad, muy superior a la determinada en las mieles madrileñas, puede sin embargo alcanzarse si, por efecto de envejecimiento o malas condiciones de conservación, la miel se separa en dos fases. La fase superior, líquida, puede llegar a alcanzar dichos umbrales de humedad, con el consiguiente riesgo de deterioro. La fase inferior se encuentra cristalizada por la sobresaturación de azúcares.



Separación de fases en una miel madrileña tras su almacenamiento a 30°C

Este mismo proceso de separación de fases puede ser la causa del desarrollo de algunos de los hongos mencionados sobre la superficie de la miel. En general, sin embargo, y como afirman Gallego y cols. (2000), la miel enmohecida no se considera un producto causante de intoxicaciones alimentarias. En primer lugar, el aspecto hace renunciar a su consumo. Si consideramos más peligroso que ciertos niveles de desarrollo fúngico, no extremadamente evidentes, puedan suponer un riesgo por producción de micotoxinas (Gallego y cols., 2000) o dar lugar a fenómenos alérgicos (Navarro, este estudio, datos no publicados). Higes (1983) cita también la presencia de *Bettsyra alvei* o moho del polen, que se depositaría en la miel en formación por transporte a la colmena de granos contaminados.



La observación en Contraste de Interferencias permite observar hifas fúngicas introduciéndose por los poros de un grano de polen de retama

#### La flora microbiana externa o accidental a la miel: contaminaciones microbianas.

Consideraremos como tal toda flora microbiana que se introduzca en la miel de manera fortuita, normalmente por manipulaciones poco higiénicas durante la extracción y/o procesado de la misma. Si las condiciones de manipulación son higiénicas, y de acuerdo a buenas prácticas, la presencia de los componentes de esta flora contaminante o accidental será nula o mínima: de aquí la importancia de los conteos microbiológicos. Entre las fuentes de contaminación estarán el suelo, aguas, insectos, los locales o equipos en condiciones higiénicas no adecuadas...

En la Orden de 5 de Agosto de 1983 (B.O.E. de 16/8/83) se aprueba la Norma de Calidad para la miel destinada al mercado interior, especificándose la Norma Microbiológica aplicable a la misma:

Gérmenes patógenos o toxinas	Ausencia
Aerobios mesófilos totales (31°C)	< 1 x 10 <sup>4</sup> ufc/gramo
Enterobacteriaceae totales	Ausencia /gramo
Escherichia coli	Ausencia /gramo
Salmonella-Shigella	Ausencia /25 gramos
Mohos	< 1 x 10 <sup>3</sup> ufc/gramo

Si en una muestra de miel se detecta presencia de *Enterobacteriaceae*, es obligatoria la investigación para excluir la presencia de potenciales patógenos como *Escherichia*, *Salmonella* y *Shigella*. Otros microorganismos no citados específicamente en la Norma de Calidad microbiológica, pero detectados con cierta frecuencia en miel,



son *Staphylococcus aureus* coagulasa positivo, *Bacillus cereus* y *Leuconostoc* sp. Todos ellos pueden estar presentes en la miel sin que el producto sufra ningún tipo de alteración detectable por el consumidor (Gallego y cols., 2000).

Además de los microorganismos mencionados, la miel puede contener esporas de *Clostridium botulinum*. El microorganismo provendría de contaminación de flores, polen o abejas a partir de suelo. Por esta razón, la miel no es un producto recomendado para niños con menos de un año de vida. Aunque la miel no tiene las condiciones necesarias para el desarrollo de esta toxina, debido a su osmolaridad y acidez, el microorganismo puede desarrollarse en el intestino de los lactantes al no estar aún su sistema inmune totalmente desarrollado, dando lugar al botulismo infantil, enfermedad rara pero importante porque afecta al sistema nervioso. Sin embargo, a partir del año nuestro organismo ya es capaz de defenderse de la exposición a estas esporas y la enfermedad no puede desarrollarse. Se han citado brotes de botulismo infantil en EEUU, Canadá, Inglaterra y Suiza (Gallego y cols., 2000 y referencias en el mismo).

#### **El análisis microbiológico de muestras de miel artesanal de la Comunidad de Madrid.**

Las muestras de miel fueron suministradas por la Asociación de Apicultores de la Sierra Norte de Madrid (APISCAM). Se analizaron 99 muestras: 39 pertenecientes a la cosecha 2000 y 60 de la cosecha 2001. Los recuentos de aerobios mesófilos totales, hongos y levaduras y enterobacterias se realizaron de acuerdo a Pascual (1992). Los microorganismos presentes se aislaron y mantuvieron en cultivo puro para su identificación posterior. Las bacterias se identificaron de acuerdo a Bergey (1984); las levaduras, según Deak and Beauchat (1996); y los géneros fúngicos, por observación del microcultivo en agar patata. La presencia de *Clostridium botulinum* se investigó expresamente mediante siembra en agar específico de aislamiento (*C. botulinum* Isolation Agar Base, Sigma) e incubación a 31°C durante 72 horas en jarra de anaerobiosis, tras calentamiento de la dilución de miel (1 g) en agua de peptona (9 mL) a 80°C durante 10 minutos para la destrucción de las formas vegetativas. La presencia de clostridios sulfito reductores se investigó mediante siembra en Agar Sulfito Hierro (Cultimed) e incubación a 37°C durante 72 horas en condiciones de anaerobiosis, tras el mismo tratamiento térmico. Estas dos pruebas se aplicaron a las muestras de miel que presentaron formas bacterianas esporuladas. La metodología utilizada para los recuentos microbiológicos generales se detalla brevemente a continuación:

- **Recuento de colonias aerobias mesófilas totales.** Se aplica la técnica de diluciones decimales en agua de Triptona. Las diluciones se sembraron en masa (1 mL) y por duplicado, hasta la  $10^1$ , en medio PCA (Plate Count Agar), y se incubaron a 31°C durante 72 horas.
- **Recuento de *Enterobacteriaceae* totales.** Se pesó 1 g de miel y se diluyó en 9 mL de Agua Triptona Soja, manteniéndolo durante 2 horas a temperatura ambiente. Este es un procedimiento de preenriquecimiento, destinado a favorecer y restaurar la viabilidad de los microorganismos presentes y sujetos a la eleva-

da osmolaridad y condiciones ácidas de la miel. Posteriormente, y tras obtener las diluciones decimales (hasta  $10^{-3}$ ), se realiza un enriquecimiento en Caldo EE de Mossel. Para ello, a 10 mL del mencionado caldo se añade 1 mL de cada una de las diluciones decimales, en número de cinco réplicas por cada dilución. Las tres series de cinco tubos se incubaron a  $37^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas. Los tubos que resultaron positivos se sembraron (1 mL) en agar bilis rojo violeta (VRBG). Las colonias de enterobacterias son color rojo violeta y aparecen rodeadas de un precipitado de sales biliares. Su identificación se realiza de acuerdo a Bergey (1984) haciendo uso de pruebas bioquímicas y tinciones. El número de enterobacterias totales por mL se obtiene por lectura en tablas del Número Más Probable (NMP), de acuerdo con los tubos positivos en Caldo EE de Mossel confirmados en VRBG.

- **Recuento de hongos y levaduras.** Tras una etapa de preenriquecimiento como la descrita anteriormente y obtención de las diluciones decimales hasta  $10^{-3}$ , se sembró 1 mL en masa en Agar Cooke Rosa Bengala (CRB, Difco), incubándose a  $25^{\circ}\text{C}$  durante 5 días.

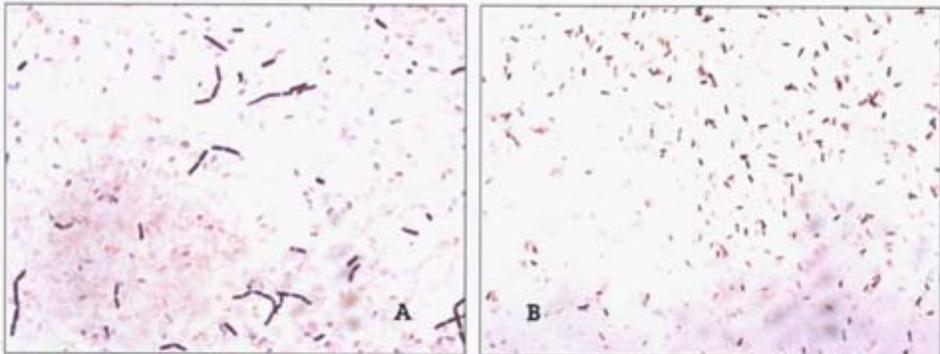
De acuerdo a la legislación mencionada, un 5 % de las muestras de miel de la Comunidad de Madrid analizadas no estarían dentro de los límites microbiológicos establecidos. Estas 5 muestras superan el valor permitido en los recuentos de hongos y levaduras, con recuentos comprendidos entre las 110 y 260 ufc/gramo, excepto en el caso de una muestra con 440 ufc/gramo. Esta muestra corresponde, curiosamente, al único mielato de castaño que se ha obtenido en las muestras analizadas. En cualquier caso, todas las muestras mencionadas corresponden a mieles de mielato, por lo que sería posible relacionar estos recuentos elevados con las condiciones favorables para el desarrollo fúngico que supone la presencia de secreciones azucaradas sobre las plantas en ambientes boscosos y más húmedos. Los recuentos analíticos medios de las 99 muestras analizadas se detallan en la siguiente tabla:

Microorganismos	Recuentos	
	Límite legal	Resultado medio
Aerobios mesófilos totales	$< 1 \times 10^4$ ufc/g	7.2 ufc/g
Enterobacterias totales	Ausencia /g	Ausencia/g
Hongos y levaduras	$< 1 \times 10^2$ ufc/g	40.5 ufc/g
Clostridios sulfitorreductores	---	Ausencia /g
Clostridium botulinum	---	Ausencia /g

Tras los recuentos correspondientes, se procedió al aislamiento mediante siembra de los diferentes tipos de colonias obtenidas en el correspondiente medio de mantenimiento: PCA para aerobios mesófilos, TGY para levaduras y MEA para mohos. Se ha

iniciado así una colección de aislados microbianos representativa de la flora microbiana de las mieles madrileñas.

Se obtuvieron 121 cultivos puros aislados en PCA, de los cuales 60 (50%) pertenecían al género *Bacillus*. Las especies identificadas se detallan a continuación: *Bacillus firmus*, aislado de un 13% de las mieles analizadas, *Bacillus brevis*, *Bacillus pasteurii*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus badius*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus laterosporus*, *Bacillus larvae* y *Bacillus sp.*

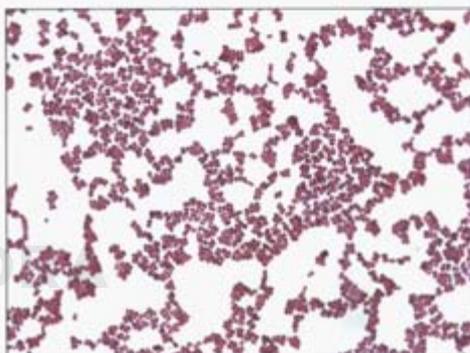


Aspectos de representantes del género *Bacillus* aislados de mieles de Madrid (fotos T. Navarro)  
A) *Bacillus larvae*; B) *Bacillus firmus*

Los restantes 61 cultivos correspondían a bacilos no esporulados: Cocos Gram +, 2 aislados (1,65%); Bacilos Gram -, 4 aislados (3,31%); y Bacilos Gram+, 55 aislados (45,5%). Entre los bacilos no esporulados identificados destacan cuantitativamente las siguientes especies: *Brochotrix thermosphacta*, *Listeria murrayi*, *Agromyces ramosus*, *Microbacterium laevaniformans*, *Propionibacterium jensenii*, *Propionibacterium freudenreichii* y representantes de los géneros *Lactobacillus*, *Arthrobacter*, *Cellulomonas*, *Propionibacterium* y *Lactobacillus*. Ningún representante es patógeno para el hombre, siendo en general flora colonizadora de plantas, suelos, aguas y fangos, así como de algunos productos alimenticios.

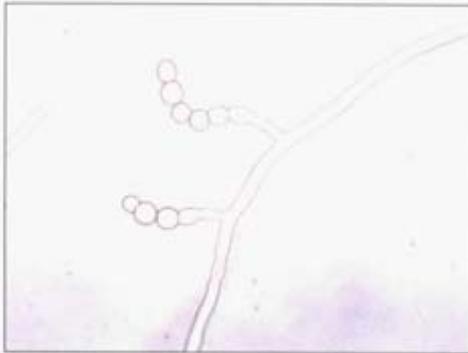
Ninguna de las especies bacterianas identificada es un patógeno humano ni causante de deterioro de la miel. Entre las especies del género *Bacillus* destaca la presencia de *B. larvae* en 2 muestras de miel. Esta bacteria, como ya se ha indicado, es la causante de la enfermedad de las abejas conocida como Loque americana.

En lo tocante a la flora fúngica, la mayor parte de los aislados identificados correspondieron a cuatro géneros: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Gliocladium* y *Mucor*. En menor proporción se han aislado también: *Epicoccum*, *Pithomyces*, *Paecilomyces*, *Trichoderma*, *Monilia*, *Monicillium*, *Graphium*, *Botrytis* y *Basipetospora*. En la siguiente tabla se facilita el porcentaje de aparición de los géneros mencionados sobre los totales de las muestras analizadas:

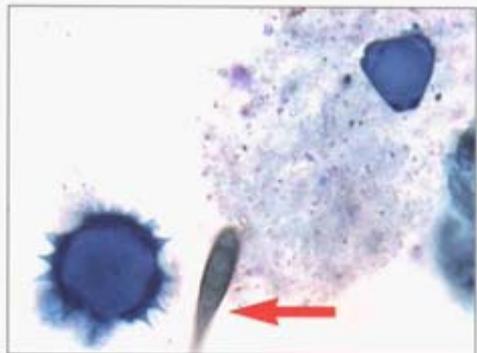
*Lactobacillus* sp.*Agromyces ramosus**Propionibacterium* sp.*Micrococcus* sp.

Género	Cosecha 2000	Cosecha 2001
<i>Aspergillus</i>	26.7	25.6
<i>Penicillium</i>	35.0	10.3
<i>Mucor</i>	5.0	5.0
<i>Gliocladium</i>	15.0	7.7
<i>Graphium</i>	1.6	2.5
<i>Pithomyces</i>	1.6	2.5
<i>Epicoccum</i>	5.0	2.5
<i>Monilia</i>	5.0	0
<i>Monicillium</i>	0	2.5
<i>Trichoderma</i>	1.6	7.7
<i>Paecilomyces</i>	6.7	0
<i>Basipetospora</i>	0	2.5

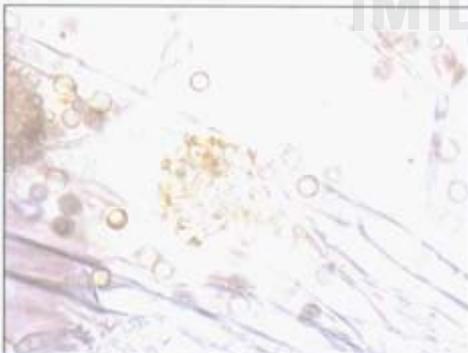
La mayor parte de la flora fúngica tiene su hábitat en el suelo y la vegetación, por lo que su presencia en las muestras de miel resulta banal. Si resulta digna de mención la elevada proporción de representantes del género *Aspergillus*, precisándose la identificación a nivel de especie dado que algunas de ellas pueden producir micotoxinas dañinas para el hombre. Asimismo, hongos como *Monilia* y *Trichoderma* pueden estar relacionados con procesos alérgicos en humanos. La presencia de los



*Monilia* sp.



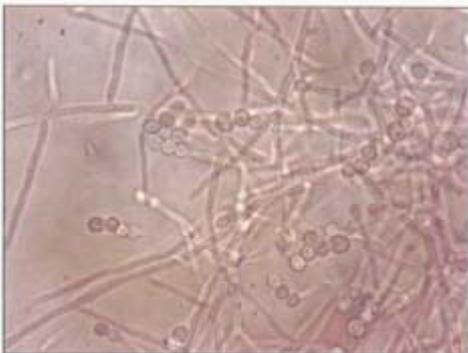
Espora tabicada del Orden Moniliales  
Miel cosecha 2001



*Aspergillus* sp.



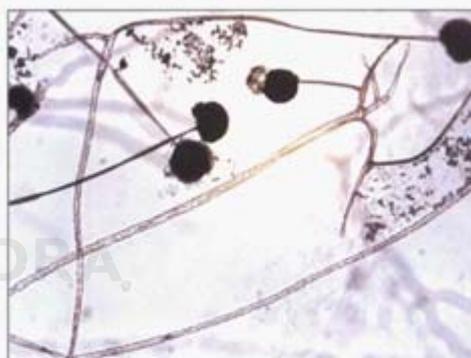
*Penicillium* sp.



*Basipetospora* sp.

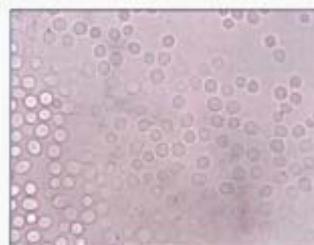


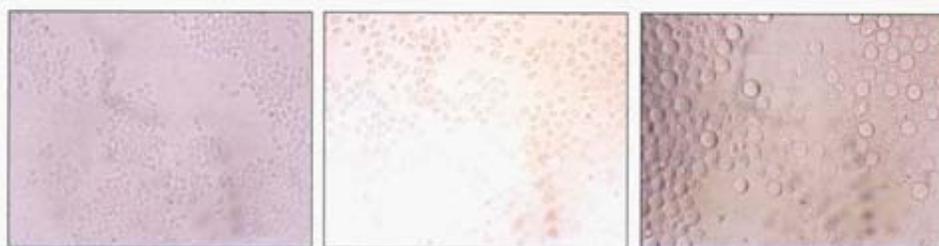
*Epicoccum* sp.

*Trichoderma* sp.*Paecilomyces* sp.*Pithomyces* sp.*Mucor* sp. (Fotos T. Navarro)

representantes del Orden Moniliales, cuyas características esporas tabicadas se observan con frecuencia en el sedimento polínico de las mieles madrileñas, puede estar en relación con la presencia de los mielatos, al desarrollarse los hongos sobre estas secreciones azucaradas.

Por último, en lo que se refiere a la flora levaduriforme presente en las mieles artesanales de la Comunidad de Madrid, el recuento más elevado fue de 8 ufc/g de miel. De las 99 muestras estudiadas, aparecieron levaduras únicamente en 15 de ellas (15%). Las especies identificadas fueron *Candida versatilis*, *Candida magnoliae*

*Candida versatilis**Candida magnoliae**Cryptococcus albidus*



Candida apicola

Rhodotorula mucilaginosa

Leucosporidium scottii

y *Cryptococcus albidus* como las mayoritarias, y en menor medida *Leucosporidium scottii*, *Candida apicola*, *Pichia anomala*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Rhodotorula glutinis* y *Wickerhamiella domeroquiae*.

### Normativa de calidad de la miel. El Análisis de Residuos

En Enero de 2002 en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas se publicó una nueva Directiva relativa a miel, que sustituye a la Directiva 74/409/CEE, con efectos a partir del 1 de Agosto de 2003. Esta Directiva, en su Anexo I, define la miel de consumo y la miel para usos industriales y establece las principales variedades de la miel en función de su origen, elaboración o presentación. En el Anexo II de la misma se definen y establecen las características de composición de la miel en el momento de su comercialización.

En la evaluación de la calidad y seguridad de la miel de los alimentos tiene gran importancia la presencia o ausencia de residuos de contaminantes orgánicos, y de estar presente, la determinación de los niveles de los mismos. De acuerdo con la nueva directiva: "la miel debe estar exenta, en la medida de lo posible de materias orgánicas e inorgánicas ajenas a su composición". Sin embargo, la comercialización de mieles importadas de distintos países, China, Sudamérica, Australia o Países del Este, o la mezcla de ésta con las mieles autóctonas, aumenta la posibilidad de encontrar residuos en miel debido a que algunos países parecen tener mayor contaminación de la miel de la desecada. En general los residuos orgánicos detectados en mieles españolas son normalmente muy bajos.

Los potenciales contaminantes que pueden encontrarse en la miel se indican a continuación.

- **Residuos de pesticidas**

La miel puede verse contaminada con residuos de productos fitosanitarios procedentes de tratamientos de plaguicidas en los cultivos o campos próximos a las colmenas, así como por tratamientos químicos utilizados contra el ácaro *Varroa jacobsoni*, que afecta a las abejas y provoca pérdidas masivas en las colonias. Esta es la principal fuente de contaminación de la miel por pesticidas.



La especie europea *Apis mellifera*, la de mayor capacidad para la producción de miel, es muy susceptible de ser parasitada por *Varroa jacobsoni*, utilizándose generalmente acaricidas para controlar esta enfermedad, con el riesgo potencial de contaminación de la miel y sus derivados que eso supone. Tratamientos con las dosis recomendadas de acaricidas durante el tiempo adecuado no tienen por qué dar lugar a residuos en la miel; sin embargo, tratamientos inadecuados de las colmenas con cantidades o tiempos de exposición incorrectos pueden conducir a la contaminación de la miel por estos compuestos, con sus consiguientes efectos sobre la salud. Entre los principales pesticidas utilizados como acaricidas de *Varroa jacobsoni* se encuentran el amitraz, el clorfenvinfos y el fluvalinato. Este último es una piretrina de muy baja toxicidad altamente eficaz contra *Varroa* hasta que en 1995 empezaron los primeros problemas de resistencia.

Existe una gran diversidad de pesticidas que pueden ser introducidos por las abejas en la miel debido a que recorren largas distancias posándose sobre numerosas plantas, muchas de ellas tratadas. Esto hace necesario el desarrollo de métodos multiresiduos, rápidos y selectivos, que permitan detectar los contaminantes potenciales de diversos tipos de miel a nivel de trazas (Sánchez-Brunete *et al.*, 2002; Albero *et al.*, 2001; Volante *et al.*, 2001; Jansson, 2000). Sin embargo, aunque se ha descrito presencia de alguno de estos contaminantes en miel (Rathi *et al.*, 1997; Al Rifai y Akeel, 1997), en la literatura científica son escasos los datos sobre los niveles de productos fitosanitarios en miel debido a que en la mayoría de los casos los análisis de las mieles van dirigidos a la validación de los métodos extractivos y analíticos desarrollados.

La mayor parte de los métodos descritos utilizan la extracción líquido-líquido o la extracción en fase sólida para la preparación de la muestra y, como técnica cromatográfica para los análisis, generalmente se utiliza la cromatografía de gases con detectores de nitrógeno-fósforo (NPD), captura de electrones (ECD), o detector de masas, dependiendo de la estructura química de los residuos a analizar.

### • Contaminación por antibióticos

Los antibióticos se utilizan para luchar contra dos importantes enfermedades de las abejas, las loques europea y americana, debidas a las bacterias *Melissococcus (Streptococcus) pluton*, y *Bacillus larvae*, respectivamente. Así, los antibióticos pueden llegar a la miel por el empleo de los mismos en el control de enfermedades relacionadas con las colmenas, o pueden provenir de la aplicación de éstos en el control de otras enfermedades. Este último es el caso de los residuos de estreptomycinina detectados en miel, cuyo principal origen es la aplicación masiva de este producto en el control de enfermedades de árboles frutales.

La mayoría de los antibióticos encontrados en alimentos son consecuencia de su utilización con fines preventivos en lugar de con fines únicamente curativos. Se han detectado antibióticos en diversos alimentos, carnes de pollo, cerdo o vacuno, además de en miel, alarmando a los consumidores sobre las futuras consecuencias de una presencia masiva de este tipo de residuos en los productos de consumo.



En el caso de la miel, los residuos de antibióticos encontrados normalmente son de tetraciclinas, sulfamidas y estreptomina. Un reciente estudio realizado por la Organización de Consumidores y Usuarios española (OCU-Compra Maestra, 2002) ha encontrado presencia de sulfamidas y tetraciclinas en un 35% de las muestras analizadas, aunque no en dicho estudio no se especifica si las mieles eran nacionales, importadas o mezclas. En estudios realizados recientemente por las Agencias Alimentarias de Bélgica y Reino Unido se han detectado también un alto porcentaje de mieles con residuos de antibióticos, aunque la mayor parte de las mieles contaminadas contenían estreptomina y provenían de importaciones de China o eran mezclas con mieles importadas de este país, por lo que como medida preventiva se han bloqueado temporalmente las importaciones de mieles chinas.

A pesar de que las concentraciones encontradas en estos análisis parecen no suponer un riesgo directo para la salud humana, la OCU considera preocupante el exceso de antibióticos de nuestro entorno, debido a que a largo plazo podrían dar lugar a la aparición de microorganismos resistentes, con lo que los tratamientos de diversas enfermedades hoy controladas dejarían de ser efectivos. Por ello, aunque es necesario la utilización de estos productos en animales, ésta debe ser con fines curativos y evitando su presencia en el producto final de consumo.

La bacteria *Bacillus larvae*, responsable de la Loque Americana, ha sido aislada en el IMIA como contaminante de alguna miel artesanal de la Comunidad de Madrid. Se trata de un microorganismo que no es patógeno para el hombre, aunque afecta enormemente a las abejas dando lugar a importantes pérdidas en el sector apícola. Los tratamientos antibióticos se dirigen, preferentemente, a la eliminación de estas enfermedades bacterianas de las abejas. A fin de garantizar la calidad y seguridad alimentarias de las mieles de la Comunidad de Madrid, en el IMIA se pretende investigar la presencia de residuos antibióticos en dichas mieles artesanales. La ausencia de antibióticos, especialmente tetraciclinas, en el producto final debe garantizarse al consumidor, como resultado de una correcta aplicación del tratamiento y respeto de los plazos de seguridad.

La técnica cromatográfica más empleada para el análisis de residuos de antibióticos es la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

#### ▪ Contaminantes atmosféricos

Los contaminantes orgánicos con una gran presencia medioambiental pueden depositarse sobre las plantas y originar contaminaciones susceptibles de ser introducidas en la miel por las abejas. Entre los posibles contaminantes atmosféricos están los compuestos organoclorados, principalmente los bifenilos policlorados (PCBs), y los hidrocarburos volátiles poliaromáticos (PAHs).

A pesar de este riesgo potencial, no han sido encontradas referencias científicas que indiquen la presencia de alguno de estos compuestos en miel, aunque sí están siendo desarrollados métodos extractivos y analíticos que permitan la detección en miel de este tipo de contaminantes.



- **Contaminación por metales pesados**

Este tipo de contaminación no parece preocupante, y puede provenir principalmente de los recipientes o pinturas utilizadas por parte de los apicultores. Por tanto para prevenir esta contaminación conviene utilizar material de acero inoxidable y no tratar el interior de las colmenas con agentes protectores o pinturas.

En el estudio realizado en este sentido por Mena *et al.* (1999) en el que evaluaron metales pesados en mieles de Tenerife se concluyó que los bajos niveles encontrados de estos elementos no representaban riesgo para la salud.

- **Miel sin residuos**

La miel es un alimento natural y por tanto debe estar exento de residuos de productos indeseables, pero como hemos visto anteriormente no siempre es así. En la mayoría de los casos estos residuos pueden evitarse eligiendo bien el tratamiento, realizándolo con las dosis adecuadas de producto y llevando a cabo la correcta aplicación de los mismos, respetando las épocas de tratamiento y sobre todo, realizando dichos tratamientos sólo en caso de existir el problema para el que están destinados (Gómez Pajuelo, 2002).

En relación con los tratamientos de la varroasis, como principal fuente de contaminación de miel por fitosanitarios, se están evaluando la eficacia de productos alternativos de origen natural como el timol, el mentol y algunos ácidos orgánicos como el ácido oxálico con el fin de obtener tratamientos suficientemente eficaces, fáciles de administrar y que no dejen residuos. Los resultados obtenidos con Timol (Flores *et al.*, 2000) y ácido oxálico (Arculeo, 2000) son esperanzadores, aunque aun es necesario profundizar en diversos aspectos relacionados con los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Al Rifai J., Akeel N. (1997). *Determination of pesticide residues in imported and locally produced honey in Jordan*. J. Apic. Res. 36 (3/4) 155-161.
- Albero B., Sánchez-Brunete C., Tadeo J.L. (2001). *Multiresidue determination of pesticides in honey by solid-phase dispersion and gas chromatography with electron-capture detection*. J. AOAC Int. 84 (4). 1165-1171.
- Allen K.L., Molan P.C., Reid G.M. (1991). *The variability of the antibacterial activity of Honey*. Apiacta, 26, 114-121.
- Anthony S., Rieck J.R., Dawson P.L. (2000). *Effect of dry honey on oxidation in turkey breast meat*. Poult. Sci. 78, 1846-1850.
- Arculeo P. (2000). *Acido oxálico. Experiencia realizada en el Sur de Italia*. Vida Apícola. 102, 44-48.
- Armon P.J. (1080). *The use of honey in the treatment of infected wounds*. Trop. Doct. 10, 92.
- Bergey (1984) *Manual of Systematic Bacteriology*, 9<sup>th</sup> Ed. Williams and Wilkins, Baltimore.

- Blomfield R. (1973). *Honey for Decubitus Ulcers*. J. Am. Med. Assoc. 224, 905.
- Chen L., Mehta, A., Berenbaum, M., Zangler, A.R. and Engeseth, N.J. (2000). *Honeys from different floral sources as inhibitors of enzymatic browning in fruit and vegetable homogenates*. J. Agr. Food Chem. 48(19): 4997-5000.
- Deak, T. and Beauchat, L.R. (1996). *Handbook of Food Spoilage Yeasts*. CRC Press. ISBN 0-8493-2703-2.
- Directiva 2001/110/CE del Consejo de 20 de Diciembre de 2001 relativa a la miel. Diario Oficial de las Comunidades Europeas 12-1-2002. L10/47-52.
- Effem S.E.E. (1988). *Clinical observations on the wound healing properties of honey*. Br. J. Surg. 75, 679-681.
- Flores J.M., Ruiz J.A., Cunha S.R., Ruz, J.M., Puerta F., Campano F., Gallego O. (2000). *Varroa. Timol y otros aceites esenciales*. Vida Apícola. 104, 26-31.
- Frankel, S., Robinson, G.E. and Berenbaum, M.R. (1998). *Antioxidant content and correlated characteristics of 14 monofloral honeys*. J. Apic. Res. 37, 27-31.
- Gallego, A.R., Gallardo, C.S., González, J.A. y Rodríguez, L.A. (2000). *Calidad microbiológica de la miel artesana. Indicadores de contaminación no incluidos en la legislación*. Alimentaria 310: 71-76.
- Gómez Pajuelo A. (2000). *La varroasis en España. Situación actual*. Vida Apícola. 102, 49-53.
- Green A.E. (1988). *Wound healing properties of honey*. Br. J. Surg. 75, 1278.
- Haffejee I.E., Moosa A. (1985). *Honey in the treatment of Infantile Gastroenteritis*. Br. Med. J. 290, 1866-1967.
- Higes, M. (1993). *Estudio hidrobiológico de la miel*. Resúmenes de la XII feria Regional Apícola de Castilla-La Mancha, pp.27-37.
- *Honey*. Scientific Report. Office of Complementary Medicines. 1998.
- Jansson C. (2000). *Multiresidue method for the gas chromatographic determination of pesticides in honey after solid-phase extraction clean-up*. J. AOAC. Int. 83 (3), 714-719.
- Lee, C.Y. (1996). *Substitution of honey for sulfur dioxide in grape juice processing*. Am. Bee J. 136: 872-873.
- Loliger J. (1991). *The use of antioxidants in foods*. In I.O. Auroma and B. Halliwell, *Free radicals and food additives* (pp. 121). London: Taylor and Francis.
- Madahavi D.L. and Salunkhe D.K. (1995). *Toxicological aspects of food antioxidants*. (pp.267) In D.L. Madavi S.S. Deshpande and D.K. Salunkhe, *Food antioxidants* New York: Marcel Dekker Inc.
- McInerney R.J.F. (1990). *Honey a remedy rediscovered*. J. Royal Soc. Med. 83, 127.
- McKibben J. and Engeseth N.J. (2002). *Honey as a Protective agent against lipid oxidation in ground turkey*. J. Agric. Food Chem. 50, 592-595.
- McLelland, M.R., Kime, R.W., Lee, C.Y., and Long, T.M. (1995). *Effect of honey as an antibrowning agent in light raisin processing*. J. Food Process. Preserv. 19: 1-8.
- Mena I., Frías I., González T., Hardisson A. (1999). *Metales pesados en mieles de Tenerife*. XIII Congreso Español de Toxicología. Granada. Rev. Toxicol. 16: 198.
- Molan P.C., Russell K.M. (1988). *Non-peroxide activity in some New Zealand honeys*. J. Apic. Res. 27 (1) 62-67.
- Nahmias, F. (1996). *Curatevi con il mieli*. G. de Vecchi Editore, Milano. Pp. 43-47.

- OCU-Compra Maestra (2002). *A la rica miel*. 257, 10-14.
- Ortiz Valbuena A.; Fernández Maeso M.C.; Subrá Muñoz de la Torre E. (1996). *Principales características de la miel de La Alcarria*. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente. Junta de Comunidades de Castilla la Mancha. España.
- Oszmianski, J., Lee, C.Y. (1990). *Inhibition of polyphenol oxidase activity and browning by honey*. J. Agric. Food Chem. 38, 1892-1895.
- Pascual Anderson, M.R. (1992). *Microbiología alimentaria: metodología analítica para alimentos y bebidas*. Díaz de Santos. ISBN 84-7978-030-4.
- Phuapradit W., Saropala N. (1992). *Topical application of honey in treatment of abdominal wound disruption*. Aust. NZ J. Obstet. Gynaecol. 32 (4), 381-384.
- Piana, L., Ricciardelli, D.G. e Isola, A. (1989). *La Miel*. Mundi Prensa Ed.
- Rathí A., Kumari B., Gahlawat S.K., Sihag R.C., Kathpal T.S. *Multiresidue analysis of market honey samples for pesticidal contamination*. Pest. Res. J. 9 (29), 226-230.
- Rita, J. (1983). *Flora melífera de la provincia de Lleida*. Excma. Diputación Provincial de Lleida. ISBN 84-500-8780-5.
- Ruiz Argüeso, T. and Rodríguez navarro, A. (1975). *Microbiology of ripening honey*. Appl. Microbiol. 30: 893-896.
- Sáenz Laín C. y Gómez Ferreras C. (2000). *Mieles Españolas. Características e identificación mediante el análisis del polen*. Ediciones Mundi-Prensa. ISBN 84-7114-877-3.
- Sánchez-Brunete C., Albero B., Tadeó J-L. (2002). *Determination of insecticides in honey by matrix solid-phase dispersion and gas chromatography with nitrogen-phosphorus detection and mass spectrometric confirmation*. J. AOAC Int. 85 (1), 2002.
- Volante M., Galarini R., Miano V., Cattaneo M., Pecorelli I., Bianchi M., Marinoni M.T., Cossignani L., Damiani P. (2001). *A SPME-GC-MS approach for antivarroa and pesticide residues analysis in honey*. Chromatographia, 54 (3/4), 241-246.
- Willix D.J., Molan P.C. Harfoot C.G. (1992). *A comparison of the sensitivity of wound-infecting species of bacteria to the antibacterial activity of manuka honey and other honey*. J. Appl. Bacteriol. 73 (5), 338-394.

# 4 El origen botánico de la miel: el análisis melisopalinológico

Cristina de Lorenzo

*Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria IMIA*

## INTRODUCCION

Con el nombre de Melisopalinología se designa a la ciencia que estudia los granos de polen presentes en la miel. Se encuadra dentro de la Palinología, y por extensión su área de aplicación comprende también el polen comercial. El objeto o fin último del estudio melisopalinológico de una miel es la determinación, en la medida de lo posible, de cuáles han sido las flores en las que han libado las abejas; es decir, qué procedencia botánica tiene la miel. Naturalmente, el análisis melisopalinológico es, tras su certificación por las autoridades competentes, una gran garantía de origen y pureza para el consumidor.

La Melisopalinología comenzó a desarrollarse en Europa hará ya unos sesenta o setenta años. El auge de los trabajos melisopalinológicos en España es, sin embargo, bastante más reciente, y corre paralelo al desarrollo de la apicultura en nuestro país. Como ya se ha comentado, la rentabilidad y planificación de una explotación apícola están, entre otros factores, ineludiblemente ligadas a los recursos melíferos de la zona donde se van a situar las colmenas. Ello implica, por un lado, un cierto conocimiento de la flora melífera y, por otro, la capacidad de reconocimiento y distinción de los granos de polen presentes en la miel obtenida, como indicador y garantía de que las abejas han alcanzado y preferido las floraciones deseadas por el apicultor. Y es que los dos principales productos de la colmena, la miel y el polen apícola, presentan una gran -enorme- variación en lo referente a sus características físicas, químicas y sensoriales, dependiendo de su origen botánico. Puede deducirse, por tanto, que este origen botánico será factor clave en la aceptabilidad de un determinado tipo de miel, en el grado de preferencia que los consumidores le otorguen.

Por ello este capítulo, dedicado al polen presente en la miel, se debe entender como íntimamente ligado al capítulo 1, en el que se habla de los recursos melíferos de la Comunidad de Madrid; a los capítulos 2, 5, 6 y 7, dedicados en detalle a diferentes aspectos físico-químicos de la miel; al capítulo 8, porque la flora libada por las abejas es la que determina los aspectos sensoriales que la miel madurada poseerá; y, en fin, al capítulo 9 en el que se resumen las características de las principales clases de miel tipificadas en la Comunidad de Madrid. Tipificadas haciendo uso de cinco características físico-químicas y del análisis melisopalinológico.

Todas las técnicas y aplicaciones que se van a detallar en este capítulo tienen su concreción en dos aspectos de importancia:

- Por un lado, la determinación de las principales fuentes melíferas en la Comunidad de Madrid, de su persistencia temporal o de la influencia de las condiciones climatológicas del año, y
- Por otro, la confección de una especie de "biblioteca" de referencia de pólenes comúnmente encontrados en las mieles de Madrid. Esta *palinoteca* asocia la imagen y somera descripción de la especie botánica productora de un determinado tipo de polen con la microfotografía y descripción del mismo. El lector puede encontrar la Palinoteca de la Sierra de Madrid en el Anexo III; como toda actividad con base biológica, la apicultura está en constante cambio; por ello, y aunque se ha procurado abarcar la mayor parte del espectro polínico presente en las mieles de Madrid, esta palinoteca no debe, ni mucho menos, considerarse cerrada.

El estudio melisopalínológico de una miel se realiza a través de la observación microscópica del sedimento de la misma. Los granos de polen presentes en una miel proceden, fundamentalmente, de los que han caído desde las anteras al néctar que liba la abeja. Puede entenderse fácilmente que existe una gran variedad de factores que influyen en este contenido polínico del néctar, que comentaremos con posterioridad.



Una abeja libando sobre una flor de jaramago (gr. *Diplotaxis*)

Una vez la abeja ha succionado el néctar, éste irá pasando por los aparatos digestivos de diferentes individuos. En este proceso el néctar, y luego la miel en formación, pasarán a través del buche melario de la abeja, órgano que retiene o filtra granos de polen. Y, además de todo lo mencionado, existen otras aportaciones de polen al sedimento de la miel (ver "Análisis cuantitativo").

Por todo lo expuesto, este análisis que debe darnos la garantía del origen botánico de una miel no debe considerarse infalible. Su carácter es ciertamente muy orientativo, y hoy por hoy todavía no existe una técnica alternativa que nos facilite la misma cantidad de información sobre la procedencia botánica de una miel. Pero los datos del análisis palinológico deben ser siempre interpretados junto con una serie de datos físico-químicos y con el Análisis Sensorial. Una miel no podrá considerarse "miel de..." por ejemplo, romero, si no reúne las características físico-químicas y sensoriales TÍPICAS o CARACTERÍSTICAS de la miel de romero. Se plantean, en este punto, dos necesidades:

- La de definir, con precisión e inequívocamente, las características físico-químicas y sensoriales de las mieles, y
- La de evaluar el efecto de las diferentes combinaciones botánicas en el resultado final: la miel. No será nunca igual una miel de labiadas con un alto porcentaje de polen de brezo acompañante, que con viborera como acompañante.

Entre los datos físico-químicos más importantes podemos citar el pH, la conductividad eléctrica, el contenido en cenizas, el contenido en monosacáridos mayoritarios y la rotación óptica de la miel. Todos ellos son analizados en detalle en el capítulo 2. La información de estos análisis, junto con el color de la miel, permite presumir o establecer la contribución de los mielatos al origen botánico de la miel, aspecto que se ha mostrado de gran relevancia en la tipificación de las mieles madrileñas.

## LAS MATERIAS PRIMAS DE LA MIEL: EL NECTARY EL MIELATO

La Norma de Calidad para la miel destinada al mercado interior en España (B.O.E. de 14 de Agosto de 1983), define la miel de la siguiente forma: *Producto alimenticio producido por las abejas melíferas a partir del néctar de las flores, o de las secreciones procedentes de partes vivas de las plantas o que se encuentren sobre ellas, que las abejas liban, transforman, combinan con sustancias específicas propias, almacenan y dejan madurar en los panales de la colmena.*

De esta definición se concluye que hay DOS materias primas para dar miel: una es el néctar de las flores, contenido en órganos especializados denominados *nectarios*, con forma y disposición muy variadas (para una revisión, ver Socorro y Espinar (1989)), y que originará la miel de flores o miel floral, y otra son las secreciones azucaradas que se encuentran sobre las plantas: estas secreciones se denominan *mieladas* o *mielatos*. Los mielatos pueden producirse por ataques parasitarios (pulgon, cochinillas...), o ser secretados directamente por la planta. En el primer caso, los insectos poseen un aparato bucal especializado que les permite acceder a la savia elaborada de la planta, tras succionarla y metabolizarla, el exceso es secretado al exterior del insecto, y entonces libado por las abejas. En el segundo caso, es la planta la que segrega una solución azucarada; bien puede ser que esta secreción se origine como consecuencia de un ataque parasitario, pero el mielato producido no tiene

contribución animal previa a la de la abeja, y ello se reflejará en sus propiedades físico-químicas (por ejemplo, en la composición carbohidratada) y bioquímicas (actividades enzimáticas). Hay autores que hablan, respectivamente, de mielatos *animales* y *vegetales*.

Aquellas mieles cuyo origen son los mielatos son, *teóricamente*, ricas en algas microscópicas, restos de micelios fúngicos, etc. ya que la mielada que impregna troncos de árboles, hojas, etc. constituye un buen medio de cultivo para los microorganismos. Además, sobre estas secreciones ricas en azúcares y pegajosas, se quedan adheridos granos de polen, de las propias plantas productoras (por ejemplo, de representantes de las Fagáceas: robles y encinas, caso de la Comunidad de Madrid) y de otras especies botánicas de polinización *anemófila*, cuyos pólenes son arrastrados por el viento. Las mieles florales y las de mielato presentan una serie de diferencias muy apreciables, y la caracterización de las mismas motiva muchas páginas de este libro, pues la contribución de los mielatos a las mieles de la Comunidad de Madrid es valiosa e importante, cualitativamente y cuantitativamente.



Izquierda: floración en amentos colgantes de la encina (*Quercus ilex*), productora de mielatos. Derecha: detalle de una retama (*Genista florida*), productora de néctar.

## EL POLEN DE LA MIEL

A no ser que haya sido expresamente sometida a un proceso de filtrado al efecto, toda miel contiene –debe contener– una cantidad, más o menos importante, de granos de polen. Estos están, fundamentalmente aunque no *exclusivamente*, derivados de las plantas en las que la abeja ha libado, sea néctar o sea mieladas. El reconocimiento de tales granos de polen, es decir, de la especie botánica que los ha producido, la cuantificación de su cantidad relativa o porcentaje en el sedimento polínico y el conteo e identificación de los elementos indicadores de mielada (esporas, hifas, microalgas, ver Capítulo 3) constituye el análisis melisopolinológico de la miel. Este suministra una importante base de conocimiento para, a través de la flora melífera identificada, determinar el origen botánico y, en muchos casos, geográfico de la miel.

Como hemos indicado, el polen que aparece en la miel procede, en su mayoría aunque no exclusivamente, de las especies vegetales que ha libado la abeja. En efecto, hay aportes de polen secundarios, originados, por ejemplo por microcorrientes en la colmena, o terciarios, originados por el manejo del propio apicultor. La abeja transporta el polen desde la flor hasta la colmena de dos formas:

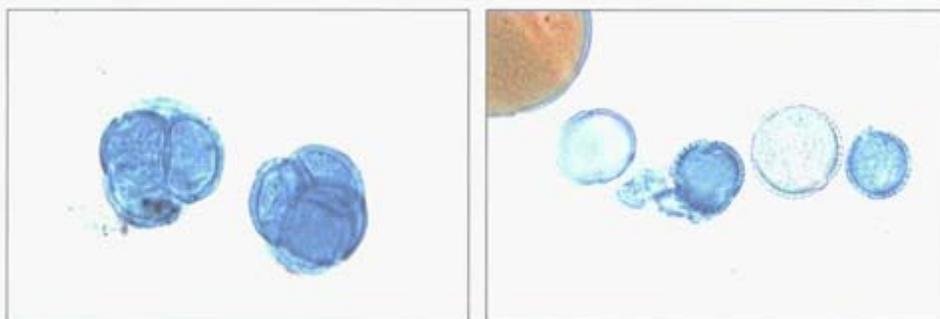
- en el buche melario, mezclado con el néctar y sus secreciones salivares (polen que ha caído en el néctar o ha ingerido la abeja a través de la probóscide), o
- adherido a su cuerpo, por efecto de la impregnación. El cuerpo de las abejas recolectoras aparece completamente cubierto de polen al visitar ciertas plantas. Un ejemplo claro en la sierra madrileña lo constituye la jara pingosa (*Cistus ladanifer*). Esta se encuentra perfectamente adaptada para la atracción de los insectos polinizadores, con sus grandes manchas de olor en los pétalos, el intenso olor del ládano secretado, la disposición abierta de la flor con la exposición de las anteras, y la enorme cantidad de polen producida. Dependiendo de la morfología polínica, en general, las abejas quedan recubiertas de polen en la cabeza, el tórax y abdomen (superior o inferiormente) (Sainz y Gómez, 2000).



*Cistus ladanifer*

En las Espermatofitas o plantas con semillas, el grano de polen (en cuyo interior se desarrollará el gameto masculino), se origina en el interior del *saco polínico*. Estos se encuentran en las *tecas* o cavidades situadas en las *anteras*, parte superior de los *estambres* de las flores. Como en cualquier proceso meiótico, o de división reductiva del contenido genético, a partir de la *célula madre* se originan 4 granos de polen. Estos permanecen originariamente juntos, constituyendo una *tétrada*. Posteriormente estos granos de polen se separarán durante su liberación final en el *saco polínico*.

cunque en algunas familias botánicas permanecen juntos (Ericáceas), lo que constituye un criterio taxonómico.

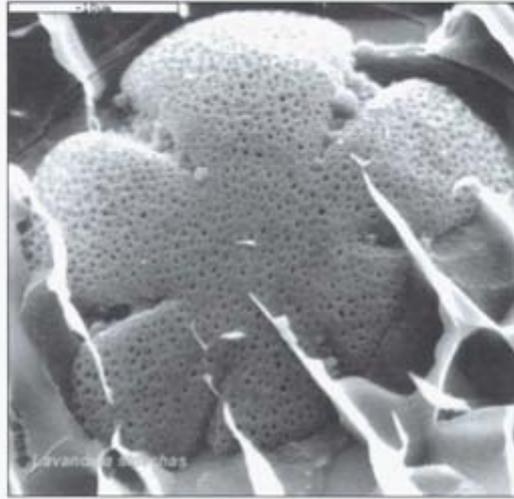


*Izquierda: polen de ericáceas (brezo), formado por una tétada de granos; derecha: polen de diferentes familias botánicas, con granos simples o aislados*

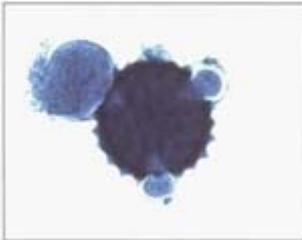
El grano de polen va a presentar una serie de características propias de la especie vegetal que lo ha producido. Este hecho ha determinado el auge de la Palinología como ciencia aplicada a la identificación y descripción botánicas. Para identificar un grano de polen, es decir, para descubrir la especie vegetal que lo ha producido, es preciso imaginar éste como un objeto tridimensional y atender a una serie de características (Sáinz y Gómez, 2000):

- Su tamaño, definido por las longitudes del eje polar y el eje ecuatorial.
- Las características de la exina o cubierta externa: su espesor, su coloración y, especialmente, su ornamentación. Los granos de polen poseen elementos estructurales externos, visibles y diferenciables al microscopio (generalmente al óptico, aunque pueda ser necesario recurrir a la microscopía electrónica de transmisión), que permiten definir la superficie del grano como lisa, verrugosa o reticulada, por poner unos ejemplos.
- El sistema apertural: número, forma, localización y tipo de las aberturas de la esporodermis gracias a las cuales el grano de polen se adecua a los cambios ambientales de humedad y temperatura y a través de las cuales, en el momento de la germinación, pasará el tubo polínico con el gameto masculino.

Todos estos detalles sobre morfología polínica están perfectamente descritos e ilustrados en numerosas publicaciones y no son objeto de este libro, por lo que se remite al lector a las obras de Sáinz y Gómez (2000), Carretero (1989) y Socorro y Espinar (1998), y a la bibliografía referenciada en las mismas. En las descripciones de los granos de polen que el lector puede encontrar en el Anexo III de este libro, se hace asimismo referencia a la terminología utilizada por los mencionados autores.



Aspecto de la exina de *Lavandula stoechas* ssp. *pedunculata* en una miel madrileña. Imagen obtenida por criomicroscopía de barrido a bajas temperaturas.



Sistemas aperturales de granos de polen.

Izquierda: polen 3-zonocolporado de cardo (*Carduus*), vista polar.

Centro: detalle de colpo y poro en un polen de jarilla (*Halimium*), también 3-zonocolporado. Derecha: detalle del polen 3-zonocolporado de *Diplotaxis*

## EL ANÁLISIS CUALITATIVO

El análisis melisopalinológico cualitativo nos va a informar, por hablar con sencillez, de qué es la miel. ¿Estamos realmente en presencia de una miel de tomillo...o es de viborera? ¿Esta miel es de eucalipto? Para responder a estas cuestiones, y salvo poder disponer de un expertísimo y muy conocedor catador –cuyo dictamen, como afirman Persano *et al.* (2000), no dejará de ser una *opinión* y no un *resultado*-, el análisis cualitativo del polen de la miel es insustituible.

En esencia, consiste en determinar el porcentaje de granos de polen de cada uno –o al menos, de los principales- tipos polínicos que aparecen en una determinada miel. Para ello, y tras la preparación de la muestra (ver "Técnicas para el Análisis Melisopalinológico"), el analista debe identificar un número de granos de polen no inferior a 400 por muestra. Para ello hará uso de su propia experiencia y de la comparación



con atlas polínicos y con pólenes de referencia (preparaciones de polen obtenidas directamente de la flora melífera objeto de estudio, o cuya presencia se sospecha). Puede el lector imaginar fácilmente que la tarea es en sumo tediosa y que origina un elevado grado de cansancio visual, pues hasta un microscopista experto puede tener dificultad en apreciar si una ornamentación es granulosa (con pequeñas protuberancias circulares) o foveolada (con pequeñas fosas), o si los muros de la retícula de una Cistácea son o no continuos, o si existen restos de exina en los surcos o colpos, o si el borde de un colpo es continuo o no... todos estos, caracteres con valor taxonómico para la identificación polínica.

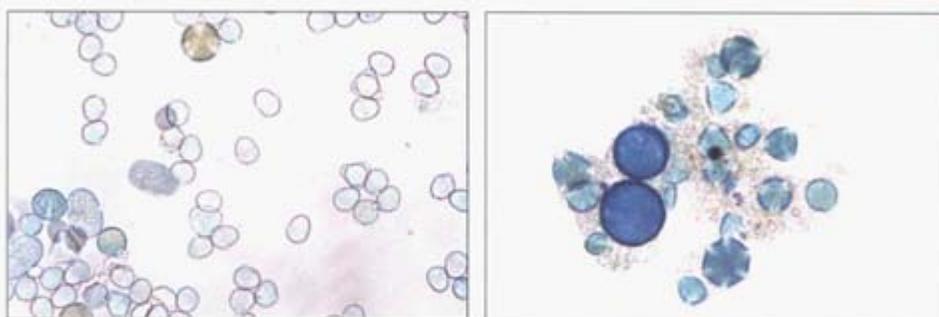
Para la observación de estructuras con valor taxonómico en un grano de polen, el microscopista emplea una técnica de contraste luz/sombra, moviendo el mando micrométrico y ajustando la profundidad de campo del microscopio. En el IMIA se ha utilizado también una técnica de microscopía óptica que utiliza observación en luz polarizada (Contraste de Interferencias, DIC), cuya excelente resolución y la sensación de tridimensionalidad que produce ayudan a la identificación polínica (ver "Técnicas para el Análisis Melisopalinológico").

Cuando el analista ha identificado un grano de polen, sea cual sea su procedencia -anemófila, de una planta polinífera pero no nectarífera, de una planta nectarífera lo anota en fichas estructuradas al efecto. Posteriormente se obtendrá el total de granos identificados y sobre éste, el porcentaje de pólenes anemófilos, procedentes de plantas poliníferas no nectaríferas o propiamente de nectaríferas. Y dentro de éstas, se establecen a su vez los porcentajes de cada tipo polínico: zarza, romero, lavanda, retama... estableciéndose el carácter de *monofloralidad* cuando algún tipo polínico nectarífero alcanza la categoría de *dominante*. Para la expresión de estas clases de dominancia se emplea la siguiente escala propuesta por Zander (1935-1951) y Louveaux *et al.* (1978):

Polen dominante	> 45 %
Polen acompañante	16-45 %
Polen aislado importante	3-16%
Polen aislado esporádico	1-3 %
Polen presente	< 1%

Existen algunas salvedades a esta clasificación, relacionadas con la cantidad de polen producido por algunas plantas y presente en la miel, que se explican en el epígrafe siguiente.

Cuando no existe ningún tipo polínico dominante, la miel se denomina *multiflora* (la conocida como "milflores". Cuando la dominancia corresponde a especies de una familia botánica (por ejemplo, romero y cantueso), la miel puede considerarse, en este caso, "miel de labiadas".

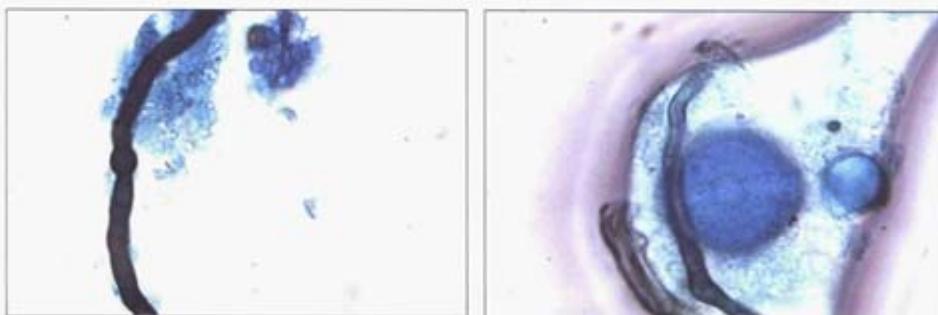


Mieles de Madrid: izquierda, miel de viborera; derecha, miel multifloral

Por último, señalar que en el análisis polínico cualitativo se cuantifica también el número de elementos indicadores de mielada: hifas, esporas simples, esporas tabicadas, paquetes de esporas, microalgas. En este caso se debe obtener la relación HDE/P (siglas que corresponden a HoneyDew Elements (elementos de mielada) / Pollen grains (granos de polen), utilizándose la siguiente clasificación:

Índice de mielada	HDE / P
No significativo	0 - 0.09
Bajo	0.1 - 1.49
Medio	1.50 - 2.99
Numeroso	2.99 - 4.99
Muy numeroso	> 5.00

Sin embargo, esta tabla no es de gran utilidad, como se comentará posteriormente, para la identificación de los mielatos en las condiciones madrileñas. Las condiciones ambientales hacen desaparecer gran parte de los elementos indicadores de mielada, obteniéndose siempre índices no significativos o bajos, aunque la contribución de los mielatos a la miel haya sido muy importante.



Elementos de mielada: Hifas fúngicas en mieles de Madrid

## EL ANÁLISIS CUANTITATIVO

El análisis melisopolinológico cuantitativo consiste en determinar la cantidad absoluta de granos de polen presentes en 10 gramos de miel. Los resultados de este análisis, que en muchos casos se obvian, sirven para confirmar los resultados del análisis cualitativo (Persano *et al.*, 2000). En efecto, numerosos factores influyen en la cantidad de polen que cae al néctar de una planta:

- la propia producción de polen de la misma,
- la disposición de los estambres hacia dentro o hacia fuera de la flor,
- la situación relativa de anteras y nectarios,
- la coincidencia temporal de la dehiscencia de anteras y la producción del polen...

y, además, influyen aspectos tales como la propia morfología polínica. En efecto, ciertos granos de polen, generalmente de tamaño grande o irregular, pueden ser "retenidos" o "filtrados" por la abeja en su aparato hipofaríngeo durante la producción de la miel. Otros tipos de polen se adhieren peor al cuerpo de la abeja, pueden perderse durante el trayecto a la colmena y por consiguiente no aparecerán en la miel... En resumen, de todas estas consideraciones se deduce que puede haber pólenes siempre *infrarrepresentados* (por ejemplo, el romero), y otros siempre *suprarrepresentados* (el castaño). Estos caracteres diferenciales deben ser tenidos en cuenta a la hora de establecer el porcentaje de un determinado polen requerido para otorgar el correspondiente carácter de monofloralidad a la miel de la que se trate.

Pero, además, si la miel estudiada deriva, cualitativamente, de una determinada especie botánica cuyo polen pertenece a la categoría de los *infrarrepresentados*, no deberá esperarse de la misma un contenido polínico absoluto elevadísimo: pues una muy excesiva presencia de granos de polen de otras especies melíferas indicará, con gran probabilidad, que la abeja ha visitado otras especies vegetales, y la miel puede no revestir los caracteres físico-químicos y organolépticos propios del correspondiente patrón de monofloralidad. En estos casos (Persano, 2000) debe, lógicamente, estudiarse la posible pertenencia del polen acompañante a especies de polen *suprarrepresentado* y/o a especies no nectaríferas, pero fuertemente poliníferas como las jaras (Cistáceas).

Según la cantidad de polen que contiene, una miel se clasifica, según Mauricio (1949), de acuerdo a la siguiente tipología:

Clase	Granos de polen/ 10 gramos de miel	Tipo de miel
I	< 20.000	Miel de polen <i>infrarrepresentado</i>
II	20.000 – 100.000	Miel de polen normal
III	100.000 – 500.000	Miel de polen normal a <i>suprarrepresentado</i>
IV	500.000 – 1.000.000	Miel de polen fuertemente <i>suprarrepresentado</i> o miel obtenida por presión
V	> 1.000.000	Miel obtenida por presión

La clase I (en menor medida, la II) engloban mieles con un contenido polínico de bajo a normal: romero, espliego, cantueso, azahar. La cantidad de polen "dominante" o fundamental, aquel que va a otorgar a la miel la monofloralidad, deberá ser revalorizado en los cálculos. Por ello, se reduce el porcentaje exigible para la dominancia a un 10-20% (Louveaux *et al.*, 1978).

El caso contrario ocurre con las mieles de alto contenido polínico, comprendidas en las clases III y IV. Para la interpretación correcta del contenido polínico se requiere, en estos casos, un porcentaje de dominancia del 70-90%. Es el caso de las mieles de castaño o eucalipto.

Por último, la clase V comprende las mieles cuya extracción se ha realizado por prensado de los panales y no por centrifugación de los mismos. Esta clase de extracción enriquece notablemente el sedimento polínico final, al liberarse todo el polen almacenado en las celdillas.

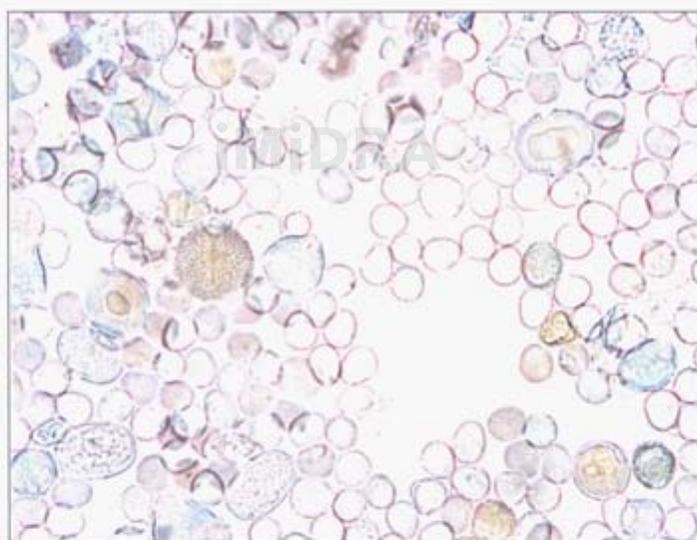


Imagen de una miel madreña obtenida por prensado (cosecha 2000)

## TECNICAS PARA EL ANALISIS MELISOPALINOLOGICO

Para el análisis melisopalinológico de la miel se pueden utilizar dos tipos de técnicas: las acetolíticas y las no acetolíticas. Cada una de ellas tiene ventajas e inconvenientes, que pasamos a enumerar brevemente a continuación. En cualquier caso, una de las objeciones actuales al empleo de las técnicas melisopalinológicas para la determinación del origen botánico de una miel es, precisamente, la gran laboriosidad de las mismas, que requieren una gran experiencia y esfuerzo visual por parte del analista.

En esencia, con el uso de las técnicas acetolíticas se destruye todo el contenido del grano de polen, preservando únicamente la exina. Cuando se aplica al sedimento polínico de una miel, se destruyen también los elementos indicadores de mielada, microorganismos, restos de micelio, fragmentos de patas y antenas de las abejas... etc. Además existen algunos pólenes particularmente sensibles a esta técnica, como por ejemplo el de aguacate o el de laurel (Socorro y Espinar, 1998). Hay autores (Terradillos *et al.*, 1989) que consideran que la acetolisis confiere al polen un cierto aspecto de "fossilizado" no deseable.

Sin embargo, estas técnicas están perfectamente estandarizadas, y la mayoría -por no decir todos- de los atlas palinológicos están confeccionados con material acetolizado. Es decir, se facilita la comparación para la identificación de los tipos polínicos. Además, las preparaciones pueden considerarse de duración indefinida. Protocolos detallados de las mismas, así como de las técnicas no acetolíticas, pueden encontrarse en Sáinz y Gómez (2000) o en Socorro y Espinar (1998).

Las técnicas no acetolíticas, o de montaje *ai natural* (Sáinz y Gómez, 2000) revisten menor complejidad en su preparación y ejecución que las acetolíticas. Por ello, lógicamente, consumen menos tiempo, y preservan todos los elementos integrantes del sedimento polínico. Como inconvenientes, la mayor dificultad en la comparación con los atlas polínicos publicados, y la limitada vida de las preparaciones.

Para el análisis melisopalínológico de las mieles de Madrid se ha optado por una técnica no acetolítica, fundamentalmente por su carácter menos destructivo: los inconvenientes citados se han solventado mediante la confección de una palinoteca o "biblioteca" polínica de referencia para la sierra de Madrid (cuyos resultados se presentan en este libro como Anexo III) y mediante la adquisición digital de las imágenes más representativas de las preparaciones.



Para la creación de una palinoteca de referencia es precisa la identificación botánica de la planta objeto de estudio, una vez constatado el hecho de que las abejas sientan preferencia por la misma. En este aspecto los autores han sido, una vez más, asesorados por los apicultores de APISCAM, y para ellos nuestro agradecimiento. Como resultado de numerosas excursiones por la sierra madrileña se ha conseguido la documentación fotográfica de las especies vegetales del Anexo III y, además, la toma de muestras de flores y/o estambres de las especies melíferas.

Una vez en el laboratorio del IMIA, la preparación de los pólenes de referencia se ha realiza-

do buscando la mayor proximidad a la preparación de las muestras de miel, lógicamente a efectos de facilitar la comparación entre ambos. Por ello se prepararon "al natural", siguiendo una técnica similar a la descrita por Saíenz y Gómez (2000), pero con la inclusión del tratamiento de limpieza de la exina propuesto por Terradillos *et al.* (1989). Para ello, las anteras se diseccionaron sobre vidrios de reloj, procurando eliminar restos de anteras, filamentos, etc. cuando ello fue posible. A continuación el contenido se trasladó a un tubo de centrifuga sobre el que se adicionó hidrato de cloral y eter etílico (Terradillos *et al.*, 1989). Tras homogeneizar la mezcla con el polen con un agitador de tubos, se centrifugó a 3000 rpm para obtener el sedimento. Este se transfirió con ayuda de una aguja enmangada a portaobjetos limpios y desengrasados. Por cada polen de referencia se prepararon dos portaobjetos: en uno de ellos el material se tiñó con verde de metilo al 0.25% en solución acuosa con 5% de etanol, y en el otro se colocó sin tinción. Ambos portaobjetos se montaron con glicerina y se sellaron los bordes con parafina.



Análisis melisopalinológico y preparación de pólenes de referencia

De los dos portaobjetos mencionados, el material teñido se observó en microscopía óptica de campo claro. El material no teñido se observó mediante Contraste Interferencial-Diferencial (DIC) o Contraste de Nomarski, técnica de observación en luz polarizada que, mediante la inclusión de prismas de orientación variable en el recorrido de la luz, suministra al microscopista una gran resolución y sensación de tridimensionalidad. Esta misma técnica permite obviar el paso de tinción también en la preparación de las mieles, por lo que se reduce la manipulación de las mismas (de Lorenzo *et al.*, 2001).

Para el análisis de las muestras de miel de Madrid, y como ya se ha indicado, se optó por una técnica de montaje al natural similar a la descrita para los pólenes de re-

ferencia. Se pesaron 10 gramos de miel en un vaso de precipitado y se añadieron 25 mL de agua destilada acidulada con  $H_2SO_4$  al 0.5% (v/v). La mezcla se homogeneizó en un agitador magnético, sin ser necesario elevar la temperatura. El homogenizado se pasó a dos tubos de centrifuga que se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 minutos y a 10°C. Tras decantar la mayor parte del sobrenadante, se añadieron otros 20 mL de agua destilada y se repitió la centrifugación en las mismas condiciones, a fin de lavar el sedimento polínico.

El sobrenadante se retiró con extremo cuidado con ayuda de una pipeta Pasteur, y el sedimento se resuspendió en agua destilada. Se añadió hidrato de cloral y éter etílico para la limpieza de la exina y la mezcla se homogeneizó y centrifugo nuevamente. El sedimento se resuspendió en un volumen determinado de agua destilada y se tomaron tres alícuotas de volumen conocido, que se dispusieron sobre tres portaobjetos limpios y desengrasados:

- Uno se dejó sin teñir, se montó en glicerina y selló, para observación en DIC.
- Otro se tiñó con azul de anilina al 1% en solución acuosa y se montó y selló para su observación en fluorescencia (análisis cuantitativo). En este caso el sedimento se extendió sobre un área previamente marcada y medida en el portaobjetos.
- El tercero se tiñó con verde de metilo como se ha indicado para el polen de referencia, montó y selló para su observación en microscopía de campo claro (análisis cualitativo).

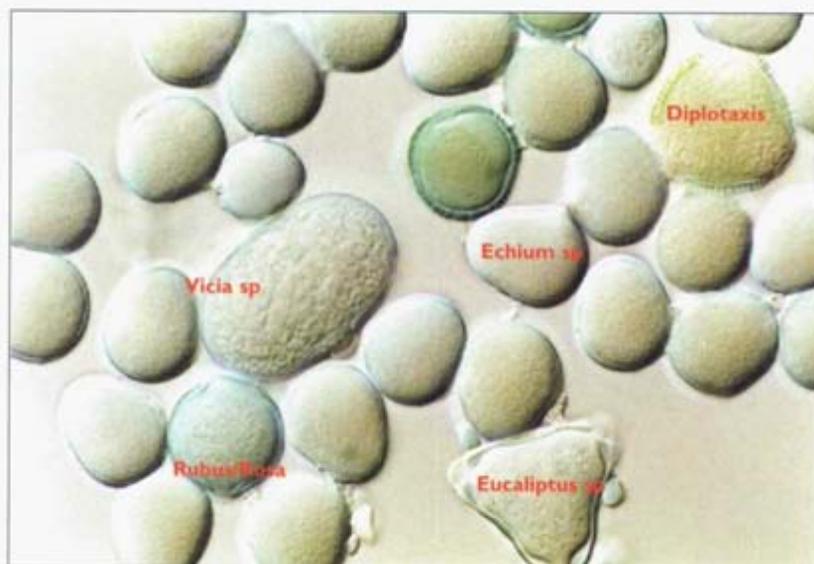


Imagen en DIC de una miel de viborera de Madrid

La observación en DIC se reservó para casos en los que existieran dudas sobre el tipo de polen presente. La observación en fluorescencia de la preparación teñida con

azul de anilina permite identificar muy claramente los objetos fluorescentes, por lo que la detección y conteo automático mediante el equipo de Análisis de Imagen se simplificó notablemente.

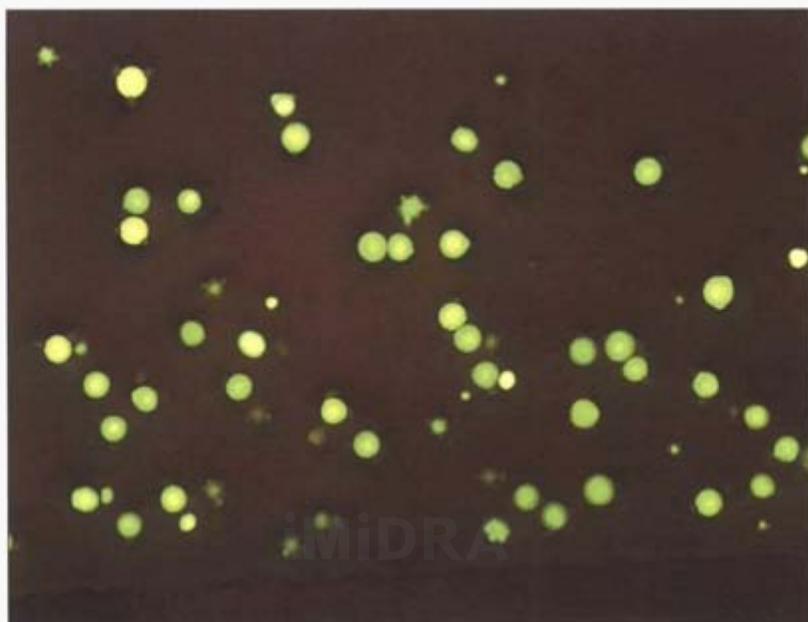


Imagen en fluorescencia del polen de una miel de Madrid

Con los datos del área del campo de medida del microscopio, el área del portaobjetos en la que se realizó el frotis, y el volumen del alícuota correspondiente, es sencillo calcular el número de granos de polen por volumen original de disolución, que correspondía a los 10 gramos originales de miel. Por tanto, a la clase de Mauricio. Para cada miel se contaron automáticamente diez campos por preparación y se obtuvo la media.

Las preparaciones teñidas con verde de metilo resultan de gran contraste para la observación en campo claro. En cada preparación se identificaron un número de pólenes no inferior a 400, anotándose el tipo polínico al que correspondían. El verde de metilo tiene la ventaja de colorear la exina específicamente (Terradillos *et al.*, 1989). Como observación personal de los autores, algunos tipos polínicos parecen tener características diferenciales de tinción con este colorante; así, las fagáceas y crucíferas lo incorporan con más claridad que rosáceas o borragináceas. Los resultados de los conteos se expresaron en porcentajes, individualizándose: especies anemófilas, especies poliníferas no nectaríferas y especies nectaríferas. Los porcentajes de dominancia del polen, para la clasificación de la miel, se refirieron al de las especies nectaríferas, con exclusión de los otros tipos.

## EL ANÁLISIS MELISOPALINOLÓGICO DE LAS MIELES DE MADRID: RESULTADOS

Las muestras de miel analizadas han sido suministradas por la Asociación de Apicultores de la Sierra de Madrid (APISCAM), correspondientes a las cosechas 2000 y 2001. En total se han recogido y analizado 117 muestras. La identidad del apicultor se mantuvo confidencial, en tanto que se suministraron datos sobre el municipio, paraje y fecha de recolección, tipo de colmena empleada, sistema de extracción, flora dominante en el entorno del colmenar y tipo de miel considerada por el apicultor (monofloral, multifloral de bosque, multifloral de campiña).

Para el análisis palinológico se hizo uso de la técnica no acetolítica antes detallada, con el tratamiento de limpieza de la exina. La observación de los alicuotas del sedimento polínico, tras la tinción con verde de metilo y azul de anilina, se realizó en campo claro y fluorescencia respectivamente, para los análisis cualitativo y cuantitativo. En ambos casos las imágenes se procesaron con ayuda de un Analizador de Imagen, con adquisición digital de la imagen del microscopio.

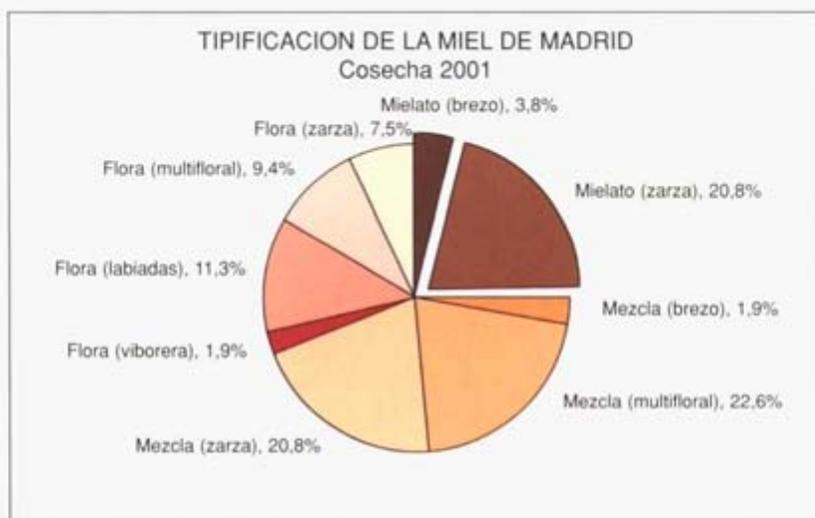
En el análisis cualitativo se hizo uso de aspectos morfométricos (longitud de ejes, espesor de la exina, diámetro de poros, etc) en aquellos casos que resultaban dudosos, y en el análisis cuantitativo se empleó un conteo automático de los objetos fluorescentes.



*Microscopio óptico y Analizador de Imagen*

Los resultados de la tipificación de las mieles madrileñas de estas dos campañas se presentan a continuación. Estrictamente hablando, la clasificación obtenida no lo es exclusivamente por métodos palinológicos. La presencia de los mielatos de roble y enci-

na (*Quercus*) no deja "huella" muy apreciable en el sedimento polínico: es decir, estas mieles madrileñas, con una importante contribución de mielatos, no son ricas en elementos indicadores de mielada. Este hecho fue señalado por Ricciardelli D'Albore (1998). Es debido, con gran probabilidad, a las condiciones climatológicas del bosque mediterráneo, con primaveras y veranos cálidos y secos que destruyen, como una termoterapia natural, el crecimiento fúngico y microalgal o la viabilidad de las esporas.



Tipificación de las mieles madrileñas, cosechas 2000 y 2001

Por ello es preciso recurrir a una combinación de diferentes parámetros físico-químicos, descritos en el Capítulo 2: pH, conductividad eléctrica, cenizas, rotación óptica y contenido en azúcares mayoritarios (glucosa y fructosa). En su mayor parte, se han

obtenido de la Norma de Calidad propuesta por la International Honey Commission. Cuando estos parámetros proporcionaban valores característicos de mielato, junto con una elevada absorbancia neta (color), y presencia en el sedimento polínico de polen de *Quercus* y –aunque escasos– de elementos indicadores de mielada, la miel fue considerada un mielato. Si esta combinación de parámetros rendía resultados equilibrados entre el carácter floral/mielato, la miel se consideró una mezcla. Y por último, cuando todos los parámetros indicaban el origen nectarífero, la miel se clasificó como “floral”.

Parámetro físico-químico	Valor límite
pH	Mielato si > 4.3
Conductividad (mS/cm)	Mielato si > 0.8
Cenizas (%)	Mielato si > 0.6
Rotación óptica	Mielato: Dextrógira*
Glucosa + Fructosa (%)	Mielato si < 60%

\*Persano et al. (2000)

Sin embargo, no cabe duda de que las diferencias son sutiles, y es difícil asignar un carácter de mielato “puro” o de mezcla a estas mieles madrileñas, todas ellas con contenidos polínicos apreciables. Por esta mencionada riqueza polínica, en todos los casos se ha estudiado el espectro polínico y determinado, caso de existir, el polen dominante. Así, por ejemplo, aunque dos mieles puedan ser consideradas mielatos “puros”, su espectro polínico demuestra que en una domina el brezo y en otra la zarza. Y ello se refleja en su aspecto visual: en su color y en su limpidez o transparencia.



Mielatos de zarza (izquierda) y brezo (derecha). Cosecha 2001.

Un estudio más detallado de los datos obtenidos del análisis palinológico de las mieles de Madrid de estas dos campañas permite extraer una serie de conclusiones:

## La miel multifloral

La miel multifloral madrileña se produce en numerosos municipios, según las muestras analizadas en el IMIA: Zarzalejo, Alcalá de Henares, Torres de la Ladera, Colmenar Viejo, Tres cantos, El Atazar, Torremocha del Jarama, Robledillo de la Jara, Patones, El Vellón, Colmenar de Arroyo, Serranillos, Navalagamella... en algunos de estos casos, también en mezcla con mielatos de roble y encina. En general, en los municipios de la zona norte, predominan las labiadas, brezos, rosáceas y alguna leguminosa como las retamas y genistas. En las zonas centro y sur, más térmicas, desaparecen el brezo y la retama para aparecer más labiadas, cardos y otras leguminosas (tréboles, medicagos).

## Producción de mieles uniflorales

- Brezo: Municipios del Norte (noreste) de Madrid: El Atazar, Montejo, Prádena, La Hiruela.
- Viborera: zona Centro. Municipios de Colmenar Viejo, Bustarviejo, Manzanares, Miraflores... Muy extendida.
- Zarza: zona Norte-Centro. Municipios de Santa M<sup>a</sup> de la Alameda, Navalafuente, Robledillo, El Vellón... Muy extendida.
- Mielatos: zona Norte. Municipios de La Hiruela, Prádena, Miraflores, Rascacría, Aoslos, El Berrueco...
- Romero: enclaves puntuales



## Base floral común

Las principales especies botánicas encontradas en las mieles madrileñas han sido las que se detallan a continuación:

- Anemófilas: olivo (*Olea europea*), cosecha 2001.
- Poliníferas: jara pingosa (*Cistus ladanifer*)  
jara estepa (*Cistus laurifolius*)

jarilla (*Halimium sp.*)  
 alcayuela (*Halimium ocymoides*)  
 amapola (*Papaver rhoeas*)  
 malva (*Malva sylvestris*)

- Nectaríferas: viborera (*Echium vulgare*, *Echium plantagineum*)  
 rosáceas arbustivas (*Rubus sp.*, *Rosa sp.*)  
 frutales (*Prunus sp.*, *Malus domestica*, otros).  
 retamas (*Retama sphaerocarpa*, *Genista sp.*, *Cytisus sp.*)  
 tréboles y medicagos (*Trifolium repens*, otros)  
 romero (*Rosmarinus officinalis*)  
 cantueso (*Lavandula stoechas ssp. pedunculata*)  
 tomillos (*Thymus mastichina*, *Thymus zygis*)  
 brezo blanco (*Erica arborea*)  
 eucalipto (*Eucaliptus sp.*)  
 jaramagos (*Diplotaxis eruroides*, *Diplotaxis virgata*)  
 cardos (*Carlina sp.*, *Cirsium sp.*, *Carduus sp.*)  
 margaritas (*Bellis sp.*, *Anthemis sp.*, otros)  
 diente de león (*Taraxacum vulgare*)  
 cardillo (*Scolymus hispanicus*)  
 umbelíferas (*Eryngium campestre*, *Thapsia villosa*)  
 majuelo (*Crataegus monogyna*)  
 correhuela (*Convolvulus arvensis*)  
 liliáceas (*Allium sp.*, *Asphodelus albus*)
- Indicadoras de mielato: roble melojo o rebollo (*Quercus pyrenaica*)  
 encina (*Quercus ilex*)

## Contribución de los mielatos

Sin duda la presencia de los mielatos ha sido una constante en la caracterización de las mieles madrileñas de las campañas 2000 y 2001. Sí debe tenerse en cuenta que las muestras han sido suministradas, en muchos casos, por apicultores aficionados o semi-profesionales que explotan, fundamentalmente, los terrenos de la sierra. Por lo complicado de la orografía y la capacidad melífera de la zona, los asentamientos no son muy grandes, muchas veces inferiores a las 50 colmenas. Para estos apicultores de la sierra madrileña, la presencia de mielatos en sus mieles debe considerarse prácticamente una constante. Sin embargo, los cocientes HDE/P fueron siempre no significativos o bajos.

Naturalmente, la importancia relativa de los mielatos depende de las condiciones climatológicas del año. En primer lugar, porque determinadas características como días cálidos y noches frescas favorecen la secreción de mieladas; en segundo lugar, porque son también determinantes de ataques parasitarios a robles y encinas, ataques que producen alteraciones morfo- y fisiológicas en las bellotas, de las que los árboles



del género *Quercus* se libran expulsando a la vez una secreción azucarada que rezuma sobre la bellota, y que las abejas pecorean con ahínco (Rita, 1983; de Lorenzo, observaciones personales); y, en tercer lugar, porque condicionan también la producción de néctar por parte de las floraciones melíferas de primavera. Cuanto más seco sea el año, menos néctar van a producir las flores. Por tanto, en años favorables, y siempre en conjunción con el manejo que del apiarío haga el apicultor, se puede prever una abundante recolección de néctar en la primavera. En otros años, las colmenas se llenarán fundamentalmente con mielatos. La contribución de los mielatos ha sido mayoritaria en la cosecha 2001, con presencia en un 87.4 % de las muestras, con respecto a la del año 2000 (presencia en un 52.3 % de las muestras).

En todos los casos, la presencia de estos mielatos confiere especiales características organolépticas a las mieles. En general pasan a ser de tonalidades oscuras y texturas más fluidas. Aumenta su contenido mineral y con él la apreciación de notas ácidas y, a veces, amargas. A ciertas mieles con escasez aromática (por ejemplo, viborera) le confieren una textura y aromas muy deseables.

### Predominancia de palinomorfos según el año

Durante el año 2000 existió una absoluta predominancia de los palinomorfos del género *Echium*, que aparecieron en un 93% de las muestras estudiadas ese año. De ellas, en un 50% constituyó el polen dominante. Por el contrario, en el año 2001 la mayor presencia fue la de las rosáceas arbustivas, que aparecieron en un 85% de las muestras, con dominancia en un 49.1%. Este año los palinomorfos de *Echium* aparecieron sólo en un 36 % y en la mayoría de los casos como polen aislado esporádico.

### BIBLIOGRAFÍA

- Carretero, J.L. (1989). *Análisis Polínico de la Miel*. Ediciones Mundi-Prensa. ISBN 84-7114-230-9. 120 pp.
- De Lorenzo, C., Navarro, T. and González, M. (2001). *Microscopy in Food Science and Technology: application to characterization of quality-labelled foods from Madrid (Spain)*. In : « Microscopy 2001 ». Universitat de Barcelona. Pp. 310-311.
- Louveaux, J., Mauricio, A., and Vorhwohl, G. (1978). *Methods of melisopolynology*. *Bee World* 59 (4): 139-157.
- Mauricio, A. (1949). *Beiträge zur quantitativen Pollenanalyse des Honigs*. *Beih. Schweiz. Bienenztg.* 2 (18) : 320-421.
- Persano, L., Sabatini, A.G., Accorti, M., Colombo, R., Marazzan, G.L., Piana, M.L., Piazza, M.G. e Pulcini, P. (2000). *I mieli uniflorali italiani. Nuove schede di caratterizzazione*. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. 105 pp.
- Ricciardelli D'Albore, G. (1998). *Mediterranean melissopolynology*. Università degli Studi, Perugia. 466 pp.
- Rita, J. (1983). *Flora melífera de la provincia de Lleida*. Excma. Diputación de Lleida. ISBN 84-500-8780-5. 110 pp.



- Sainz, C. y Gómez, C. (2000). *Mieles españolas: características e identificación mediante el análisis del polen*. Ediciones Mundi-Prensa. ISBN 84-7114-877-3. 163 pp.
- Socorro, O. y Espinar, M.C. (1998). *Estudio del polen con interés en apiterapia*. Editorial Comares. ISBN 84-8151-683-X. 302 pp.
- Terradillos, L.A., Simal, J. y Huidobro, J.F. (1989). *Nueva técnica de tinción para el análisis polínico*. Resúmenes del III Congreso Nacional de Apicultura, pp. 145-152. ISBN 84-505-8455-8.
- Zander, E. (1935-1951). *Beiträge zur Herkunftsbestimmung bei Honig. I-V*. Reichsgruppe Imker. Berlin (I). Liedlof, Loth und Michaelis, Leipzig (II, III, V). Ehrenwirth, München, (IV).

# 5 Los azúcares de la miel

M<sup>a</sup> Luz Sanz<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Montserrat González<sup>1</sup> e Isabel Martínez-Castro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Química Orgánica General (IQOG), CSIC, Madrid.

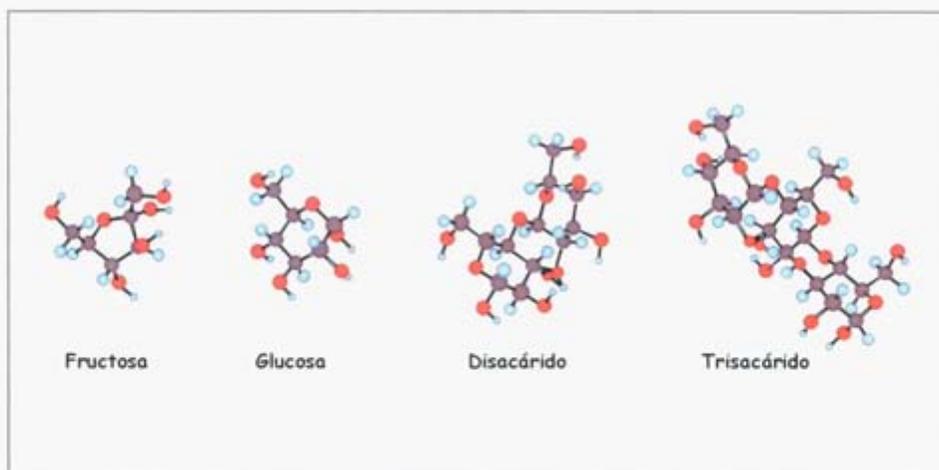
<sup>2</sup>Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria, IMIA.

## INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista popular, los azúcares son sustancias comestibles dulces y solubles en agua, que pueden aparecer como cristales, polvo blanco o jarabes. Desde el punto de vista químico, los azúcares son miembros de una clase de sustancias conocidas como carbohidratos (hidratos de carbono) con fórmula empírica general  $C_n(H_2O)_n$  o  $C_n(H_2O)_{n-x}$ . Poseen poder rotatorio e incluyen en sus moléculas todas las formas conocidas de isomería, lo que dificulta su estudio y caracterización. Se descomponen al calentar y suelen cristalizar fácilmente, con pocas excepciones. Son componentes mayoritarios de muchos alimentos, especialmente de la miel, y la diversidad de estructuras que presentan solo es igualada por la diversidad de sus funciones.

imiDRA

Aunque los carbohidratos se han clasificado tradicionalmente en azúcares y polisacáridos, no hay solución de continuidad entre ambos: los azúcares son dulces, solubles y de peso molecular relativamente bajo, pero al ir aumentando su tamaño ganan viscosidad y pierden dulzor y solubilidad. Aquí vamos a considerar como azúcares a los monosacáridos (de fórmula general  $C_nH_{2n}O_n$ ), a los disacáridos, formados por la unión de dos monosacáridos ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) y a los trisacáridos, que son el resultado de unir tres monosacáridos ( $C_{18}H_{32}O_{16}$ )



## NOMENCLATURA

Los nombres vulgares que se emplean para los azúcares suelen acabar en "osa". Debido a que son conocidos desde hace mucho tiempo han recibido diversos nombres: así la glucosa se llama popularmente "dextrosa" o "azúcar de uva". La sacarosa, que popularmente es el "azúcar" por excelencia, químicamente se debe denominar 2-O- $\alpha$ -D-glucopiranosil- $\beta$ -D-fructopiranososa; pudiéndose abreviar a  $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 2- $\beta$ -fructosa.

## AZÚCARES EN LA MIEL

La miel es el producto natural que presenta mayor variedad de azúcares. Los más abundantes son glucosa y fructosa, que son monosacáridos, seguidos por una larga serie de disacáridos y una proporción menor de trisacáridos. Estos azúcares se resumen en la siguiente tabla.

<b>Monosacáridos</b>	Fructosa Glucosa	
<b>Disacáridos</b>	Celobiosa Gentiobiosa Isomaltosa Kojibiosa Laminaribiosa Leucrosa Maltosa Maltulosa Melibiosa Nigerosa Palatinosa Sacarosa Trehalosa Turánosa	$\beta$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 4-glucosa $\beta$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 6- $\beta$ -glucosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 6- $\alpha$ -glucosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 2- $\alpha$ -glucosa $\beta$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 3- $\beta$ -glucosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 5- $\alpha$ -fructosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 4- $\alpha$ -glucosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 4- $\alpha$ -fructosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 4- $\alpha$ -fructosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 3- $\alpha$ -glucosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 6- $\alpha$ -fructosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 2- $\beta$ -fructosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 1- $\alpha$ -glucosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 3- $\alpha$ -fructosa
<b>Trisacáridos</b>	Erlasa Kestosa Maltotriosa Melecitosa Panosa Rafinosa	$\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 4- $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 2- $\beta$ -fructosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 2- $\beta$ -fructosil-1 $\rightarrow$ 2- $\beta$ -fructosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 4- $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 4-glucosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 3- $\beta$ -fructosil-2 $\rightarrow$ 1- $\alpha$ -glucosa $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 6- $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 4-glucosa $\alpha$ -galactosil-1 $\rightarrow$ 6- $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 2- $\beta$ -fructosa



## ORIGEN

Los azúcares de la miel proceden del néctar o de la mielada que recogen las abejas. El néctar está formado por sacarosa, glucosa y fructosa, en distintas proporciones según el tipo de planta; puede contener algún otro azúcar en pequeña cantidad. La mielada o mielato suele contener además cantidades importantes de melecitosa o erlosa. Las abejas añaden a ambos pequeñísimas proporciones de enzimas y lo guardan en la colmena, en celdas abiertas, donde va perdiendo agua y se va concentrando. Durante este tiempo las enzimas hidrolizan la sacarosa y van formando, además de glucosa y fructosa como compuestos mayoritarios, cantidades menores de otros disacáridos, trisacáridos y oligosacáridos de mayor peso molecular, formados por distintas combinaciones de unidades glucosa y fructosa.

## PROPIEDADES

### Dulzor

La miel es posiblemente el producto más dulce que nos da la Naturaleza. El sabor de la miel es una mezcla de varios sabores simples: el dulce, que viene dado mayoritariamente por los azúcares, el ácido, que es causado por los ácidos (orgánicos y aminoácidos) y que tiene un claro papel en el sabor final, y otras contribuciones mucho más ligeras de amargo y salado. Los azúcares son dulces porque en general cumplen los requisitos para ser percibidos como "dulces" por las proteínas G de la lengua, que actúan como receptores: son suficientemente solubles para disolverse en la saliva, y la forma de sus moléculas les permite interactuar adecuadamente con los receptores.

La sacarosa es el patrón que se emplea como unidad de dulzor de azúcares: su umbral de percepción empieza en 0.5 % (es decir, medio gramo en 100 ml de agua ya sabe dulce) y satura en el 40 % (es decir, soluciones más concentradas saben igual de dulces que ésta). Sin embargo, el más dulce de los azúcares no es la sacarosa, sino la fructosa, que a su vez es el más abundante en la miel, mientras que la glucosa es menos dulce que la sacarosa. No todos los azúcares de la miel son dulces: la gentiobiosa ( $\beta$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 6-glucosa) es amarga mientras que la isomaltosa ( $\alpha$ -glucosil-1 $\rightarrow$ 6-glucosa), de fórmula muy parecida a ella, no lo es. Las mieles más ricas en fructosa son ligeramente más dulces que el resto. La siguiente tabla presenta el dulzor de algunos azúcares de la miel, disueltos en agua al 10% y a temperatura ambiente. (Belitz y Grosch, 1997).

<b>Fructosa</b>	114
<b>Sacarosa</b>	100
<b>Glucosa</b>	69
<b>Maltosa</b>	46
<b>Rafinosa</b>	22



En promedio, la miel es tan dulce como la sacarosa, pero contiene menos calorías por gramo de producto, ya que un 18% es agua.

### Presión osmótica

Además de su poder nutritivo, los azúcares desempeñan un papel muy importante en la conservación de la miel: la presión osmótica que ejercen impide el desarrollo de las levaduras y de otros gérmenes. Por ello, durante miles de años, la miel se ha utilizado para curar heridas y quemaduras, y como un alimento de larga conservación. Hay que destacar que es higroscópica, es decir que absorbe humedad del ambiente, y que eso puede llegar a ocasionar su deterioro: es conveniente mantenerla bien cerrada, para que no absorba humedad, y no guardarla en sitios muy frescos, para que no cristalice.

### Poder rotatorio

Los azúcares que han podido ser aislados de la miel pertenecen a la serie D como la mayoría de los azúcares naturales. Una propiedad muy interesante, derivada de este hecho, es su elevado poder rotatorio, es decir, la capacidad de hacer girar el plano de polarización de la luz. Cada uno de los azúcares lo hace en un sentido y proporción determinados, lo que sirve para ayudar a su caracterización. En la tabla se indican algunos de estos valores.

El poder rotatorio de cada tipo de miel viene dado por el producto de la concentración de cada uno de sus componentes glucídicos y su  $[\alpha]_D$ , correspondiente, sumados de forma algebraica (es decir, cada uno con su signo positivo o negativo). En general, las mieles son levorrotatorias, debido a la abundancia de fructosa, en tanto que muchos mielatos son dextrorrotatorios, debido a la presencia de melecitosa y erlosa.

Azúcar en equilibrio	$[\alpha]_D$ a 20-25°C
Fructosa	-92
Glucosa	+52.7
Sacarosa	+66.5
Maltosa	+130
Maltulosa	+64
Gentobiosa	+10
Maltotriosa	+160
Melecitosa	+88.2
Panosca	+154



## Cristalización

Este es uno de los aspectos más discutidos de la miel. Mientras unos consumidores prefieren la miel líquida, a otros les gusta cristalizada (ver diferentes grados de cristalización de una miel en la fotografía inferior). Lo cierto es que todas las mieles cristalizan con el tiempo, pero mientras unas lo hacen casi en la colmena, otras tardan muchos meses en cristalizar. La cristalización es un fenómeno natural, y no significa deterioro ni pérdida de propiedades nutritivas. La explicación es sencilla: a temperatura ambiente, la glucosa se encuentra formando una solución sobresaturada, que termina por cristalizar más pronto o más tarde, dependiendo de la temperatura de conservación, de la proporción de agua de la miel, del contenido en fructosa y, en menor proporción, de otros factores como el contenido en polen y del procedimiento de obtención. Los cristales formados pueden ser gruesos (más de 0,5 mm) o finos (hasta 0,5 mm). La miel puede calentarse y batirse para conseguir cristales extrafinos, inapreciables a simple vista, que le dan a la miel un color blanquecino y una consistencia cremosa. La melecitosa tiene también una gran facilidad para cristalizar.



Mieles cuyo aspecto responde a un diferente grado de cristalización

## Fermentación

En cuanto el nivel de agua de la miel aumenta por encima del 19%, el producto es fácilmente fermentable por levaduras, lo que significa deterioro. Sin embargo, algunas levaduras pueden formar alcohol a partir de la glucosa, lo que ha servido de base a la producción de bebidas alcohólicas. La hidromiel, una bebida fermentada hecha con miel y agua, fue muy usada en tiempos antiguos. Los griegos la dieron el nombre de "melikraton" y los latinos la llamaban "aqua mulsum". Según Plinio, la primera receta para la fabricación de la hidromiel fue dada por Aristeo, rey de Arcadia. A su vez, Columela, escritor latino de comienzos de nuestra era, menciona en su obra "De re rustica" numerosas formulaciones de hidromiel empleadas por los roma-



nos. La hidromiel siguió siendo usada por los pueblos del Centro y Norte de Europa hasta que fue desplazada por el vino y la cerveza.

### Evolución

Las transformaciones de los azúcares que se inician en el panal por acción de las enzimas y el pH, continúan a lo largo del tiempo (disminuyendo su ritmo especialmente cuando la temperatura de conservación es baja) de tal modo que al cabo de uno o dos años los cambios de composición pueden ser apreciables, originándose mayor complejidad: disminuyen los monosacáridos y aumentan los di- y trisacáridos, pudiendo formarse incluso anhidrozúcares.

Los azúcares además pueden participar en la reacción de Maillard, que se inicia por la unión de un grupo reductor del azúcar con un grupo amino libre de un aminoácido para formar una glicosilamina, que luego se transforma en un compuesto de Amadori, y da lugar finalmente a color más oscuro, y a gran cantidad de compuestos secundarios. Esta reacción transcurre con cierta facilidad a temperatura ambiente y en presencia de cantidades limitadas de humedad, condiciones habituales en la conservación de la miel. Entre los productos formados el hidroximetilfurfural (HMF) se emplea como indicador del deterioro sufrido en el alimento. Valores altos de este parámetro indican que la miel ha sido calentada.

Otro parámetro muy útil para determinar la extensión de la reacción de Maillard es la furosina (Villamiel y col., 2001), que se obtiene de la hidrólisis ácida del compuesto de Amadori correspondiente a la lisina. Mientras que el HMF se forma en las etapas avanzadas de esta reacción, dicho compuesto es un indicador sensible de las primeras etapas.

### ANÁLISIS

Existen muchos métodos de análisis de azúcares, y muy variados en cuanto a su alcance y a sus fundamentos. Unos pretenden dar una idea de la cantidad global de carbohidratos, y otros intentan determinar, uno por uno, todos los azúcares presentes. Esto último es realmente difícil y aún no se ha conseguido del todo, aunque hay muy buenas aproximaciones. En general los métodos se clasifican según utilicen transformaciones químicas, reacciones enzimáticas o propiedades fisicoquímicas medidas con distintos instrumentos.

#### Métodos químicos

Los azúcares reductores pueden reaccionar con otras sustancias para dar lugar a compuestos coloreados o bien a precipitados cuya determinación se puede llevar a cabo por métodos de valoración, gravimetría o colorimetría. Para la determinación



de azúcares no reductores (como la sacarosa o la trehalosa) es necesario realizar previamente una hidrólisis, obteniendo así una mezcla de monosacáridos reductores.

Los métodos gravimétricos se basan en la oxidación de los azúcares reductores en presencia de calor, empleando sales de cobre en medio alcalino (método de Munson y Walker). Se obtiene así un precipitado de óxido cúprico que precipita y cuya formación es directamente proporcional a la cantidad de azúcar existente en la miel.

El método de valoración más tradicional es el de Lane y Eynon que también hace reaccionar soluciones alcalinas de cobre con los azúcares reductores. El final de la reacción se determina por el cambio de color de un indicador previamente añadido.

Algunos métodos colorimétricos permiten la determinación del contenido total de azúcares (reductores y no reductores). Tal es el caso del empleo de fenol y ácido sulfúrico. Este último reactivo es el responsable de que tenga lugar la hidrólisis de los azúcares no reductores, obteniéndose así únicamente azúcares reductores. Debido a la interacción del fenol con los carbohidratos presentes en la muestra, se observa un color pardo cuya medida se lleva a cabo por la absorbancia a 420 nm.

## Métodos enzimáticos

El empleo de enzimas da lugar a métodos muy sensibles, específicos y rápidos de determinación de azúcares. El contenido en azúcares se puede establecer mediante el producto final de la interacción enzima-sustrato o bien a través de la velocidad de reacción que es proporcional a la cantidad de sustrato existente en la muestra. Algunas de las enzimas empleadas para la determinación de glucosa son la hexaquinasa y la glucosa-6-fosfato deshidrogenasa. La sacarosa da lugar a glucosa y fructosa empleando la invertasa y la fructosa se convierte en glucosa gracias a la fosfoglucosa isomerasa.

## Métodos instrumentales

- **Polarimetría:**

Las moléculas que poseen un carbono asimétrico poseen la capacidad de girar el plano de la luz polarizada; el ángulo girado es una medida indirecta del contenido en moléculas ópticamente activas que componen la muestra. En el caso de la miel es una medida global, que suma las aportaciones de los diversos azúcares presentes.

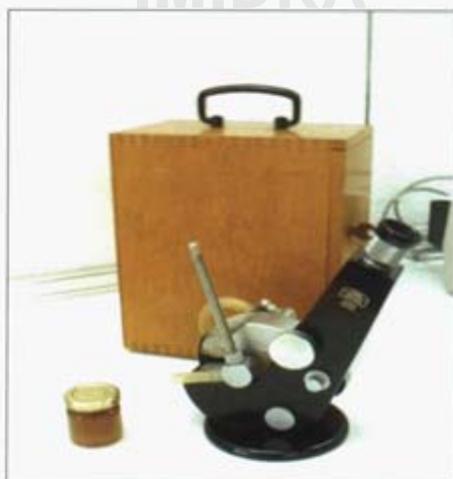
- **Refractometría:**

El índice de refracción (IR) es la velocidad de la luz en el vacío dividido por la velocidad de la luz en la muestra a analizar. El IR aumenta al aumentar la concentración de carbohidratos en la muestra. Depende ampliamente de la temperatura, por lo que



*Cubeta polarimétrica*

es necesario su control. Existen unas tablas que relacionan el IR con la concentración de azúcares de la muestra.



*Refractómetro*

- **Cromatografía:**

Los métodos cromatográficos son los que proporcionan una información más completa sobre los azúcares de la miel. No solo miden el contenido total de azúcares, sino que separan la mayor parte de ellos, permitiendo su caracterización de forma individual. Para el análisis de azúcares se emplean principalmente la cromatografía en



capa fina (TLC), la cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) y la cromatografía de gases (GC).

La determinación de carbohidratos por TLC se lleva a cabo en placas recubiertas con la fase estacionaria, empleando un agente revelador para la detección de los compuestos.

El análisis de carbohidratos por HPLC en la miel se lleva a cabo fundamentalmente empleando columnas de fase inversa con grupos amino, y detector de índice de refracción. Los dos principales problemas de este análisis son la poca resolución entre carbohidratos que posean una estructura similar y la poca sensibilidad del detector.

El análisis de carbohidratos por

HPLC en la miel se lleva a cabo actualmente, para solventar estos problemas está alcanzando un mayor desarrollo la separación de carbohidratos en columnas de intercambio aniónico con sistemas de detección electroquímica. Equipos especiales para este análisis son los desarrollados por Dionex, como el mostrado en la figura.



Columnas capilares empleadas para el análisis de los azúcares por cromatografía de gases



El análisis de carbohidratos por GC se lleva a cabo tanto con columnas capilares polares como apolares, siendo las más utilizadas las recubiertas con metilsilicona (ver fotografía de columnas capilares). La fase móvil empleada en este caso es un gas (nitrógeno, hidrógeno o helio), mientras que los detectores más comunes son los de ionización de llama.

HPLC y GC se pueden acoplar con espectrometría de masas, obteniendo así más información sobre la estructura química de los picos en estudio.

## LOS AZÚCARES DE LA MIEL DE MADRID

Debido al gran número de di- y trisacáridos que componen la miel, su determinación resulta compleja, por lo que los datos existentes sobre el contenido de azúcares en las mieles de la Comunidad de Madrid son escasos.

Así, con objeto de obtener la mayor información posible se realizó el análisis del contenido en carbohidratos por cromatografía de gases con detección de ionización de llama, que presenta una buena sensibilidad y una resolución aceptable. Para tal fin, se seleccionaron 27 muestras que se consideraron representativas, y se determinaron, además de los valores de glucosa y fructosa, el contenido del mayor número posible de disacáridos y trisacáridos.

Uno de los requisitos fundamentales para realizar el análisis por cromatografía de gases es que los compuestos sean volátiles. Para tal fin, los carbohidratos se someten a una reacción previa a su análisis (derivatización), que tiene por objeto sustituir los grupos hidroxilo por grupos apolares, siendo la más común la formación de metil o trimetilsilil éteres (TMS). Como cada azúcar reductor puede dar lugar a la formación de varios picos debidos a sus diferentes configuraciones, a veces se intenta eliminar el grupo reductor para reducir el número de picos.

En el caso de la miel, la formación de las trimetilsilil oximas (TMSO), permite la obtención únicamente de dos picos para cada azúcar reductor, simplificando su análisis (Mateo *et al.*, 1987). Este último método de derivatización fue el empleado en este análisis, realizándose según se indica en el diagrama siguiente.

Las mieles analizadas se dividieron en tres grupos: 14 mieles florales, entre las que se encuentran mieles de *Echium* y multiflorales, dos mielatos y once mezclas de florales con mielatos.

Todas las mieles estudiadas contenían fructosa y glucosa como monosacáridos mayoritarios, al menos 15 disacáridos (celobiosa, gentiobiosa, isomaltosa, kojibiosa, laminaribiosa, leucrosa, maltosa, maltulosa, melibiosa, nigerosa, palatinosa, sacarosa,  $\alpha,\alpha$  trehalosa,  $\alpha,\beta$  trehalosa y turanosá) y 6 trisacáridos (erlosa, kestosa, maltotriosa, melecitosa, panosa y rafinosa).

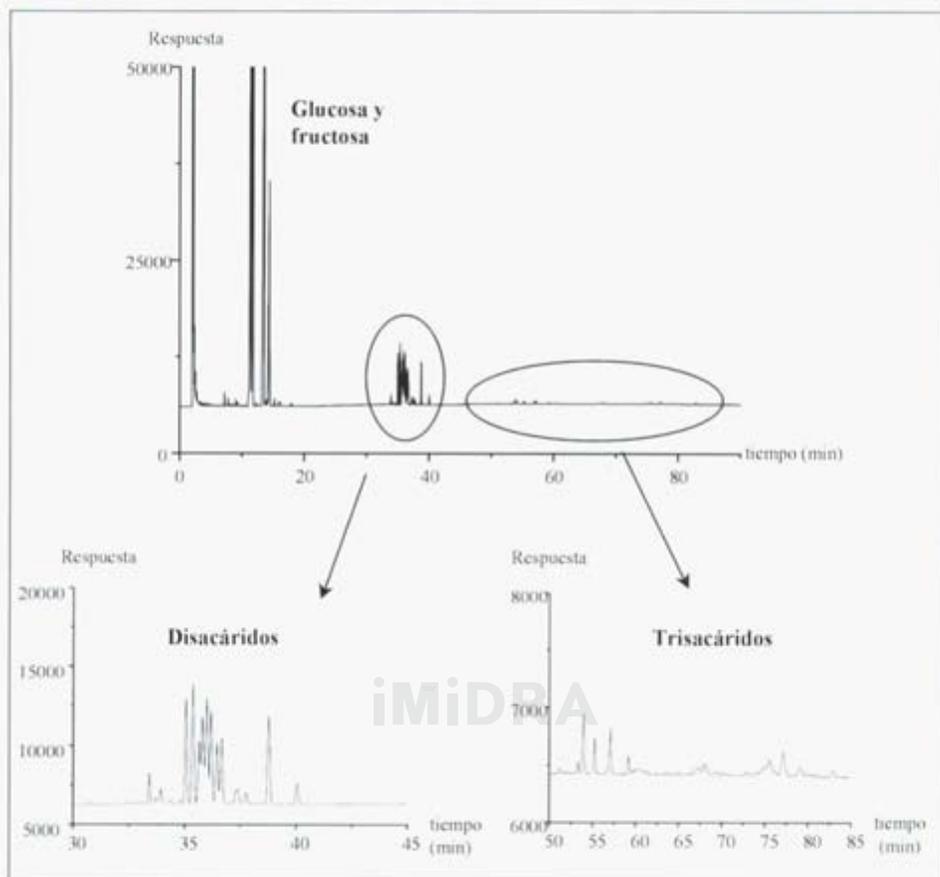


Esquema del procedimiento de preparación de muestra empleado

Los valores medios del contenido de mono- di- y trisacáridos de las mieles florales, mielatos y mezclas, expresados en g/100 g de azúcares totales, se muestran en las figuras fraccionadas en porciones. En las mieles florales se observan los valores más elevados de monosacáridos (82%) y los más bajos de di- y trisacáridos (16% y 2%, respectivamente), mientras que los mielatos presentan el menor contenido en glucosa y fructosa (75%) y el más elevado de di- y trisacáridos (21 y 4%, respectivamente). Como era de esperar, el grupo de muestras correspondientes a las mezclas de mieles florales con mielatos presentaron los valores intermedios.

La última tabla de este capítulo muestra el valor medio del contenido en carbohidratos de los cuatro grupos de mieles estudiadas, expresados en g/100 g de miel. En las mieles procedentes de *Echium* y las multiflorales se observaron valores similares de cada azúcar, mientras que en las muestras de mielatos analizadas se detectó un mayor contenido de leucrosa, maltosa, turanosa, nigerosa, palatinosa, melibiosa, isomaltosa, rafinosa y melecitosa. Este último azúcar fue el que presentó una mayor variabilidad entre los distintos grupos de muestras estudiados. Dicho trisacárido es considerado un azúcar característico de mielatos. Así, las muestras florales presentaron contenidos bajos de melecitosa (0,28 y 0,16 mg/100g producto en las mieles procedentes de *Echium* y multiflorales, respectivamente), mientras que los valores encontrados en los mielatos y en las mezclas de mieles florales y mielatos fueron elevados (1,47 y 1,15 mg/100g producto, respectivamente).

En general las mieles de la Comunidad de Madrid muestran un contenido homogéneo de carbohidratos, presentando únicamente ligeras variaciones en función del tipo de miel.



Cromatograma de TMS oximas de un mielato de la Sierra Norte de Madrid



Representación porcentual de carbohidratos en las muestras analizadas

Valor medio del contenido en carbohidratos para las mieles de Madrid

Azúcar	Floral		Mielato	Mezcla mielato + floral
	Echium	Multifloral		
Fructosa	34,69	35,15	30,57	32,79
Glucosa	30,34	30,85	26,53	26,54
Sacarosa	0,09	0,08	0,06	0,06
$\alpha, \alpha$ Trehalosa	0,08	0,10	0,11	0,11
$\alpha, \beta$ Trehalosa	0,51	0,53	0,48	0,56
Celobiosa	0,12	0,11	0,15	0,10
Laminaribiosa	0,08	0,05	0,00	0,04
Leucrosa	1,69	1,79	2,02	2,11
Maltosa+Turamosa+Nigerosa	4,71	5,37	6,39	5,52
Palatinosa	0,34	0,43	0,63	0,50
Gentiobiosa	0,06	0,05	0,11	0,12
Maltulosa	2,48	2,11	2,54	2,76
Kojibiosa	0,86	0,60	0,49	0,69
Melibiosa + Isomaltosa	1,86	2,32	3,31	2,82
Rafinosa	0,02	0,03	0,26	0,12
Kestosa	0,15	0,20	0,39	0,16
Eriosa	0,48	0,47	0,53	0,23
Melectosa	0,28	0,16	1,47	1,15
Maltotriosa	0,13	0,14	0,18	0,15
Panosa	0,20	0,23	0,30	0,21
Total	79,16	80,77	76,51	76,76

## BIBLIOGRAFÍA

- Belitz, H.D., Grosch, W. (1997). *Miel y crema de azúcar invertido*. En: Química de los alimentos. Ed. Acribia, S.A., 964-955
- Doner, L.W. (1977). *The sugar of honey- a review*. J. Sc. Food Agric., 28 (5), 443-456.
- Gómez-Báñez, J.A., García-Villanova, R.J., Elvira-García, S., Gonzalez-Paramas, A.M., (1999). *Optimization of the capillary gas chromatographic analysis of mono- and oligosaccharides in honeys*. Chromatographia, 50 (7/8), 461-469.



- Kearsley, M.W. (1985). Physical, chemical and biochemical methods of analysis of carbohydrates. En: Analysis of food carbohydrates, Birch, G.C. (ed), 15-40.
- Low, N.H. and Sporns, P., (1988). Analysis and quantitation of minor di- and tri-saccharides in honey, using capillary gas chromatography. J. Food Sci., 53 (2), 558-561.
- Mateo, T., Bosch, F. and Pastor, A. (1987). A capillary column gas chromatographic identification of sugars in honey as trimethylsilyl derivatives. J. Cromatogr. 410, 319-328.
- Siddiqui, I.R. (1970). The sugars of honey. Adv. Carbohydr. Chem. Biochem., 25, 285-297.
- Villamiel, M., del Castillo M.D., Corzo, N. and Olano, A. (2001). Presence of furo-sine in honeys. J. Sci. Food Agric., 81, 790-793.

# 6 La fracción nitrogenada de la miel

M<sup>a</sup> Teresa Iglesias<sup>1</sup>, Encarnación Pueyo<sup>2</sup> y M<sup>a</sup> del Carmen Polo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria IMIA

<sup>2</sup> Instituto de Fermentaciones Industriales (IFI), CSIC, Madrid

## LOS COMPUESTOS NITROGENADOS

Los compuestos orgánicos nitrogenados más importantes son los aminoácidos, los péptidos y las proteínas.

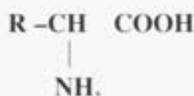
Los aminoácidos constituyen la materia prima para la síntesis de proteínas y por otra parte, son precursores de compuestos aromáticos y conjuntamente con los péptidos, contribuyen directamente al sabor de los alimentos.

Los aminoácidos también pueden ser sustrato de reacciones de pardeamiento (reacción de Maillard) al reaccionar con los azúcares del medio, siendo por tanto también responsables en parte, del color de los alimentos.

Las proteínas tienen propiedades gelificantes, espumantes, emulsionantes y estructurales que influyen directamente sobre las propiedades físicas de los alimentos. Además las enzimas presentes en los alimentos, que son proteínas, pueden ser responsables de modificaciones químicas que puede sufrir el alimento.

### Los aminoácidos

Los aminoácidos son moléculas orgánicas de fórmula general:



Son 20 los aminoácidos diferentes, que forman parte de las proteínas. Sus fórmulas estructurales se muestran en la siguiente figura.

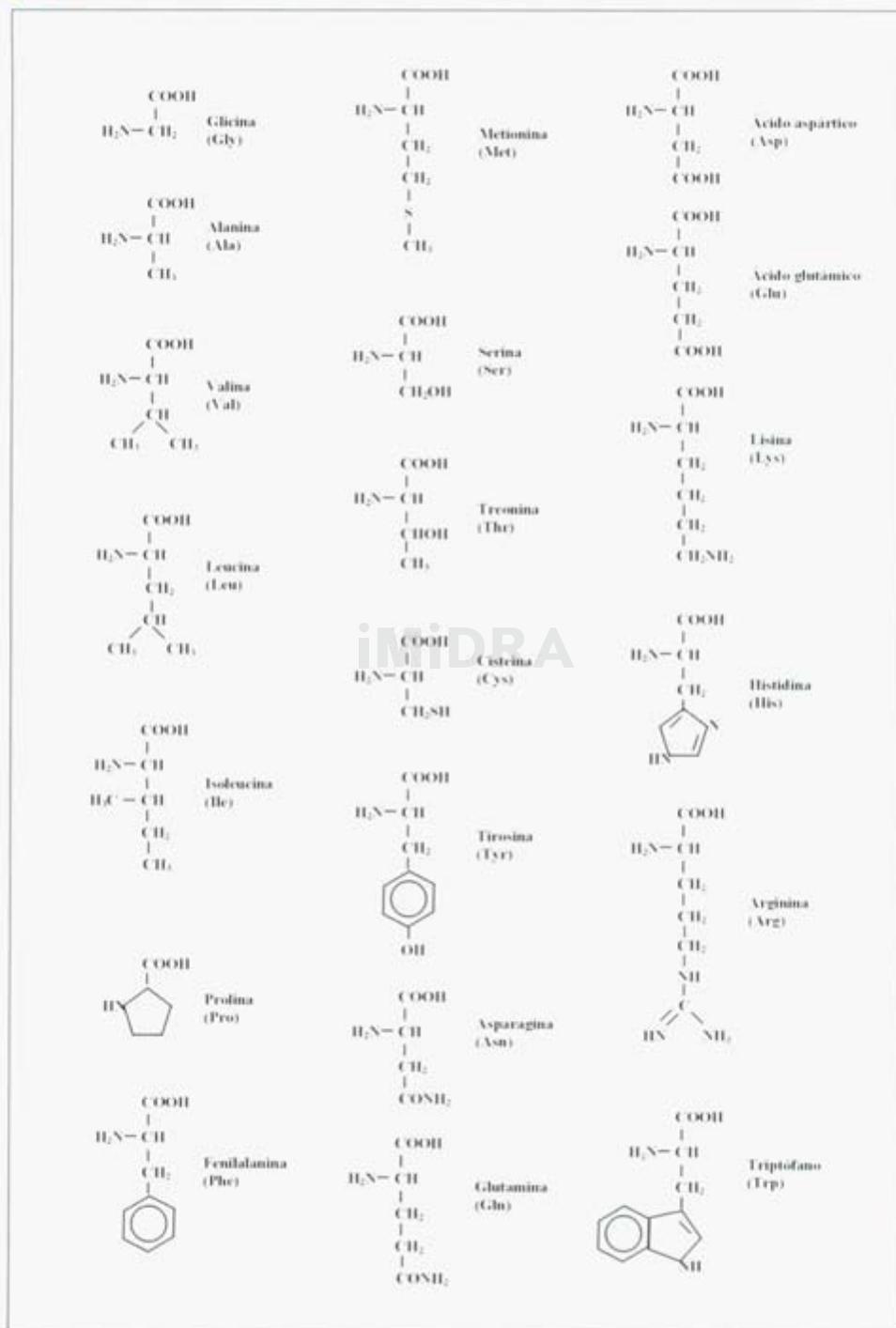


Figura 1. Fórmulas estructurales de los 20 aminoácidos proteicos.



Además de estos aminoácidos, en los alimentos en general, se pueden encontrar en forma libre algunos aminoácidos que actúan como precursores importantes o como intermediarios en diferentes metabolismos. Así, la  $\beta$ -alanina es el precursor del ácido pantoténico, la homocisteína y la homoserina son intermediarios en el metabolismo de otros aminoácidos, la citrulina y la ornitina son intermediarios en la síntesis de arginina, etc. El ácido  $\gamma$ -aminobutírico, otro aminoácido no proteico, actúa como agente químico para la transmisión de los impulsos nerviosos.

Los aminoácidos se clasifican en función de la naturaleza del grupo R de la fórmula general, en no polares y polares y estos últimos en cargados y no cargados según el grupo R tenga carga o no, pudiendo ser los cargados básicos o ácidos.

También pueden clasificarse en función de su estructura química en alifáticos, cíclicos y aromáticos.

Los aminoácidos proteicos tienen todos la configuración enantiomérica L, y por tanto en forma libre también tendrán, mayoritariamente, dicha configuración. Sin embargo existen algunos aminoácidos en forma libre que tienen la configuración espacial contraria (configuración D).

## Péptidos y proteínas

iMiDRA

Los péptidos y las proteínas son moléculas orgánicas formadas por la unión de varios aminoácidos entre sí mediante la formación de un enlace peptídico entre el grupo amino de un aminoácido y el grupo ácido de otro.

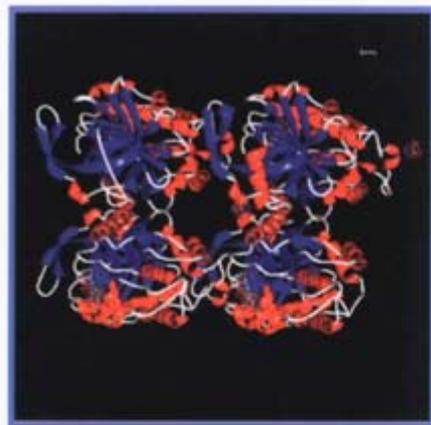
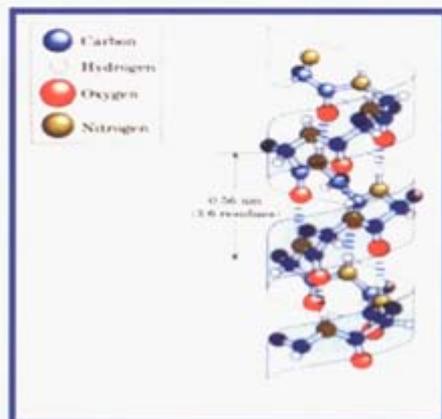
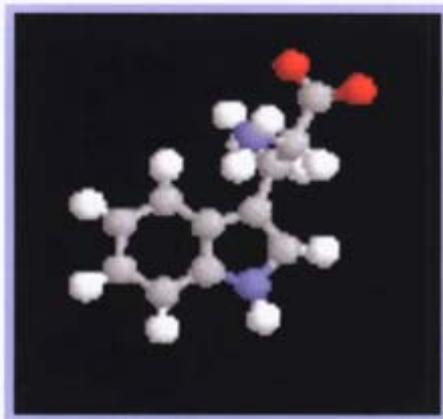
Se diferencian entre sí fundamentalmente por el número de aminoácidos que forman la cadena y por su composición aminoacídica, lo que les confiere sus diferentes propiedades.

Los péptidos tienen acciones biológicas específicas como tener naturaleza de hormona, de toxina o de antibiótico. Además, algunos péptidos tienen propiedades funcionales (antihipertensivos, antitrombóticos, etc.) y pueden influir de forma importante sobre las características sensoriales del alimento (péptidos amargos, por ejemplo).

Las proteínas, debido a su gran tamaño, tienen además de estructura primaria como los péptidos, estructura secundaria, terciaria e incluso cuaternaria (ver la figura siguiente). Se conoce como estructura primaria a la secuencia aminoacídica que forman la proteína. La estructura secundaria se produce por las interacciones intramoleculares de una misma molécula, mediante la formación de puentes disulfuro y enlaces de hidrógeno. Estas interacciones intramoleculares pueden dar lugar a estructuras en hoja plegada o  $\beta$ , estructuras helicoidales, estructuras con giros de cadenas peptídicas y a lo que se conoce como estructuras supersecundarias (por ejemplo hélices  $\alpha$ ). La estructura terciaria se forma por interacciones intermoleculares entre varias moléculas de la misma proteína, principalmente mediante enlaces de

hidrógeno e interacciones hidrofóbicas y la fisonomía espacial que adopta la proteína como consecuencia de estas interacciones da lugar a lo que se conoce como proteínas fibrilares o globulares.

Algunas proteínas con estructura terciaria pueden a su vez tener estructura cuaternaria si interactúan entre sí varias moléculas de dicha proteína.



Estructura primaria (A), secundaria (B), terciaria (C) y cuaternaria (D), de las proteínas.

## ANÁLISIS DE LOS COMPUESTOS NITROGENADOS

### Determinación del nitrógeno total

El nitrógeno total en cualquier alimento se determina tradicionalmente mediante el método Kjeldahl, que consiste en la transformación de todo el nitrógeno de la muestra



(inorgánico y orgánico) en sulfato amónico mediante el empleo de ácido sulfúrico y alta temperatura, en presencia de un catalizador. Posteriormente se cuantifica el amonio formado mediante una volumetría, previamente destilado por arrastre de vapor.

Este es el método oficial de la AOAC de análisis de nitrógeno total en la miel y establece que se parta de 300 mg de miel para el análisis y que la valoración del amoniaco formado se haga con ácido clorhídrico 0,01N.

### Análisis de aminoácidos libres

La cuantificación global del nitrógeno amínico (nitrógeno correspondiente a los aminoácidos) permite evaluar el nitrógeno realmente disponible para los microorganismos. Su cuantificación se puede llevar a cabo mediante métodos espectrofotométricos formando derivados coloreados generalmente con ninhidrina. Pero, si se quiere conocer la composición pormenorizada de cada uno de los aminoácidos existentes en la miel, se debe de realizar su separación y cuantificación mediante métodos cromatográficos.

Las primeras separaciones de aminoácidos se llevaron a cabo mediante cromatografía en papel y en capa fina (TLC), pero la aparición de técnicas cromatográficas de mayor resolución han permitido llevar a cabo su análisis cuantitativo con mayor exactitud.

Los aminoácidos pueden analizarse bien por cromatografía de gases, mediante la previa formación de derivados volátiles, o bien y más comúnmente, mediante cromatografía de líquidos de alta eficacia.

El análisis de los aminoácidos por cromatografía de líquidos de alta eficacia se puede llevar a cabo por cromatografía de intercambio iónico y detección por espectrofotometría después de formar un derivado coloreado. La formación de derivados se hace postcolumna y habitualmente se utiliza como reactivo la ninhidrina.

También se puede realizar su análisis formando derivados que se puedan separar en una columna de fase inversa. Los derivados más comunes se forman por reacción de los aminoácidos con cloruro de dansilo, dinitrofluorobenceno (DNFB), fenilisotiocianato (PTH), o-ftaldialdehído (OPA) y cloroformiato de 9-fluorenilmetilo (FMOC). Estos derivados son fluorescentes y su detección se puede llevar a cabo con un detector de ultravioleta-visible o de fluorescencia. La detección de fluorescencia tiene la ventaja de ser mucho más sensible y evita las interferencias de otros compuestos existentes en la matriz de la muestra.

En los métodos oficiales de análisis de la AOAC tan solo se recoge el análisis de prolina en la miel (por ser el aminoácido mayoritario de la misma). El método consiste en su cuantificación espectrofotométrica por formación de un derivado coloreado con ninhidrina en presencia de ácido fórmico.

La electroforesis capilar es una técnica de separación que ha permitido la separación y cuantificación de los aminoácidos, recientemente.



*Equipo de electroforesis capilar*

## **Análisis de proteínas**

La cuantificación de las proteínas se suele llevar a cabo mediante la cuantificación del nitrógeno total por el método Kjeldahl, anteriormente descrito y posterior transformación matemática de dicho valor. Este método solo es aplicable cuando las proteínas son los componentes nitrogenados mayoritarios del alimento y por tanto su aplicación en la miel daría lugar a un error cuantitativo importante.

Las proteínas también pueden cuantificarse mediante métodos espectrofotométricos por formación de complejos coloreados. Este es el caso del método Lowry, el método de Bradford y el método de la BCA. Todos ellos permiten cuantificar de forma relativa la concentración de proteínas, pues se hace referencia a la respuesta que se obtiene al hacer reaccionar, en las mismas condiciones que la muestra, una disolución de BSA (seroalbúmina bovina) con el reactivo específico. La BSA es la proteína que se suele usar siempre como patrón. Además hay que tener en cuenta que algunos de estos métodos



de cuantificación pueden tener interferencias con algunos de los compuestos que pueden estar presentes en la matriz de la muestra, como es el caso de los polifenoles.

La cuantificación de las proteínas también puede llevarse a cabo por pesada directa después de su precipitación con TCA (ácido tricloroacético) o con sulfato amónico a saturación, por ejemplo. También se pueden cuantificar por la evaluación del área obtenida en el volumen de exclusión de una columna de exclusión molecular.

Las proteínas se separan normalmente por técnicas electroforéticas convencionales: PAGE-nativa, PAGE-SDS e IEF, que permiten separar las proteínas en función de su carga eléctrica, de su peso molecular o de su punto isoelectrico, respectivamente.

La electroforesis capilar permite también separar las proteínas y proporcionar la misma información que proporcionan las técnicas electroforéticas convencionales, pero con las grandes ventajas que aporta esta técnica: mejores eficacias, menor consumo de reactivos, menores tiempos de análisis, la posibilidad de realizar el análisis cuantitativo, etc.

Las proteínas también pueden ser separadas y cuantificadas por métodos cromatográficos, mediante el empleo de columnas de exclusión molecular, de intercambio iónico o de fase inversa, y la utilización de detectores espectrofotométricos o de espectrometría de masas.

imiDRA

## ORIGEN DE LOS COMPUESTOS NITROGENADOS EN LA MIEL

Los compuestos nitrogenados más importantes presentes en la miel son las proteínas y los aminoácidos.

Las proteínas son compuestos minoritarios en la miel. En la bibliografía se recogen datos de concentración de proteína en miel mediante el empleo de métodos espectroscópicos o mediante la conversión del nitrógeno total cuantificado por el método Kjeldahl. Los valores encontrados con ambos tipos de métodos son por tanto muy diferentes, estando comprendidos estos valores entre 19 y 1060 mg/100 g de miel.

Las proteínas pueden provenir de la abeja o de la planta. Las proteínas que provienen de la abeja son enzimas que modifican la composición del néctar dando como resultado la miel. Las enzimas más importantes descritas en miel son:  $\alpha$ -glucosidasa (invertasa, sacarasa),  $\alpha$ - y  $\beta$ -amilasas (diastasas), glucosa oxidasa, catalasa y fosfatasa ácida (Belitz y Grosch, 1997).

La fracción proteica de la miel ha sido estudiada mediante técnicas electroforéticas y técnicas cromatográficas.

Recientemente se ha publicado un trabajo (Baroni y col., 2002) en el que se estudia la fracción proteica de la miel mediante electroforesis (PAGE-SDS) e indican que las proteínas procedentes de la abeja están presentes en la miel en mayor proporción que



las procedentes de la planta y además observan que dichas proteínas tienen pesos moleculares comprendidos entre 60 y 80 KDa. Los mismos autores indican que para detectar las proteínas de la planta es necesario el empleo de técnicas más sensibles.

Los aminoácidos, al igual que las proteínas, proceden de la abeja y de la planta. Las concentraciones de aminoácidos en la miel fluctúan en un intervalo amplio: 10-250 mg/100g de miel.

Los aminoácidos mayoritarios en la miel son la prolina y la fenilalanina. La prolina puede suponer entre un 50 y un 90 % del total de los aminoácidos de la miel y provienen principalmente de las abejas (Davies, 1975; Sancho y col., 1991).

## INTERÉS DEL ANÁLISIS DE LOS COMPUESTOS NITROGENADOS EN LA MIEL

### Evaluación del origen floral o geográfico de la miel

Tanto la fracción proteica como aminoacídica de la miel, han sido estudiadas con la finalidad de caracterizar el producto, así como para intentar establecer el origen geográfico y/o floral de las mismas.

Algunos autores concluyen que no es posible, mediante el estudio de la fracción proteica de la miel, el poder llevar a cabo la diferenciación por su origen. Tan sólo en el trabajo de Baroni y col., (2002) se demuestra la posibilidad de llevar a cabo este tipo de diferenciación mediante la detección de las proteínas por técnicas muy específicas, como es el inmunoblotting, aplicado después de la separación de las proteínas por técnicas electroforéticas. Sin embargo esta técnica requiere la obtención de antisueros específicos para cada tipo de flor.

En algunos trabajos en los que se estudia la fracción proteica de diferentes mieles con el fin de realizar la diferenciación geográfica de las mismas, indican que es posible llevar a cabo esta diferenciación en mieles de zonas o países muy diferentes. Quizás esto es posible cuando en una zona concreta exista una flora autóctona diferente de otras, que proporcione peculiaridades concretas a la miel.

Los aminoácidos también han sido utilizados para diferenciar mieles de diferentes orígenes geográficos y para la diferenciación floral de las mismas. De esta manera se ha comprobado que las mieles de brezo se caracterizan por una concentración alta de aminoácidos y que las mieles de rododendro y romero son las que tienen una concentración más baja de los mismos, así como, que algunos aminoácidos y su distribución, son característicos de ciertos tipos de mieles.

La concentración de prolina no es un buen indicador del origen floral de la miel. Esto es debido a que la prolina proviene principalmente de la abeja. Tampoco es un buen diferenciador del origen geográfico probablemente por el mismo motivo.



La diferenciación botánica y geográfica en la miel no es un trabajo sencillo, debido fundamentalmente a la mezcla floral que podemos hallar en una misma miel y a las modificaciones que sufren los aminoácidos debidas al periodo de almacenamiento y a las condiciones de conservación, o por los tratamientos térmicos aplicados. Todos estos factores favorecen la reacción de Maillard.

### Detección de adulteraciones

Las principales adulteraciones de la miel son la obtención de un producto similar a la misma mediante la alimentación de las abejas con azúcar y la preparación de jarabes que se añaden a la miel.

Algunos autores indican que la proporción de prolina es un buen indicador para estos tipos de adulteraciones. La concentración de prolina será muy alta cuando las abejas sean alimentadas con azúcar y será muy baja cuando se añadan azúcares a la miel. En ambos casos, el resto de los aminoácidos tendrán una concentración muy baja o nula (Davies, 1975; White y Rudy, 1978).

### LA FRACCIÓN NITROGENADA DE LAS MIELES DE MADRID

En la tabla que se muestra a continuación se recogen los datos medios de concentración de nitrógeno total y de proteína, así como los valores máximos, mínimos y el coeficiente de variación (CV), de 73 mieles de la Comunidad de Madrid, procedentes de las cosechas de 2000 y 2001.

	<b>Nitrógeno total (mg N/100 g peso seco)</b>	<b>Proteína (mg BSA/100 g peso seco)</b>
Valor medio	103,00	127,57
Máximo	216,39	211,85
Mínimo	33,37	3,41
CV	41,21	37,19

Valores media, máximo, mínimo y coeficiente de variación del contenido en nitrógeno total y proteína de las 73 muestras de miel de Madrid estudiadas.

La concentración de nitrógeno total ha sido cuantificada mediante el método de Kjeldahl (método de la AOAC) y la proteína mediante el método de Bradford. Los valores medios de concentración de proteína obtenidos se encuentran encuadrados dentro de los datos que aparecen en la bibliografía.

Llama la atención el valor bajo del mínimo de concentración de proteína: 3,41 mg BSA/100 g peso seco, aunque a veces es difícil la comparación de datos de concen-



tración de proteína con los de la bibliografía debido al empleo de diferentes métodos de cuantificación.

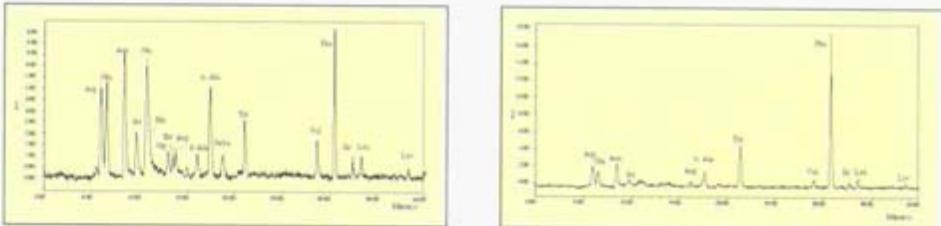
En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos para los aminoácidos libres analizados en las 73 mieles analizadas, así como los valores máximos, mínimos y el coeficiente de variación (CV) de los mismos.

La prolina ha sido cuantificada por el método de la AOAC y el resto de los aminoácidos mediante su separación y cuantificación por cromatografía de líquidos de alta eficacia con una columna de fase inversa y mediante la formación de los OPA derivados y su detección por fluorescencia (Figura 4).

Aminoácido	Valor medio	Máximo	Mínimo	CV
Asp	13,96	34,51	0,57	58,72
Glu	18,28	54,78	0,66	69,99
Asn	12,25	31,56	0,00	59,03
Ser	4,10	8,26	0,00	53,35
Gln	4,71	20,24	0,00	84,75
His	2,25	24,92	0,00	222,74
Gly	1,07	3,30	0,00	81,95
Thr	1,78	4,88	0,00	63,95
Arg	3,34	12,55	0,00	88,12
$\beta$ -Ala	0,46	3,03	0,00	170,19
$\alpha$ -Ala	5,69	10,40	0,00	46,48
GABA	2,71	11,14	0,00	108,19
Tyr	7,28	20,62	0,70	63,07
Val	1,91	3,84	0,00	52,77
Trp	0,55	3,54	0,00	168,23
Phe	15,45	75,19	0,00	85,14
Ile	1,23	2,72	0,00	50,32
Leu	1,12	3,47	0,00	73,58
Lys	1,49	7,04	0,00	123,81
Pro	81,78	153,16	27,14	38,42
<b>Suma de aa</b>	<b>181,41</b>	<b>306,85</b>	<b>48,26</b>	<b>31,27</b>

Valores medios, máximo, mínimo (mg /100 g peso seco) y coeficiente de variación, de la concentración de aminoácidos y de la suma de aminoácidos de las 73 muestras de miel estudiadas, de la Comunidad de Madrid.

Los valores de la concentración del total de aminoácidos están también encuadrados dentro de los datos existentes en la bibliografía y también se corrobora que la prolina es el aminoácido mayoritario en la miel.



Perfiles cromatográficos de los aminoácidos de dos de las mieles analizadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Belitz, H.D. and Grosch, W. (1997). *Miel y crema de azúcar invertido*. En: Química de los Alimentos. Acribia S.A., pp: 946-955.
- Baroni, M.V., Chiabrando, G.A., Costa, C. and Wunderlin, D.A. (2002). *Assessment of the floral origin of honey by SDS-Page immunoblot techniques*. J. Agric. Food Chem. 50: 1362-1367.
- Davis, A.M.C. (1975). *Amino acid analysis of honeys from eleven countries*. J. Apic. Res. 14: 29-39.
- Sancho, M.T., Muniategui, S., Huidobro, J.F. and Simal, J. (1991). *Honeys of the Basque district of Spain II. Formol value and proline content*. An. Bromatol. 43: 87-99.
- White, J.W. and Rudy, O.N. (1978). *Proline content of United States honeys*. J. Apic. Res. 17: 89-93.



# 7 Los componentes volátiles y el aroma

Ana Cristina Soria<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Montserrat González<sup>2</sup> y Jesús Sanz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Química Orgánica General (IQOG), CSIC, Madrid

<sup>2</sup>Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria IMIA

## INTRODUCCIÓN

La alimentación es una parte fundamental de nuestra interacción con el entorno que nos rodea y, como es lógico, los sentidos controlan cómo se lleva a cabo esta interacción. En la apreciación de un alimento, los sentidos tienen una importancia distinta a la que reciben en otros aspectos de la vida. Así, los llamados sentidos "químicos" como el olfato y el gusto suelen ser determinantes en una valoración subjetiva del alimento, mientras que los "físicos" (vista, oído y tacto), más importantes en la vida rutinaria, juegan un papel secundario. En cualquier caso, la vista representa el 40% de la percepción sensorial en el hombre, de ahí que sea el sentido involucrado directamente en la adquisición del producto (González y de Lorenzo, 2002). A posteriori, aroma y sabor definirán la elección futura del consumidor.

Los sentidos químicos interactúan de tal manera que en la sensación producida por un alimento resulta difícil diferenciar sabor y olor. La sensación de olor se produce siempre por compuestos químicos que se desprenden del alimento y llegan a la mucosa olfativa, bien directamente por la vía anterior de la nariz, bien por vía retronasal gracias a la comunicación fosas nasales-paladar en el momento en que son deglutidos. En el primer caso alcanzan la nariz a temperatura ambiente, mientras en el segundo lo hacen a 37°C, la temperatura del cuerpo humano. La sensación conjunta sabor-olor puede modificarse a raíz de un catarro o simplemente al taparse la nariz, de forma que la expresión popular "no tengo sabor" obedece en realidad a la pérdida del olor del alimento. No existe un nombre en castellano para describir esta sensación conjunta, por lo que cada vez más frecuentemente se recurre al anglicismo "flavor".

Aroma es un término frecuentemente utilizado que proviene, a través del latín "arōma" del griego "ἀρώμα". El Diccionario de la Real Academia de la Lengua define este concepto como "*la flor del aroma, dorada, vellosa, de olor muy fragante y pedunculada*". Una segunda acepción hace referencia a "*un olor muy agradable, perfumado*". En su concepto sensorial, el aroma es la propiedad organoléptica percibida por el epitelio olfatorio, zona restringida a unos pocos centímetros cuadrados, que contiene unos cinco millones de neuronas olfatorias. El concepto aroma no es únicamente aplicable a aquellas sustancias que provocan una sensación placentera en nuestro organismo, sino a todas las que estimulan las neuronas receptoras ocasionando respuestas individuales de distinta índole. Una propiedad característica del



sentido del olfato es la valoración automática de la sensación producida. Esta valoración, quizá relacionada con la asociación del olor a aspectos emotivos, como experiencias pasadas o recuerdos, puede cambiar con las circunstancias propias de cada persona, pero existen olores que el cerebro procesa automáticamente como "buenos" o como "malos", lo que puede interpretarse en el caso de los alimentos como base para su aceptación o rechazo.

En el caso de la miel, cuya apreciación se basa fundamentalmente en sus características organolépticas, pasando a un segundo plano las meramente nutricionales (cabe señalar que su composición en elementos minerales, vitaminas y proteínas, ya comentada en capítulos anteriores, confieren al alimento un valor nutritivo muy superior al de otros azúcares refinados y jarabes), la información que proporcionan los sentidos químicos y, sobre todo, el olfato es fundamental.

Resulta muy complicado conocer la causa del especial aroma de la miel. El estudio objetivo del olor de los alimentos se encuentra con diversos problemas, entre los que podemos incluir el hecho de tratar con conceptos difícilmente medibles como calidad e intensidad, los problemas al comunicar la sensación producida por un olor, la dificultad o imposibilidad de ciertas personas para percibir determinados aromas, el elevado número de olores que puede registrar la nariz humana y la complejidad de su clasificación. Para objetivar estas sensaciones, en los últimos años se utiliza la caracterización olfatoria a través de perfiles descriptivos que permiten, de un lado, la caracterización sensorial de los aromas y, de otro, su evaluación cualitativa, como se describe en el capítulo 8.

Sin embargo, el estudio de los aromas puede también abordarse buscando conocer los compuestos químicos que los producen. En los apartados de este capítulo se resumen las bases químicas del aroma, los aspectos característicos del aroma de la miel y las principales técnicas para la determinación de compuestos volátiles en miel. Por último, se presentan los resultados de un estudio realizado sobre la composición aromática de mieles de la Comunidad de Madrid.

## AROMA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA

Toda percepción sensorial es una construcción de la mente que parte de la interacción de ciertos receptores con estímulos externos. En el caso del olfato humano, los receptores se encuentran en la cavidad nasal y los estímulos son compuestos químicos, capaces de llegar a ésta y de producir la adecuada interacción.

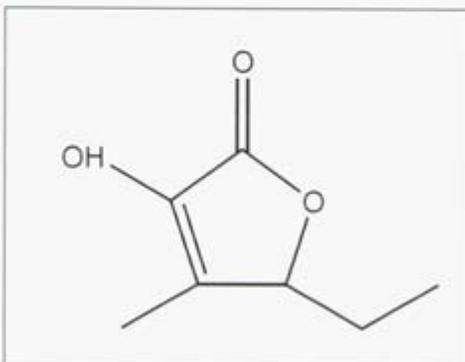
El epitelio olfatorio, de unos 3-4 cm<sup>2</sup>, incluye las neuronas olfatorias, que son el eje central del proceso de olfacción. Estas neuronas se prolongan hacia el exterior mediante una serie de cilios que se encuentran en la mucosa nasal y que actúan como receptores de las moléculas aromáticas, y hacia el interior mediante unos axones que llegan hasta el bulbo olfatorio, donde interaccionan con los nervios olfatorios encargados de llevar la señal al cerebro.

Estos aspectos biológicos determinan en un primer nivel las características que deben cumplir los compuestos de un alimento que son los responsables de su aroma. En primer lugar, deben poderse desprender fácilmente del alimento para alcanzar la nariz, bien directamente o por vía retronasal. Por este motivo, deben ser al menos algo volátiles, para que se evaporen constantemente del alimento muy pequeñas cantidades. Un alimento frío presenta menos olor que en caliente, al reducirse la emisión de compuestos volátiles; con el tiempo, un alimento pierde parte de sus compuestos aromáticos por evaporación.

El requisito de volatilidad limita el peso molecular de los compuestos aromáticos, que siempre debe ser inferior a 300. Sin embargo, ciertos compuestos de peso molecular inferior pero de elevada polaridad (por ejemplo glucosa y fructosa, los componentes mayoritarios de la miel, con peso molecular de 180) no son volátiles, por lo que no presentan olor alguno. La mucosa nasal está bañada por una secreción acuosa, pero los cilios de las neuronas olfatorias se encuentran rodeados por lípidos. Para alcanzarlos, una vez que llegan a las fosas nasales los compuestos aromáticos deben ser capaces de disolverse, al menos parcialmente, tanto en medios acuosos como apolares y, por tanto, presentar una polaridad intermedia.

A pesar de su sencillez química, los compuestos volátiles presentan propiedades aromáticas muy diferentes. La intensidad de un compuesto puede medirse mediante su umbral de olfacción, que es la concentración mínima necesaria (generalmente en agua o en aire) para que el compuesto pueda ser detectado por la nariz humana: cuanto menor sea el umbral de olfacción, mayor es el poder aromático de un compuesto.

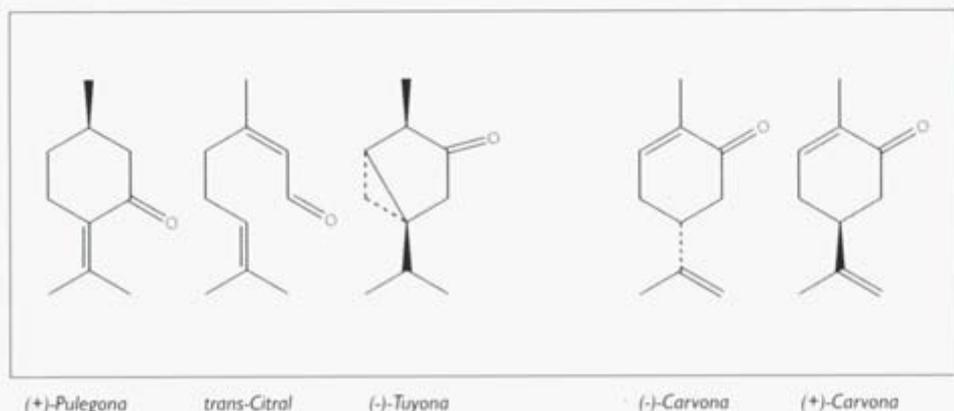
Entre los componentes de alimentos con gran intensidad aromática cabe destacar la 5-etil-3-hidroxi-4-metil-2(5H)-furanona (Leffingwell) que se utiliza como aditivo en cantidades bajísimas al detectarse su olor a azúcar quemado en proporción 1:10<sup>14</sup>. Este umbral de detección indica que se notaría su presencia al añadir 1 g de este producto al agua contenida en 60.000 piscinas olímpicas, suficiente para dar de beber a una ciudad de 4 millones de habitantes durante más de 30 años.



5-etil-3-hidroxi-4-metil-2(5H)-furanona

El tipo de olor varía también claramente con el compuesto responsable. (+)-pulegona, *trans*-citral y (-)-tuyona son compuestos terpénicos con la misma composición elemental (C<sub>15</sub>H<sub>16</sub>O) y semejante polaridad, que huelen respectivamente a menta, limón y especia (ver figura). Ciertos pares de enantiómeros presentan distintas características aromáticas: la D-(+)-carvona presente en la *Mentha spicata* es responsable del intenso olor a menta de esta planta, mientras que la L-(-)-carvona

que, sólo se diferencia de la anterior en ser su imagen especular, se encuentra en la alcaravea y tiene olor picante a especia.



El establecimiento de una relación entre el olor producido y el compuesto que lo produce tendría interés básico, al permitir el avance en el conocimiento del proceso de olfacción, e importancia práctica por su incidencia en el desarrollo dirigido de nuevos compuestos aromáticos. Por estos motivos, han surgido diversas teorías que tratan de explicar el fundamento químico del olor.

La más antigua considera que el olor de un compuesto depende de la forma y tamaño de su molécula. Amoore (Amoore, 1965) propuso que una molécula aromática debía ajustarse a su receptor como una llave a una cerradura, coincidiendo en forma, tamaño y, en ciertos casos, distribución electrónica. Según su teoría, existirían 7 tipos de receptores, correspondientes a siete olores "primarios" de cuya combinación surgirían todos los demás. Pero los siete olores postulados son pocos para explicar el muy elevado número de sensaciones distinguibles. Además, existen ejemplos de compuestos similares en forma y tamaño y de distinto olor. Por este motivo, se ha revitalizado recientemente (Turín, 1996) una teoría que propone que son las vibraciones de los enlaces de una molécula las que dan lugar a la sensación de olor. En la interacción molécula-receptor, éste funciona como un espectroscopio biológico: su carácter estereoquímicamente selectivo permite asignar distinto olor a compuestos quirales. Aunque este enfoque ha permitido explicar el olor de diversos compuestos químicos, en la actualidad tampoco ha sido ampliamente aceptado por la comunidad científica.

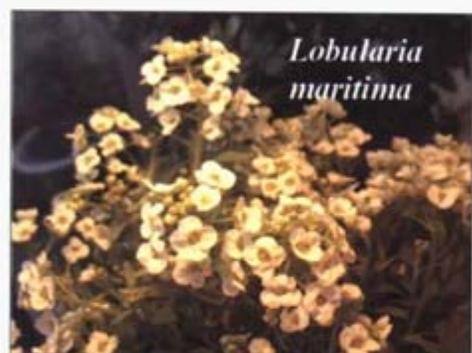
También se han producido avances en el conocimiento de los fundamentos bioquímicos del olfato. Investigaciones recientes indican que el hombre puede identificar hasta 10.000 olores, mientras que el número de receptores puede ser cercano a 1.000, lo que corresponde a un promedio de 10 interacciones por cada receptor. Se debe suponer entonces que si cada uno de los distintos grupos o subestructuras de una molécula puede activar un receptor determinado (Axel, 1995), un com-

puesto aromático podría activar simultáneamente varios tipos de receptores. El cerebro procesaría la señal múltiple recibida y asociaría el olor a la sensación correspondiente a la combinación de receptores que se han activado, en un proceso similar al que sigue en el reconocimiento de una persona a partir de los rasgos individuales de su rostro.

## EL AROMA DE LA MIEL

### Descripción del aroma de la miel

La miel tiene un olor típico que la diferencia de otros alimentos. Se puede hablar así de un olor genérico a miel, que comparten todas las mieles y que es fácilmente reconocible. A veces, se le denomina incorrectamente olor a "dulce", al ser el propio de un alimento claramente dulce y conocido por todos. Este olor a miel aparece como matiz que aumenta la valoración de alimentos que la contienen, como productos de bollería o bebidas basadas en ella como la hidromiel, pero también de otros productos que no la incluyen, como vino, cerveza o té. Existen plantas cuyas flores presentan olor a miel; algunas de ellas, como la lobularia o aliso (*Lobularia maritima*), se cultivan en parte por su agradable aroma. En las plantas silvestres, este olor favorece a la planta ya que puede atraer a las abejas (o a otros insectos) para que lleven a cabo su polinización. Entre las plantas frecuentes en la Comunidad de Madrid cuyo olor recuerda al de la miel podemos destacar el galio (*Gallium* sp.), el verbascos o gordolobo (*Verbascum* sp.) y diversos brezos (*Erica* y *Calluna* sp.). Este olor a miel de algunas plantas está poco estudiado, pero suele ser debido a derivados benzenicos como el 2-feniletanol, el acetato de feniletilo o el fenilacetaldehído.



Pero, al igual que de un vino puede decirse que además de su olor genérico presenta aroma afrutado, con notas frescas y cítricas y con connotaciones a madera de roble, también los distintos tipos de miel presentan muy diversos matices en su aroma que, en muchos casos, aumentan su valoración, al hacer que prefiramos unos tipos de miel a otros, y que dependen de la presencia en las mieles de ciertos compuestos químicos en cantidades variables.

## Compuestos aromáticos en la miel

Los compuestos responsables del olor genérico de la miel deben encontrarse entre los componentes volátiles comunes a todas ellas. Destacan sobre todo compuestos carbonílicos; aldehídos como el fenilacetaldehído, el benzaldehído, el hexanal y el octanal, y cetonas como la acetona, la 2-butanona, la 2,3-butanodiona y la 2- y 3-pentanona. También aparecen alcoholes, siendo los más importantes el etanol, el alcohol bencílico y el 2-feniletanol, y ésteres como los formiatos de metilo y de etilo, el acetato de etilo y el propionato de etilo.

Los compuestos con estructura terpénica (linalol, óxidos de linalilo, óxidos de rosa, nerol y geraniol,  $\alpha$ -terpineol, etc.), aunque en pequeña proporción, se han encontrado en elevado número en diversas mieles. Son habituales los derivados del furano, como el furtural, el hidroximetilfurtural y el alcohol furturílico; las hidroxicetonas del tipo 1-hidroxi-2-propanona y 3-hidroxibutan-2-ona y los compuestos azufrados como el sulfuro y el disulfuro de dimetilo, entre otros. Aunque de menor importancia como responsables del aroma, también se encuentran presentes en miel diversos alcanos. De algunos de estos compuestos, entre los que podemos destacar el acetato de feniletilo, el alcohol bencílico, el 2-feniletanol, el fenilacetaldehído y el feniletanato de etilo, se ha descrito previamente que su olor recuerda al de la miel.

Sin embargo, a la hora de evaluar la contribución aromática de estos y otros compuestos, es importante considerar el umbral de detección de cada uno de ellos. Así, si bien el fenilacetaldehído, el anisaldehído y la  $\beta$ -damascenona han sido propuestos por Blank *et al.*, (1989) como los compuestos que contribuyen en mayor medida al aroma de la miel, el bajísimo umbral de detección de la  $\beta$ -damascenona, presente en miel en muy reducidas concentraciones, le confiere una gran importancia aromática.

La diferencia en el aroma de las distintas mieles es debida, por una parte, a la presencia en distintas concentraciones de los compuestos comunes previamente citados y, por otra, a la de otros compuestos aromáticos, de procedencia muy variada dado el proceso de formación de cada miel.

## Procedencia del aroma de la miel

La complejidad del aroma de la miel, ligada a la doble procedencia vegetal-animal de este producto, tiene su origen en una serie de factores entre los que cabe destacar la composición del néctar o mielato recogido por las abejas (que a su vez depende de condicionantes botánicos, ecológicos y climatológicos), la zona geográfica y época de recogida y las condiciones de extracción, envasado y almacenamiento.

Los compuestos de tipo terpénico parecen proceder directa o indirectamente de las plantas visitadas por las abejas. Así, compuestos como el óxido de rosa (*cis*-) y el éter de tilo (3,9-epoxi-1,4-(8)-p-mentadieno), que han sido detectados tanto en el néctar de flores de tilo como en la miel de tilo, presumiblemente pasan de la flor a la miel sin



ser modificados por la abeja. Otros compuestos, sin embargo, sufren alteraciones en su estructura, tal es el caso de algunos derivados del linalol presentes en miel de cardo (Wilkins *et al.*, 1993), entre los que cabe destacar el hotrienol, los aldehídos de lila (4 isómeros), los alcoholes de lila (4 isómeros) y diversos ácidos, aldehídos y dioles.

Algunos alcanos presentes en la miel parecen proceder de la cera de los panales que no ha sido correctamente separada de la miel durante su recogida y procesado (Bonaga *et al.*, 1986). Igualmente podemos destacar la presencia de furanos, entre ellos el hidroximetilfurfural, que como se hacía alusión en capítulos anteriores, basa su origen en la deshidratación de la fructosa en medio ácido.

## Utilidad

El estudio del aroma de la miel a través de la caracterización de su fracción volátil permite una evaluación objetiva de la miel atendiendo a diferentes criterios. Si, como se mencionó en el apartado anterior, ciertos compuestos terpénicos de la miel proceden directamente del néctar recogido, debe ser posible utilizar esos compuestos como marcadores del origen floral de la miel. Esto ocurre, entre otros, en los casos mencionados de miel de tilo y miel de cardo. Lo mismo ocurre con otros compuestos no terpénicos; aldehídos para miel de lavanda y dicetonas para miel de eucalipto (Bousesta *et al.*, 1992), o antranilato de metilo para mieles de cítricos del Levante español (Serra Bonvehí, 1988; Ferreres *et al.*, 1994).

Como ya ha sido mencionado los derivados del furano son marcadores del almacenamiento y del calentamiento de la miel. Estos procesos reducen los niveles de concentración de la mayoría de los compuestos volátiles, pero incrementan los de otros como el furfural y el hidroximetilfurfural (HMF), lo que se traduce en un cambio de las propiedades sensoriales de la miel (Wootton *et al.*, 1978; Gupta *et al.*, 1992; Sanchó *et al.*, 1992). Asimismo, alcoholes, aldehídos ramificados y derivados del furano parecen reflejar la pureza microbiológica y condiciones de procesado y almacenamiento de la miel, más que su origen floral (Bousesta *et al.*, 1992).

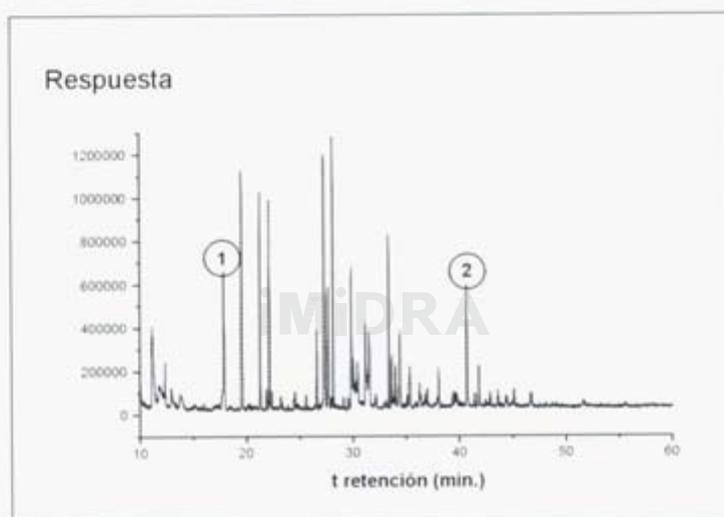
En resumen, la determinación de los componentes volátiles de las mieles permite llevar a cabo una caracterización relacionable con su calidad, con su origen floral y con su procesado y almacenamiento. Todas estas razones han contribuido al hecho de que en los últimos años la determinación cualitativa y cuantitativa de compuestos volátiles en mieles haya cobrado gran auge.

## ANÁLISIS DEL AROMA DE LA MIEL

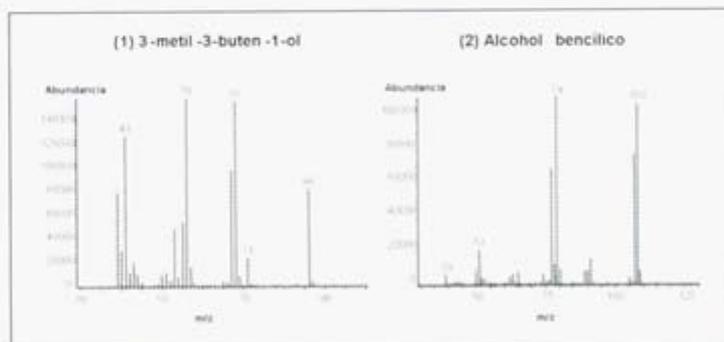
Los compuestos con propiedades aromáticas se encuentran presentes en la miel en muy baja concentración, como mezclas complejas de componentes de relativamente bajo peso molecular, polaridad media y variada funcionalidad. Para su determinación resultaría necesaria una técnica de análisis de gran sensibilidad, capaz de re-

solver un gran número de componentes y de proporcionar para cada uno de ellos resultados cuantitativos. La cromatografía de gases capilar (GC) reúne estas características, al proporcionar para cada compuesto volátil de la miel una señal (en forma de pico), cuya intensidad está directamente relacionada con la cantidad relativa de dicho compuesto.

Sin embargo, la cromatografía de gases presenta limitaciones en la identificación de determinados compuestos, que pueden solventarse mediante su acoplamiento con la espectrometría de masas (GC-MS). El registro obtenido por GC-MS (cromatograma) para una miel de procedencia no floral originaria de la Comunidad de Madrid se muestra en la siguiente figura:



La espectrometría de masas proporciona para cada pico cromatográfico un espectro que, al estar relacionado con la estructura de cada compuesto permite en muchos casos su identificación. En la siguiente figura aparecen los espectros de masas registrados para los picos 1 y 2 del cromatograma superior, junto con el nombre del compuesto al que corresponden



El análisis de volátiles en miel por GC-MS requiere, sin embargo, la separación previa de estos compuestos de los componentes mayoritarios de la miel (azúcares y agua) y, si es posible, la preconcentración de los compuestos a analizar, ya que suelen encontrarse en muy bajas concentraciones. Mientras que la técnica GC-MS ha sido comúnmente aceptada para el análisis del aroma de la miel, la etapa de fraccionamiento ha sido abordada de muy diversas formas, constituyendo hoy en día la etapa más crítica del análisis.

Las técnicas más empleadas en el fraccionamiento de volátiles en miel se basan en las diferencias de volatilidad y polaridad entre los analitos de interés (compuestos orgánicos de polaridad media y bajo peso molecular) y el agua y los azúcares de la miel. A continuación queda reflejado, a modo de tabla, un resumen de las mismas.

Técnicas utilizadas para el fraccionamiento de compuestos volátiles en miel.

Técnica	Fundamento	Compuestos recuperados	Ventajas	Inconvenientes
EXTRACCIÓN CON DISOLVENTES ORGÁNICOS	Polaridad	-Volatilidad media o baja -Solubilidad en disolventes orgánicos	-Facilidad de aplicación -Diversidad de disolventes -No extraen ni agua ni azúcares -No calentamiento de la muestra -Instrumentación asequible	<b>X</b> -Necesidad de disolventes de elevada pureza <b>X</b> -Pérdidas en la etapa de concentración del extracto <b>X</b> -Extracción de compuestos no volátiles solubles en el disolvente
EXTRACCIÓN-DESTILACIÓN SIMULTÁNEA (SDE)	Volatilidad/ Polaridad	-Volatilidad media -Insolubles en agua -Solubles en disolventes orgánicos -Térmicamente estables	-Ventajas de la extracción con disolventes orgánicos y la destilación	<b>X</b> -Inconvenientes de la extracción con disolventes orgánicos y la destilación
DESTILACIÓN	Volatilidad	-Solubles en disolventes orgánicos -Insolubles en agua -Térmicamente estables	-Facilidad de aplicación -Diversidad de disolventes -No extraen ni agua ni azúcares -Extracción selectiva de compuestos volátiles -Instrumentación asequible	<b>X</b> -Necesidad de disolventes de elevada pureza <b>X</b> -Pérdidas en la etapa de concentración del extracto <b>X</b> -Calentamiento de la muestra

Continúa en la siguiente página

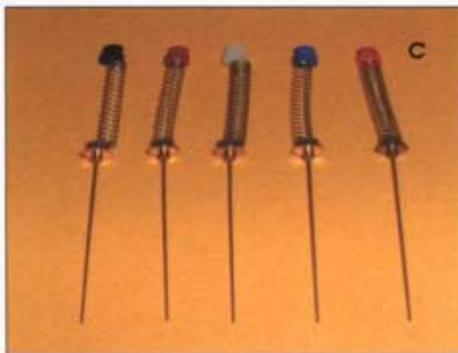
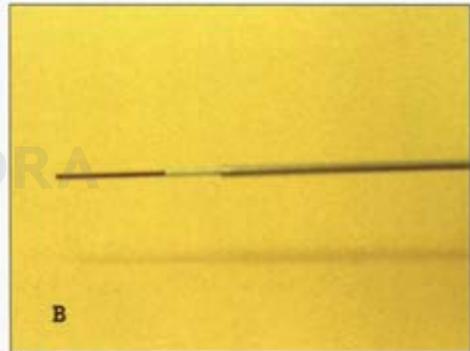
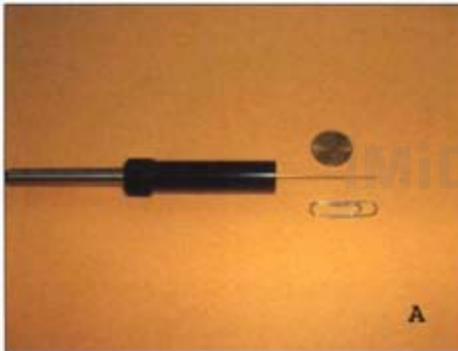
Técnica	Fundamento	Compuestos recuperados	Ventajas	Inconvenientes
VAPOR CONFINADO	Volatilidad	-Volatilidad alta -Térmicamente estables	-Facilidad de aplicación -No empleo de disolventes orgánicos -Extracción selectiva de compuestos volátiles -Instrumentación asequible	<b>X</b> Recuperaciones mínimas <b>X</b> Baja sensibilidad <b>X</b> Calentamiento de la muestra
ARRASTRE CON GAS INERTE	Volatilidad	-Volatilidad media o alta -Térmicamente estables	-Extracción y preconcentración simultáneas -No empleo de disolventes orgánicos -No extraen ni agua ni azúcares -Extracción selectiva de compuestos volátiles -Elevada sensibilidad y precisión -Equipos para aplicación en continuo	<b>X</b> Menos recuperaciones para compuestos de volatilidad baja <b>X</b> Calentamiento de la muestra <b>X</b> Disponibilidad de instrumentación específica
SPME	Volatilidad	-Volatilidad media -Afinidad por la fase de la fibra -Térmicamente estables	-Extracción y preconcentración simultáneas -Diversidad de fibras comerciales -No empleo de disolventes orgánicos -No extraen ni agua ni azúcares -Extracción selectiva de compuestos volátiles -Instrumentación asequible -Equipos para aplicación en continuo	<b>X</b> Recuperaciones variables según compuestos <b>X</b> Calentamiento de la muestra

Distintos estudios comparativos (Bicchi *et al.*, 1983) sobre estas técnicas indican que los resultados obtenidos dependen en gran medida de la técnica de fraccionamiento empleada. La elección de una u otra dependerá de la instrumentación disponible, del objetivo de la caracterización y del tipo de compuestos a determinar.

## EL AROMA EN MIELES DE MADRID

El estudio del aroma de las mieles madrileñas, responde a la necesidad de obtener datos químicos, no existentes hasta el momento, que permitan su caracterización objetiva. En este sentido, la colaboración iniciada entre grupos de investigación del I.M.I.A y el C.S.I.C. tiene como finalidad la creación de una base de datos que permita la caracterización de estas muestras en función de su fracción volátil con vistas a su posterior empleo en control de calidad o en distinción de tipos de miel. En este capítulo se presentan el método utilizado y los resultados preliminares obtenidos.

Dado que la etapa limitante en el tiempo para el análisis de volátiles en mieles por GC-MS es la de fraccionamiento, se ha elegido la microextracción en fase sólida (SPME), que es asequible y de fácil disponibilidad en cualquier laboratorio de análisis; asimismo permite el estudio por GC-MS de un elevado número de muestras en un tiempo reducido.



La SPME puede considerarse una variante del análisis del vapor confinado en la que la extracción y preconcentración de volátiles es llevada a cabo empleando un delgado recubrimiento polimérico depositado sobre una fibra de sílice fundida (A, B). La disponibilidad de recubrimientos comerciales de distinta naturaleza permite la extracción selectiva de analitos en función de su polaridad y volatilidad (C).

El protocolo seguido en su aplicación a mieles incluye 3 etapas: equilibrio, extracción y desorción térmica en el inyector del sistema cromatográfico. El diseño experimental empleado se muestra en la figura siguiente.

Las bajas recuperaciones obtenidas para los compuestos volátiles de interés, así como la variabilidad de éstas en función de las características físicas y químicas de los analitos,

**1. Equilibrio****2. Extracción****3. Desorción  
térnica****Análisis por GC-MS**

constituye la principal limitación del fraccionamiento por SPME para la obtención de datos cuantitativos absolutos. Por otra parte, la diversidad y elevado número de compuestos volátiles presentes en miel, hace tedioso el empleo de patrones. No obstante, la utilización de datos relativos, generalmente expresados como % de la composición volátil total, resulta suficiente para una caracterización objetiva de muestras de miel.

La siguiente tabla resume los resultados cuali y cuantitativos obtenidos en el análisis de 46 mieles artesanales recogidas durante el año 2001 en distintos puntos de la Comunidad de Madrid.

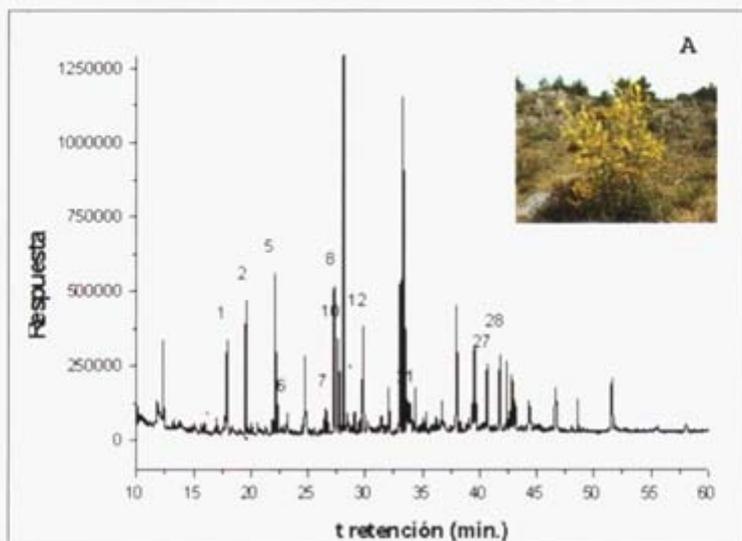
Compuestos	Mínimo (%)	Máximo (%)	Media (%)
Alcoholes isoamílicos	0,00	16,88	6,91
3-metil-3-buten-1-ol	1,32	27,33	11,70
3-hidroxi-2-butanona	0,00	19,88	4,80
1-hidroxi-2-propanona	0,00	3,76	1,05
Metil-2-buten-1-ol (isómero no identificado)	0,00	14,03	6,35
1-hexanol	0,00	4,47	0,39
Óxido de linalol (cis)	0,00	13,52	1,82
Ácido acético	2,62	53,86	23,99
Óxido de linalol (trans)	0,00	7,65	0,79
Furfural	0,98	44,02	14,85
1-(2-furanil)etanona	0,00	3,09	1,00
Benzaldehído	0,00	26,92	7,36
2,3-butanodiol	0,00	17,31	3,19
2,3-butanodiol	0,00	25,79	5,98
Aldehído de lila (isómero I)	0,00	1,74	0,04
Aldehído de lila (isómero II)	0,00	2,29	0,05
Aldehído de lila (isómero III)	0,00	2,05	0,04
Aldehído de lila (isómero IV)	0,00	2,33	0,05
Isoforona	0,00	11,50	0,68
Fenilacetaldehído	0,00	18,23	1,52
Alcohol furfúrico	0,00	12,03	2,55
Borneol	0,00	7,63	0,39
Alcohol de lila (isómero I)	0,00	4,05	0,12
Alcohol de lila (isómero II)	0,00	4,97	0,15
Alcohol de lila (isómero III)	0,00	4,92	0,15
Alcohol de lila (isómero IV)	0,00	2,71	0,08
Alcohol bencílico	0,19	8,57	2,06
2-feniletanol	0,14	10,32	1,93

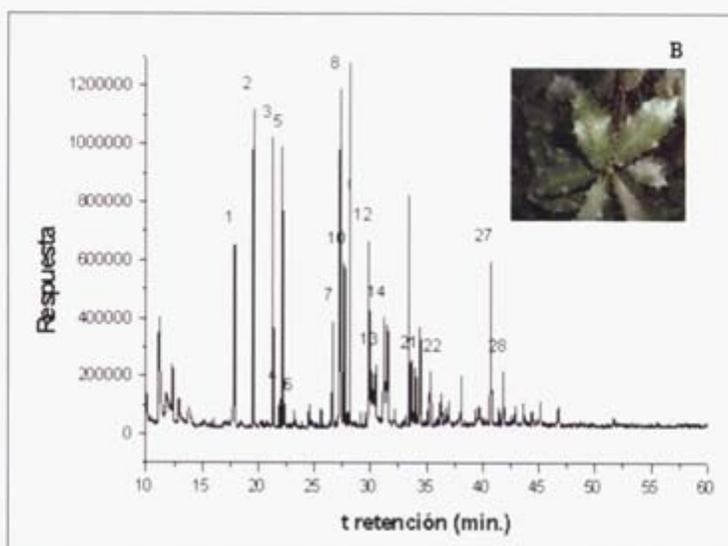
Las concentraciones relativas (valor mínimo, máximo y promedio, expresados en %) listadas en la tabla anterior, muestran el elevado intervalo de concentración en que se encuentran presentes dichos compuestos (0 - 54 %). El valor mínimo corresponde a mieles en las que el compuesto no ha sido detectado o lo ha sido en muy baja concentración, mientras que el valor máximo varía con el compuesto y la miel, siendo superior al 10 % para la mitad de los compuestos estudiados.

A modo de ejemplo, a continuación se presentan los cromatogramas obtenidos en el análisis por SPME y GC-MS de dos mieles de composición muy diferente: una miel con base floral, de leguminosas y zarza (A) y un mielato (B). Como puede observarse, ambos cromatogramas presentan entre 20-25 componentes mayoritarios, siendo algo superior la riqueza aromática del mielato. En cuanto a los compuestos identificados, la mayoría corresponde a componentes típicos de la miel, previamente descritos en este capítulo. De ahí que, para los fines de caracterización buscados, sea necesario recurrir a la utilización de datos cuantitativos.

La diferencia observada gráficamente en los cromatogramas de la figura anterior, y que puede extenderse al resto de mieles analizadas, podría tener su origen en el muestreo de mieles realizado, que ha pretendido cubrir tipos de miel (floral o mielato), época y lugar de recogida de las muestras lo más variados posible. La amplitud del muestreo realizado justificaría la variación en las características y composición de mieles de la Comunidad y, como consecuencia de ello, el elevado intervalo de concentración observado.

Las mayores concentraciones relativas obtenidas corresponden al ácido acético y al furfural. Una comparación con mieles comerciales españolas indica menores proporciones relativas de ácido acético para éstas últimas. La gran dispersión encontrada, y la necesidad de comparación de estos resultados con los de mieles artesanales de otras regiones españolas, impide utilizar este parámetro como diferenciador de





mieles artesanales de la Comunidad de Madrid. Los isómeros ópticos del butanodiol presentan una distribución con tendencia bimodal de su concentración, que parece indicar su posible utilidad en la diferenciación de mieles con distintas características, como las mieles de néctar y aquellas de origen no floral.

En cuanto a los compuestos terpénicos, además de los óxidos de linalilo y el borneol, aparecen en pequeña proporción y únicamente en alguna de las muestras en estudio, los aldehídos de lila (4 isómeros) y los alcoholes de lila (4 isómeros), compuestos con estructura del tipo 5-dimetil-5-etnil-2-tetrahidrofuranacetaldehído/etanol, todos ellos derivados del linalol. Otra familia de compuestos presentes en elevadas concentraciones es la formada por el benzaldehído, el fenilacetaldehído, el alcohol benílico y el 2-feniletanol, compuestos previamente descritos como algunos de los más representativos del aroma general de la miel. Destaca también la elevada proporción de alcoholes ramificados relacionada, como ya se ha indicado anteriormente, con la calidad microbiológica de la miel.

La variabilidad de las muestras seleccionadas para este estudio pone de manifiesto, a través de los resultados previamente comentados, la dificultad para extraer conclusiones de aplicación general. El amplio intervalo de variación de algunos compuestos, que incluye su ausencia en determinadas mieles, parece indicar su utilidad como marcadores de alguna propiedad común a dichas mieles. Algunos compuestos presentan una estructura química asociable a una cierta procedencia; así los compuestos terpénicos podrían relacionarse con el origen floral de la correspondiente miel.

Pero parece más adecuado con vistas a una caracterización objetiva de las muestras de miel, el utilizar la información cuantitativa proporcionada por la técnica analítica para todos los compuestos volátiles (análisis multicomponente), y aumentar así la fiabilidad de los resultados obtenidos. El empleo de técnicas estadísticas facilita la ma-

nipulación y la comparación de estos datos, permitiendo obtener conclusiones significativas a partir de la gran cantidad de información generada.

Por último, no hay que olvidar que la caracterización de las muestras debe completarse mediante el estudio de sus parámetros físico-químicos (Capítulo 2), su contenido en carbohidratos (Capítulo 6) y sus propiedades sensoriales (Capítulo 8), y que el carácter preliminar de estos resultados hace necesario la ampliación de este estudio a un mayor número de muestras, incluyendo distintos años de recogida, zonas de producción, etc.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amore, J.E., Johnston, J.W.Jr., y Rubin, M. (1965). *The stereochemical theory of odor*. Scientific American, 42-49.
- Axel, R. (1995). *The molecular logic of smell*. Scientific American, 273, 154-159.
- Bichi, C., Belliaro, F. y Frattini, C. (1983). *Identification of the volatile components of some Piedmontese honeys*. J. Agric. Res., 22, 130-136.
- Blank, I., Fischer, K.H. y Grosch, W. (1989). *Intensive neutral odorants of linden honey*. Z. Lebensm. Unters. Forsch., 189, 426-433.
- Bonaga, A., Giunani, A.G. y Gliozzi, G. (1986). *Chemical composition of Chestnut honey: analysis of the hydrocarbon fraction*. J. Agric. Food Chem., 34, 319-326.
- Bouseta, A., Collin, S. y Dufour, J.P. (1992). *Characteristic aroma profiles of unifloral honeys obtained with a dynamic headspace GC-MS system*. J. Api. Res., 31(2), 96-109.
- Ferreres, F., Giner, J.M. y Tomás-Barberán, F.A. (1994). *A comparative study of hesperetin and methyl anthranilate as markers of the floral origin of citrus honey*. J. Sci. Food. Agric., 65, 371-372.
- Godefroot, M., Sandra, P. y Verzele, M. (1981). *New method for quantitative essential oils analysis*. J. Chromatogr., 203, 325-335.
- González, M. y de Lorenzo, C. (2002). *Calidad sensorial de las mieles de Madrid: (I) Configuración de un grupo de cata y obtención de escalas normalizadas*. Alimentaria, abril (331), 97-102.
- Gupta, J.K., Kaushik, R. y Joshi, V.K. (1992). *Influence of different treatments, storage temperature and period on some physico-chemical characteristics and sensory qualities of Indian honey*. J. Food Sci. Technol., 29, 84-87.
- Leffingwell, J.C. Leffingwell & Associates "Olfaction". En: [www.leffingwell.com/olfaction.htm](http://www.leffingwell.com/olfaction.htm)
- Sancho, M.T., Muniategui, S., Huidobro, J.F. y Simal Lozano, J. (1992). *Aging of honey*. J. Agric. Food. Chem., 40, 134-138.
- Serra Bonvehí, J. (1988). *Determinación de antranilato de metilo en la miel de cítricos (Citrus sp.) del Levante español y su influencia en la actividad diastásica de la miel*. Alimentaria, noviembre, 832-837.
- Turin, L. (1996). *Chemical Senses*. 21(6), 773-791
- Wilkins, A.L., Lu, Y., Tan, S.T. (1993). *Extractives from New Zealand honeys. 4. Linalool derivatives and other components from Nodding Thistle (Carduus nutans) honey*. J. Agric. Food Chem., 41, 873-878.
- Wootton, M., Edwards, R.A. y Faraji-Haremi, R. (1978). *Effect of accelerated storage conditions on the chemical composition and properties of Australian honeys*. J. Apic. Res., 17, 167-172.

# 8

## El Análisis Sensorial

M<sup>a</sup> Montserrat González y Cristina de Lorenzo  
Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria, IMIA

### INTRODUCCIÓN

La evaluación sensorial es una disciplina científica que tiene por objeto el estudio de los alimentos por medio del sistema más refinado y complejo que existe, el ser humano, de ahí que el éxito de la caracterización organoléptica dependa, indudablemente, de la elección y del entrenamiento de los jueces constituyentes del panel de cata. La calidad de un alimento como la miel puede definirse a través de un completo análisis instrumental, ya sea físico-químico, bioquímico o reológico pero, sin duda alguna, estos métodos analíticos (de control objetivo o semi-objetivo) deben contrastarse con los datos procedentes de la evaluación sensorial efectuada por un panel de catadores entrenados (Estupiñán *et al.* 1999).

En los últimos años existe una creciente demanda, a nivel profesional, de una evaluación organoléptica seria y eficaz por parte de un conjunto de personas. Este aspecto entra en cierta contradicción con el perfeccionamiento de técnicas instrumentales y analíticas, precisas y exentas de la subjetividad inherente al ser humano. Sin embargo, parecen más orientativos los datos provenientes de un conjunto de personas entrenadas, finalmente consumidores del producto, con capacidad para emitir un juicio crítico sobre el mismo. Existe, por tanto, una toma de conciencia por parte del sector alimentario de que las propiedades organolépticas son aspectos fundamentales para delimitar la aceptabilidad de un alimento por parte del consumidor.

### CARACTERIZACIÓN SENSORIAL DE UN ALIMENTO

#### Estudios de naturaleza hedónica. Pruebas de aceptabilidad y/o preferencia

El término hedónico proviene del griego *hedoné*, que significa placer, y hace referencia a la atracción subjetiva del individuo por el producto a evaluar. Su objetivo fundamental es obtener una respuesta personal del consumidor, ya sea real o potencial, sobre un producto concreto, una idea o proyecto de producto o una característica específica del mismo. Sin duda alguna los resultados más efectivos sientan sus bases sobre el diseño de buenos cuestionarios, la elección de sujetos cuidadosamente seleccionados y el trabajo con productos representativos y adecuadamente escogidos. En el análisis sensorial los conceptos aceptabilidad y preferen-



cia se miden de forma individual y atienden a acepciones diferentes aunque en ocasiones se solapan e incluso lleguen a confundirse. La aceptabilidad puede medirse como:

- La experiencia caracterizada por una actitud positiva hacia el producto.
- La previsión de una utilización real del producto basada en estudios anteriores que garantizan un incremento en el nivel de consumo.
- El nivel de agrado de un alimento.

El término preferencia se define como:

- La expresión de mayor nivel de agrado.
- La elección de un alimento sobre otros.
- La selección a partir de una secuencia psicológica de afectividad.

## Objetivos de una prueba afectiva

Las pruebas de carácter hedónico tienen como fin los siguientes aspectos:

- Determinación del potencial de mercado sobre un producto concreto. Permite conocer el perfil socio-económico del comprador, las condiciones del mercado y el poder potencial de compra. No obstante, tomar decisiones a partir de los resultados obtenidos resulta arriesgado, mucho más a medida que aumenta el tiempo transcurrido entre los estudios efectuados y su aplicación real.
- Control de calidad de productos ya existentes, lo que permite asegurar la uniformidad del producto, compararlo con el de las firmas y casas comerciales competidoras o asegurarnos su vida útil.
- Conocer la aceptación de un nuevo producto introducido en el entramado comercial. Resulta de gran utilidad saber qué opinión tienen los consumidores sobre un alimento concreto: su estética exterior, las características del envase: comodidad, atractivo, tamaño, o la relación calidad-precio.
- Evaluación de una serie de factores que influyen directamente en la adquisición individual: las características organolépticas, el precio, el marketing y los aspectos promocionales, su disponibilidad en grandes almacenes o locales de venta habituales o la combinación estadística de todos ellos.
- Búsqueda de la optimización de un producto. El interés básico se centra en ofrecer al consumidor lo que verdaderamente desea. Si conocemos su opinión y qué aspectos deben mejorarse, esta tarea se facilita enormemente; el proceso no busca únicamente la mejora de los aspectos deseables sino la reducción de aquellos indeseables.

- Impacto de las campañas publicitarias y los programas educacionales sobre la adquisición y el consumo del alimento.
- Influencia de las características intrínsecas del consumidor. Todos sabemos que existen marcadas preferencias regionales, por nacionalidad o raza; no obstante, este factor tiende a disminuir dado que la movilidad de la población es mucho mayor que hace décadas, existe una mayor disponibilidad de alimentos de otras culturas y países y un gran impacto de la publicidad, fundamentalmente en medios de comunicación como la televisión y la prensa escrita.
- Contribución de aspectos sociales:
  - Edad y sexo. Probablemente la edad condiciona determinadas preferencias: dulces en niños, salados en adultos, mientras que la influencia del sexo depende de manera muy marcada de la cultura a la que pertenezca el individuo. Obviamente en los países desarrollados estas diferencias se atenúan o tienden a desaparecer.
  - Religión y educación
  - Motivaciones psicológicas, basadas en creencias propias, expectativas e influidas innegablemente por las campañas de marketing.
  - Motivaciones fisiológicas. Como ejemplo podríamos decir que tener sed condiciona la necesidad de obtener una bebida, pero existen otros condicionantes patológicos: hipoglucemias o descompensaciones de la presión arterial como ejemplos muy conocidos.

### Psicología sensorial: Enfoques cognitivo y afectivo

Las preferencias son un fenómeno comportamental basado en lo afectivo. Una preferencia de  $x$  sobre  $y$  es una tendencia del organismo a aproximarse a  $x$  más a menudo y de manera más intensa que a  $y$ . Para los hombres esta aproximación puede devenir en diferentes actuaciones: hacer comentarios favorables, involucrarse en una ideología social o política, crear un grupo de amistades o simplemente escoger la lista de la compra.

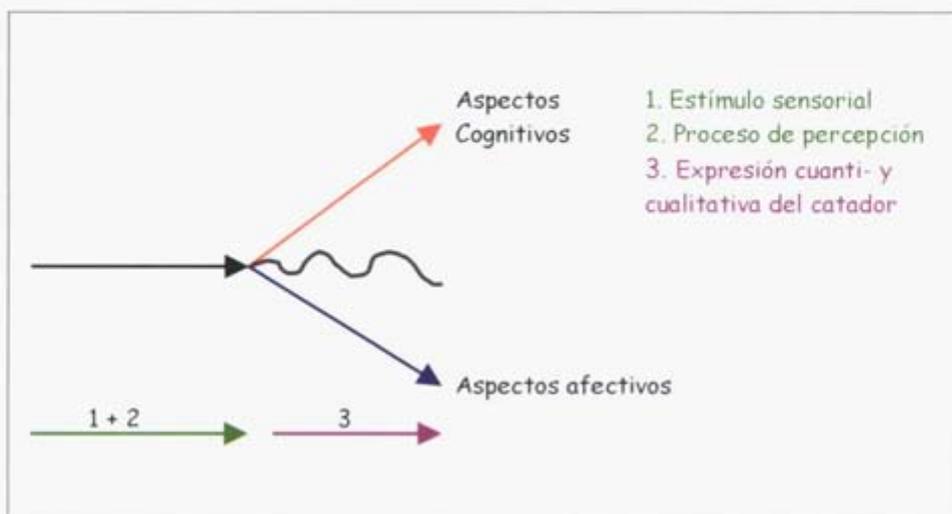
Tradicionalmente los estudios sensoriales, ya sean de naturaleza hedónica o descriptiva profesional, han considerado básicamente el aspecto racional de los individuos como consumidores. Es cierto que en el plano de un análisis realizado por un panel de cata entrenado específicamente debería reducirse ampliamente el aspecto subjetivo, no obstante, las reacciones afectivas y emocionales pueden matizar cualquier evaluación. El estudio del comportamiento del catador, ya sea entrenado o simplemente evaluador de una prueba de aceptabilidad, debe abordarse desde tres enfoques diferentes:

**El enfoque cognitivo.** Los estudios sobre el comportamiento del catador deben realizarse sobre el supuesto del *Procedimiento Cognitivo Consciente*, basado en el principio de que los individuos consideran las consecuencias de sus acciones antes de decidir si llevar a cabo o no un determinado comportamiento. Este principio general ha sido el adoptado por disciplinas generales como la microeconomía y el marketing. De hecho, la valoración de un aspecto cualitativo es función del grado de satisfacción proporcionado por cada uno de sus componentes. Asimismo, esta caracterización debe permanecer estable durante el proceso de decisión (de nada sirve la opinión objetivizada de un catador entrenado si siente dudas durante su decisión).

**El enfoque afectivo.** Obviamente basa su preponderancia en los factores afectivos de la elección y es uno de los principales puntos a delimitar en un análisis sensorial descriptivo. Las razones prioritarias de un enfoque afectivo se subdividen en dos:

- La percepción siempre es subjetiva. No podemos mantener el supuesto cognitivo de que los catadores percibirán por igual todas las dimensiones y atributos cualitativos de un alimento. De ahí la necesidad de seleccionar un grupo de cata homogéneo, reduciendo al máximo posibles alteraciones sensoriales (defectos de visión, anosmia).
- Aun cuando el catador intenta actuar siguiendo un procesamiento cognitivo consciente y trata de adaptar su observación al entrenamiento que le ha precedido, puede verse influido por procesos inconscientes o automáticos, que constituyen la base de una gran parte del comportamiento ordinario.

**El enfoque afectivo-cognitivo.** Como enfoque globalizador tiene en cuenta tanto los aspectos cognitivos como los emocionales y para ello requiere del estudio de diferentes situaciones comportamentales. Para ello deberemos fijarnos en la siguiente representación:





El eje de color rojo marca las situaciones en las que el catador debe su respuesta sensorial a una percepción cognitiva de la realidad; el azul muestra a los aspectos afectivos como los responsables del proceso sensorial. Como puede observarse ambos comienzan en un mismo punto de corte, es decir la evolución del estímulo sensorial y del proceso de percepción es similar para ambas concepciones. Sin embargo, la situación más común a la que se ven expuestos los catadores es aquella en las que los aspectos emocionales y cognitivos conjuntamente son los responsables de su opinión final. En este caso (curva gris), tras los procesos de emisión y detección del estímulo sensorial, encontramos una línea curva que se aleja del eje de los aspectos cognitivos o del eje de los aspectos afectivos dependiendo de que la formación adquirida por el individuo sobre el alimento a catar afecte a propiedades evaluadas en función de criterios cognitivos o de criterios afectivos respectivamente.

## Análisis sensorial profesional

De acuerdo a lo que hemos comentado hasta ahora, el análisis sensorial descriptivo sienta sus bases en la identificación y cuantificación, en orden de aparición, de todas las propiedades organolépticas diferenciables y diferenciadoras de un alimento. No debemos olvidar que la percepción de un estímulo proviene del tratamiento que los centros nerviosos especializados hacen de la información recibida, a través de los órganos receptores periféricos. La intensidad está representada por la masa de actividad nerviosa inducida por el estímulo, mientras que la cualidad se basa en el reparto espacial de esta misma actividad. Los efectos de tales mensajes resultan menos obvios en los seres humanos que en el resto de mamíferos, por tanto, si recibimos señales químicas, no sólo del alimento a degustar, sino de las personas y objetos que tenemos próximos, estos mensajes deben competir con muchos otros factores que influyen en nuestra conducta.

En consecuencia, la constitución de un jurado de expertos supone un instrumento de medida que permite discernir diferencias muy sutiles entre dos señales químicas diferentes. Indiscutiblemente, estas señales químicas corresponderán a los alimentos a estudio, el catador procederá a su observación, a la descripción de todas las características organolépticas y, finalmente, a su cuantificación con la ayuda de escalas de intensidad. En este capítulo queremos mostrar, desde nuestra experiencia personal, el proceso de configuración de un grupo de cata y todas aquellas herramientas que permiten la objetivización de un proceso sumamente dificultoso.

## ANÁLISIS SENSORIAL DE LA MIEL DE MADRID

### Características organolépticas de la miel

Los aspectos sensoriales de la miel aunan muchas y muy variadas sensaciones organolépticas. Una forma lógica de ordenarlas obedece a su apreciación cronológica por los órganos de los sentidos (González y de Lorenzo, 2002a):

- A través de la **vista** se aprecian cualidades como el aspecto exterior del producto, su limpieza, la formación de espumas, la separación de fases, una cristalización irregular, una fermentación incipiente y, por supuesto, la propiedad óptica más característica: el color. El ojo humano no sólo verifica el espectro de radiación luminosa visible con tonalidades claramente discernibles, el azul, el verde, el amarillo y el rojo, sino su origen y su trayectoria. Esto nos permite diferenciar entre una fuente opaca y otra translúcida de idéntica composición espectral (MacLeod y Sauvageau, 1986), de especial importancia en un alimento como la miel. Su apariencia depende de las modificaciones cromáticas y geométricas de la luz al interactuar sobre la superficie física del alimento (Hutchings, 1977). El espectro melífero puede variar desde el blanquecino, pasando por el ámbar y los rojizos, hasta los prácticamente negros. La tonalidad que presenta la miel es un factor importante desde el punto de vista comercial y marca claramente las preferencias del consumidor.
- Las fosas nasales adquieren una importancia máxima en alimentos de gran riqueza aromática como la miel. Los **estímulos olorosos** pueden ser percibidos por vía nasal directa (aromas que alcanzan la mucosa olfativa por la vía anterior de la nariz, a temperatura ambiente) y por vía retronasal (aromas volatilizados a la temperatura del cuerpo humano, 37°C, desde la cavidad bucal, dada la comunicación fosas nasales-paladar). El proceso tiene una gran carga subjetiva debido a las variaciones interindividuales para los umbrales absolutos de detección. Asimismo, el umbral olfativo puede elevarse por efecto de la exposición prolongada al estímulo, de ahí que la valoración de la intensidad del aroma y de su persistencia (percepción del olor en el tiempo una vez retirado el agente causante) se convierta en un proceso complejo. Durante muchos años ha existido una importante controversia en la comunidad científica sobre la capacidad del ser humano para recordar olores a pesar de que cada neurona olfatoria, presente en el epitelio, sólo sobrevive unos 60 días, siendo reemplazada por una célula nueva. La explicación parece residir en la capacidad de las neuronas olfatorias para reciclarse constantemente, de forma que los axones de las células que expresan un mismo receptor se sitúan siempre en la misma posición. Durante la fase nasal pueden apreciarse, igualmente, aromas extraños o indeseables, que están presentes en la miel pero cuya procedencia es ajena al néctar de las flores o a las secreciones azucaradas base para los mielatos.
- El **gusto** se define como un sentido químico ligado a la existencia de receptores especializados, sitios en la cavidad buco-faríngea y que son estimulados por moléculas o iones en solución (Fortin y Desplancke, 2001). Las papilas gustativas se localizan en la zona superior de la lengua, en la mucosa del paladar, de la zona posterior de la boca, de la epiglotis y de la faringe. No existe sensibilidad específica para los cuatro sabores básicos: dulce, ácido, amargo y salado, pero sí existen regiones específicas de la lengua donde se aprecian cada uno de estos sabores. El proceso de **gustado** de una miel permite identificar y caracterizar otras sensaciones terciarias o de retrogusto, características de algunos tipos de mieles.



- El último sentido involucrado en la apreciación organoléptica de la miel es el **tacto**. A través del mismo se puede apreciar el tamaño, la forma y la homogeneidad de los cristales si los hubiera, y nos permite aventurar la evolución posterior de esta estructura cristalina. Dos parámetros reológicos fundamentales para definir el estado físico de la miel son: la *adhesividad*, definida como la fuerza necesaria para separar el alimento del paladar, dientes, premolares y molares, consumiéndolo de forma habitual y la *viscosidad*, medida como la fuerza que se ha de ejercer para trasladar la miel desde una cuchara tamaño postre hasta la boca.

Como podemos observar el único sentido infravalorado en la apreciación cualitativa de la miel es el oído. Únicamente alcanzaría alguna significación al tratar con mieles alteradas fermentativamente, dado que con la apertura del envase se apreciaría el sonido típico de burbujas ascendentes. En alimentos crujientes como las galletas, el chocolate o el queso su importancia es muchísimo mayor.

La apreciación sensorial de los atributos descriptivos de una miel permite a los catadores objetivar una serie de parámetros organolépticos. No obstante, ya hemos relatado como el criterio del catador se encuentra innegablemente influido por la mayor o menor aportación de cada uno de estos atributos a su satisfacción personal, por factores como el consumo habitual del producto, la memoria retroactiva o las campañas publicitarias. Por todo ello nos resultó de especial interés la introducción de un concepto hedónico paralelo al análisis sensorial descriptivo: la apreciación global del producto como aspecto distintivo del alimento consumido.

## Constitución de un panel de cata para el análisis sensorial de la miel de Madrid

### Material experimental empleado en el proceso de selección y entrenamiento de los catadores.

- a) Mieles de Madrid, La Alcarria, Extremadura y León, pertenecientes a las cosechas de 1997, 1998, 1999 y 2000. Los futuros catadores pudieron apreciar las diferencias organolépticas existentes entre mieles pertenecientes a la cosecha de 1999, que habían permanecido entre 8-10 meses subdivididas en tres grupos: temperatura ambiente, estufa (temperatura constante de 30°C) y refrigeración (temperatura constante de 10°C). La preparación de la miel se llevó a cabo siguiendo los métodos oficiales: eliminación de la capa superficial y homogeneización del producto. La miel fue proporcionada a los catadores en tarros de cristal de 4,5 cm de altura y 6,0 cm de diámetro, cerrados herméticamente para evitar la degradación de los parámetros organolépticos. El volumen ocupado por la miel alcanzó aproximadamente 1/3 del total del envase.
- b) Reactivos y alimentos patrón:
  - Azúcar blanca común *Azucareta Española* para la preparación de las soluciones patrón correspondientes al sabor básico "dulce".



## La miel de Madrid

- Ácido tartárico (L(+)-tartárico, Panreac ref. 131066) para las soluciones patrón de gusto ácido.
- Cafeína (Caffeine anhydrous SIGMA C-0750) para las soluciones patrón del sabor amargo.
- Sal común para la preparación de soluciones saladas.
- Pan tostado sin sal.
- Agua mineral.
- Alimentos patrón: Clara de huevo.

*Escala para la valoración del grado de cristalización de la miel*

Producto	Marca comercial
Agua	
Azúcar glasé	Azucarera Española
Endulzante	Natreen granulado
Azúcar blanco	Azucarera Española
Azúcar moreno de caña	Azucarera Española
Azúcar moreno de caña	Diet (Rádisson)

*Escala para la valoración de la adhesividad de la miel*

Producto	Marca comercial
Mantequilla	Flora
Quesito	El Caserío
Crema de chocolate: nocilla	Nutrexpa
Crema de cacahuete	Micropop USA
Caramelo toffee	Viuda de Solano

*Escala para la valoración de la viscosidad de la miel*

Producto	Marca comercial
Agua	
Aceite de oliva virgen	Koipe
Chocolate a la taza	Ram
Sirope de chocolate	Royal
Caramelo líquido	Royal
Leche condensada + Dulce de leche*	La Lechera
Dulce de leche*	La Lechera

*Dulce de leche: Leche condensada La Lechera hervida al baño maría durante 5-6 horas con posterior enfriamiento a bajas temperaturas*

- Sustancias patrón empleadas para la valoración de las sensaciones terciarias o de retrogusto:
  - Vinos elaborados con las variedades *Mencía* y *Tempranillo*. Valoración del concepto astringencia.
  - Surtido de golosinas (Miguelañez). Apreciación del concepto picor /cosquilleo /caraspora.
  - Sensación grasa. Se emplearon patés (*foie-gras La Piara*), mantequilla (*Flora*) y aceite de oliva virgen (*Koipe*).

Los alimentos patrón fueron servidos en vasos y platos de plástico desechable. A cada catador se le proporcionaron utensilios básicos para el consumo: cucharillas tipo postre de plástico, servilletas de papel y vasos de plástico de 1/2 L de capacidad.

- c) Compuestos volátiles utilizados en la selección de personal catador y en el entrenamiento para la detección y reconocimiento de aromas.
- Aromas afrutados: limón, naranja, piña, plátano, manzana, pera, albaricoque, melocotón, almendra, ciruela y nuez. Aromas florales: acacia, tilo, rosa y violeta. Aromas vegetales: champiñón, regaliz, tomillo, pimienta. Aromas animales: cuero, almizcle, mantequilla fresca. Aromas tostados: caramelo, café, chocolate negro y humo. Estas esencias pertenecen al cote *le Nez du vin*, ediciones Jean Lenoir (1988).
  - Vinagre común.
  - Amoniaco detergente.

El entrenamiento del panel de cata y el posterior análisis sensorial tuvo lugar en una sala de catas especialmente acondicionada, con elementos de separación entre cabinas que garantizan el aislamiento entre catadores, posibilidad de utilización de luz verde, roja o azul para enmascarar el color de la miel, temperatura regulada a 20°C y ausencia de olores parásitos. La zona de preparación de las muestras se encuentra en una dependencia anexa, perfectamente ventilada y provista de campana extractora para evitar contaminaciones por aromas parásitos.

### Reclutamiento, selección y entrenamiento general del jurado catador

Inicialmente se seleccionó un número indefinido de personas que reunían unas características específicas concretas: representativas de la población en general, con edad comprendida entre los 20 y 65 años, nº equitativo de personal masculino y femenino, buena salud (ausencia de alergias o problemas respiratorios nasales y/o cardio-pulmonares); quedaron excluidas, igualmente, aquellas personas que requirieran, de forma habitual, medicamentos que alteraran la percepción sensorial. No se tuvieron en cuenta las pautas médicas de ínfima duración, aunque los catadores aquejados de afecciones temporales, no participaron en las sesiones de cata duran-



te este período. En el caso de los entrenamientos, todos los miembros del panel participaron en un número similar de sesiones.

El grupo estuvo integrado por personas de diferentes niveles profesionales y culturales y procedencias regionales diversas, con una característica común, su vinculación profesional al Instituto Madrileño de Investigación Agraria (el enclave geográfico del Centro dificulta la asistencia de personal ajeno). Un reclutamiento interno cuenta con el riesgo añadido del conocimiento previo del producto que en este caso quisimos solventar evitando que las personas involucradas directamente en el estudio de la miel intervinieran en la evaluación sensorial. Asimismo, la mayor idoneidad de una hora de cata comprendida entre las 12:00

y 13:00 horas redujo la probabilidad de implicación de personal más joven ocupado en sus tareas escolares; no obstante, parece no existir una correlación clara entre edad y sensibilidad sensorial (Anzaldúa, 1994).

### Pruebas ensayadas para valorar la idoneidad potencial e individual de los catadores reclutados

Su principal objetivo fue conocer el potencial futuro de cada catador, nunca su capacidad actual. Para ello el panel fue sometido a las siguientes pruebas básicas:

- Percepción de colores: Test de discriminación de Ishihara.
- Ordenación de colores: Secuencias indiscriminadas de colores.
- Detección de aromas:
  - a) Aptitud para reconocer e identificar sabores y olores. Los catadores se sometieron a pruebas de emparejamiento de disoluciones dulces (16 g/L sacarosa), ácidas (1 g/L ácido tartárico), amargas (0,5 g/L cafeína) y saladas (6 g/L cloruro sódico) marcadas con números aleatorios y situadas en posiciones dispares.
  - b) Percepción e identificación de aromas comerciales.
- Descripciones texturales. Los futuros jueces describieron, de forma espontánea, la textura de alimentos de consumo habitual: galletas, naranjas, calamares, leche condensada, queso, patatas fritas.

Se realizó un análisis estadístico discriminatorio para valorar los resultados de todos los test efectuados por el personal reclutado. El grupo final quedó constituido por 9 personas que mostraron una aptitud potencial y una inclinación positiva hacia el producto a catar.

### Pruebas desarrolladas durante el período de entrenamiento general

- a) Test para valorar la capacidad de detección e identificación de los cuatro sabores básicos. Los catadores debían diferenciar y reseñar el sabor básico detectado y reflejarlo en un formulario estándar (Anzaldúa, 1994). Los recipientes (vasitos de plástico) se enumeraron con claves constituídas por números aleatorios que impiden un comportamiento tendencial en el catador. Para la detección de los cuatro sabores básicos se han utilizado los siguientes reactivos en la concentración reseñada:

Sabor básico	Reactivo	Concentración (g/L)
Dulce	Sacarosa	8,0
Ácido	Ác. tartárico	0,5
Amargo	Cafeína	0,05
Salado	Sal de mesa	1,5

- b) Test para el reconocimiento del umbral de detección de todos y cada uno de los sabores básicos. Para ello se emplearon disoluciones crecientes de cada uno de ellos con la posibilidad de utilizar agua mineral en el primer/primeros puntos y la repetición secuencial de una misma concentración. El catador hace uso de formularios establecidos (Anzaldúa, 1994). La serie creciente de disoluciones fue preparada de acuerdo a la siguiente tabla:

	ácido tartárico (g/L)	cafeína (g/L)	sal común (g/L)	sacarosa (g/L)
disolución 1	0,03	0,003	0,09	0,5
disolución 2	0,06	0,006	0,18	1,0
disolución 3	0,12	0,02	0,37	2,0
disolución 4	0,25	0,025	0,75	4,0
disolución 5	0,5	0,05	1,5	8,0
disolución 6	1,0	0,1	3,0	1,6

En ambos ensayos (detección de los sabores básicos y reconocimiento del umbral de detección) el juez catador dispuso del tiempo necesario. Es imprescindible que los vasos contengan disolución suficiente (aproximadamente 30 mL) para impregnar bien la lengua y estimular las papilas gustativas responsables de la percepción de los sabores básicos. Asimismo, el catador debe enjuagarse la boca con agua entre una disolución y la siguiente, manteniéndose tanto el agua como las disoluciones a la temperatura ambiente de la sala de catas (en torno a los 20°C).



- c) Sesiones de reconocimiento (test duo-pareados y triangulares). Su principal objetivo fue discernir y mejorar la capacidad del catador para determinar diferencias entre muestras de un mismo producto, que difieren en una característica peculiar (pan tostado con sal y sin sal), alimentos similares de diferentes marcas comerciales (zumos o batidos), o disoluciones de alguno de los sabores básicos.
- d) Elaboración de perfiles texturales: descripción de los alimentos. El catador describe propiedades texturales: aromas, sabores e intensidades en orden de aparición. Se emplearon alimentos de consumo habitual: queso, carne, leche o miel.
- e) Sesiones destinadas a la interpretación de figuras geométricas y juegos dimensionales de agudeza visual (ilusiones ópticas). En el primer caso los catadores reseñan, sobre una escala gráfica no estructurada, pero anclada en los bordes, la zona porcentual oscurecida de las figuras frente al área total. En el segundo (juegos de ilusiones ópticas) los catadores debaten sobre lo que les inspira la visualización de diferentes dibujos di- y tridimensionales, tratando con ello de mejorar su agudeza visual y de incrementar su capacidad para interpretar, utilizar y valorar correctamente las escalas gráficas.

A lo largo de las semanas de entrenamiento los catadores recibieron información detallada sobre el análisis sensorial de alimentos: la terminología usual (vocabulario y conceptos), los tipos de pruebas, las diferencias entre estudios sensoriales objetivos y ensayos hedónicos, la clasificación de los jueces, la selección y formación de los catadores, los tipos de escalas y las normas de trabajo.

### Obtención de escalas normalizadas

En la elaboración de escalas para la valoración del grado de intensidad de los sabores dulce, ácido y amargo ha primado la equidistancia de los puntos valorada como percepción sensorial, no como concentración química. Para su obtención ha participado un elevado número de personas, al margen del panel de cata, dado que uno de nuestros principales objetivos era la aplicabilidad de estas escalas a todo el espectro melífero, sin olvidarnos del limitado umbral de reconocimiento del ser humano. Los puntos definitivos se obtuvieron siempre con el consenso de todos los catadores. Las escalas obtenidas quedan reflejadas a continuación:

*Escala para valorar el grado de intensidad del sabor dulce en la miel*

Descriptor sensorial	Nº	Disolución dulce
Nada dulce	1	Agua mineral
Algo dulce	2	50 g sacarosa / L
Dulce	3	100 g sacarosa / L
Muy dulce	4	200 g sacarosa / L
Extremadamente dulce	5	350 g sacarosa / L

*Escala para valorar el grado de intensidad del sabor ácido en la miel*

Descriptor sensorial	Nº	Disolución ácida
Nada ácido	1	Agua mineral
Algo ácido	2	0,062 g tartárico / L
Ácido	3	0,125 g tartárico / L
Muy ácido	4	0,25 g tartárico / L

*Escala para valorar el grado de intensidad del sabor amargo en la miel*

Descriptor sensorial	Nº	Disolución amarga
Nada amargo	1	Agua mineral
Amargo	2	0,025 g cafeína / L
Muy amargo	3	0,050 g cafeína / L

En todos los casos las disoluciones constituyentes de las escalas patrón fueron atemperadas y servidas a los catadores a temperatura ambiental. Para la detección y memorización del sabor salado en la miel se empleó una disolución 1,5 g/L de sal común de mesa.



*Cabina dispuesta para una sesión de entrenamiento*

**Escala para valorar el color exterior de la miel.** Resulta evidente la dificultad para caracterizar visualmente el color de la miel, bien sea describiendo su tonalidad o comparándola con colores sólidos en papel o soporte informatizado. Uno de los métodos mayoritariamente empleados en el laboratorio es el comparador Ptund, un sis-

tema preciso formado por un cuerpo principal con vidrio difusor, una escala calibrada y piezas oculares con filtro para la luz diurna. Sus mediciones son precisas, pero requieren de una cierta especialización que dificultaría las sesiones de cata, alejándose de una apreciación meramente sensorial. Asimismo la escala Pfund, en su clasificación, abarca únicamente 7 tonos diferentes de color. Por todo ello se decidió elaborar una escala patrón algo más amplia, basada en una comparación visual con las muestras. Se partió de la combinación de diferentes licores comerciales y fue suministrada en viales de vidrio. El punto de partida estuvo constituido por una escala inicial, de elaboración propia, que quedó sujeta a modificaciones por el panel de cata. Los 9 puntos definitivos, en intensidad de color descendente, quedan reflejados a continuación:

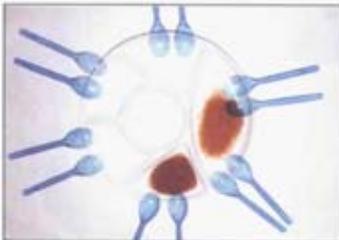
Nº orden escala	Nº disolución	Producto(s) comercial(es).
9	1	caramelo líquido
8	2	licor de cacao
7	3	licor de cacao : agua (1:1)
6	4	disolución 3 : agua (1:1)
5	5	licor de almendra
4	6	licor de almendra : licor de plátano (1:1)
3	7	330 mL plátano + 33 mL cacao + 637 mL agua
2	8	disolución 7 : agua (1:1)
1	9	disolución 8 : agua (1:1)



Escala artificial para la evaluación del color de la miel

**Escalas para determinar el grado de cristalización, adhesividad y viscosidad de la miel.** Las tres escalas tienen la particularidad de que los descriptores de cada punto se hallan sustituidos por alimentos patrón representativos de la intensidad de la característica sensorial evaluada. A lo largo de diversas semanas los jueces catadores modificaron los alimentos constituyentes hasta obtener puntos percibidos sensorialmente como equidistantes

#### Grado de cristalización



Término	Producto
Nula (ausencia de cristales)	Agua
Crist. extremadamente fina	Azúcar glasé
Cristalización fina	Endulzante
Cristalización media	Azúcar blanco
Cristalización ligeramente grosera	Azúcar moreno de caña
Cristalización grosera	Azúcar moreno de caña

#### Adhesividad



Término	Producto
Nada adhesivo	Clara de huevo
Poco adhesivo	Mantequilla
Adhesivo	Quesito
Bastante adhesivo	Crema de chocolate; nocilla
Muy adhesivo	Crema de cacahuete
Extremadamente adhesivo	Caramelo toffee

#### Viscosidad



Término	Producto
Nada viscoso	Agua
Poco viscoso	Aceite de oliva virgen
Ligeramente viscoso	Chocolate a la taza
Medianamente viscoso	Sirope de chocolate
Viscoso	Caramelo líquido
Muy viscoso	Leche condens. + Dulce de leche
<b>Extremadamente viscoso</b>	Dulce de leche



## Entrenamiento específico del panel de cata

Esta fase tuvo como principal objetivo marcar las pautas definitorias de una sesión de cata. Durante un periodo de cuatro meses los catadores siguieron un metódico entrenamiento que les permitió familiarizarse con el producto a valorar, sus propiedades organolépticas y los parámetros sensoriales a delimitar. El entrenamiento estuvo constituido por las siguientes fases:

- Detección y memorización de las escalas contruídas y aplicabilidad a la miel de Madrid.
- Detección/no detección del sabor salado.
- Detección y memorización de las escalas destinadas a la valoración del grado de cristalización, la adhesividad y la viscosidad de la miel. Los catadores han tenido presente en todas las sesiones una hoja descriptiva detallando la técnica de valoración y los alimentos constituyentes. No obstante, el entrenamiento resultó básico para evocar la percepción sensorial atribuida a cada alimento.
- Técnica para valorar la intensidad y persistencia de los aromas nasal y retronasal en la miel. La dificultad para la elaboración de escalas patrón (o modelo) requería de un modelo diferente de entrenamiento. Los catadores estudiaron aromas (dos inspiraciones profundas) procedentes de muestras artesanales y comerciales, de distintas procedencias botánicas y geográficas y diferentes cosechas, temperaturas de conservación y almacenamiento. Se trabajó en grupo para llegar a una descripción unánime y consensuada de las propiedades olfativas de la miel.
- Técnica para la detección y la memorización de aromas indeseables (humo, amoníaco, cuero...). Se han utilizado sustancias de referencia con la finalidad de que los jueces apreciaran, memorizaran y compararan las sensaciones percibidas en las esencias puras con las muestras de entrenamiento.
- El panel de cata trabajó en la percepción de sensaciones terciarias o de retrogusto como picor/cosquilleo, astringencia y sensación grasa en la miel, utilizando de nuevo la técnica de los alimentos patrón, con objeto de orientar y traer a la memoria del catador la sensación organoléptica buscada.

## CARACTERIZACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA MIEL DE MADRID

Uno de nuestros principales objetivos al configurar un equipo de cata, destinado exclusivamente a la valoración organoléptica de la miel de la Comunidad ha sido, sin duda alguna, potenciar su conocimiento a nivel regional y nacional. Las propiedades terapéuticas y el valor nutricional pueden jugar un papel importante, pero son las características sensoriales los factores limitantes que marcan la apreciación por parte del consumidor (González y de Lorenzo, 2002b). Para facilitar la interpretación sensorial de las mieles de Madrid, hemos procedido a una transcripción verbal de los datos numéricos obtenidos consensuadamente por el grupo de jueces catadores. A cada catador se le proporcionó una hoja de cata (Anexo I) por muestra de miel a analizar. En una sesión se evaluaron como máximo cinco muestras de miel, de unos 50 g de masa cada una, suministradas en tarros de cristal con cierre hermético.

Los atributos sensoriales dulzor, amargor, acidez, grado de cristalización, intensidad de los aromas nasal y retronasal y la persistencia de los aromas nasal y retronasal se evaluaron sobre una escala gráfica horizontal, no estructurada, de 10,0 cm de longitud, anclada a 1,0 cm. de cada extremo (Poste *et al.*, 1993). Los conceptos adhesividad y viscosidad se valoraron sobre escalas gráficas estructuradas en 6 y 7 puntos equidistantes, coincidentes con los niveles de intensidad representados por un alimento patrón, también de 10,0 cm. de longitud, ancladas a 1,0 cm. de cada extremo. El color se evaluó sobre una escala gráfica de 10,0 cm. de longitud, estructurada en 9 puntos equidistantes coincidentes con una escala de color artificial (González y de Lorenzo, 2002a).

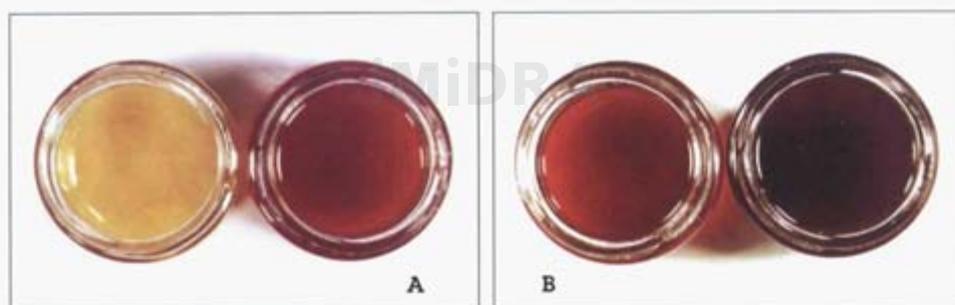
En el caso de la detección del sabor salado y la apreciación de aromas indeseables y sensaciones de retrogusto los catadores marcaron su ausencia/presencia. La escala de color se suministró en todas las sesiones de cata; el resto de escalas fueron memorizadas por los jueces catadores que contaron en cada sesión con una hoja descriptiva de los alimentos constituyentes de cada escala, en orden creciente de intensidad. Los análisis se llevaron a cabo en una sala de catas entre las 12:00 y 13:00 horas, período comprendido entre comidas, para evitar en los catadores sensaciones de inapetencia o de excesivo apetito, que pudieran influir subjetivamente en la valoración.



Sala de Catas del Departamento de Agroalimentación del IMIA

Asimismo, se ha querido evaluar la relación existente entre los distintos descriptores sensoriales, delimitando cuáles son los parámetros que tienen mayor importancia en la aceptabilidad global del producto. La siguiente tabla muestra los valores medios de los caracteres sensoriales evaluados por el panel de cata, para los tres grupos de mieles clasificados. Cada valor individual es media de la caracterización aportada por los 9 jueces. De su estudio se deduce que uno de los descriptores que contribuye de manera más significativa a diferenciar los tres grupos de mieles ha sido el color, que disminuye su valor de forma significativa a medida que aumenta el aporte de miel de origen floral, alcanzándose diferencias próximas al 59% para los grupos extremos (floral y mielatos puros).

Técnicamente el color es un método discriminativo utilizado para diferenciar y clasificar las mieles, sin embargo se halla en constante evolución, sujeto a los cambios climatológicos, higroscópicos y las condiciones de extracción y conservación del producto (ver capítulo 3). Las diferencias encontradas en el color de las mieles de Madrid factor concluyente de cara a las expectativas del consumidor, reafirman los resultados instrumentales y garantizan la fiabilidad de nuestra escala de color.



*Diferencias y matices en el color de las mieles madrileñas debidas a la presencia de mielatos y a la composición polínica. De izquierda a derecha: mieles de viborera sin y con mielatos; mieles de zarza con y sin presencia de labiadas como polen acompañante.*

Otros parámetros diferenciables significativamente han sido el amargor y la acidez, mucho más apreciados en los mielatos puros y en aquellos mezclados con miel floral. Tradicionalmente los mielatos presentan un mayor contenido en cenizas y sales minerales lo que les proporciona un carácter amargo y ácido más marcado. Probablemente la diferencia encontrada por nuestros catadores obedece a su arduo entrenamiento: el consumidor habitual tendría muchos más problemas si buscara su identificación, dado que los azúcares y su apreciación dulce enmascararían otros sabores. Las únicas mieles cristalizadas (el valor obtenido por el grupo mielato y floral más mielato se sitúa entre los alimentos patrón agua y azúcar glasé, mucho más próximo al primero, de ahí su escasa repercusión) han sido las florales, parámetro directamente relacionado con el contenido de humedad y la época de extracción.

Parámetros sensoriales	Mielatos	Floral más mielato	Floral
Color	7,92 <sup>a</sup>	6,95 <sup>b</sup>	4,99 <sup>c</sup>
Adhesividad	5,34 <sup>a</sup>	5,19 <sup>a</sup>	5,21 <sup>a</sup>
Viscosidad	5,85 <sup>a</sup>	5,83 <sup>a</sup>	6,01 <sup>a</sup>
Dulzor	6,62 <sup>a</sup>	6,84 <sup>a</sup>	6,88 <sup>a</sup>
Amargor	1,51 <sup>b</sup>	1,47 <sup>b</sup>	1,11 <sup>c</sup>
Acidez	1,65 <sup>b</sup>	1,60 <sup>b</sup>	1,27 <sup>c</sup>
Grado cristalización	0,60 <sup>a</sup>	0,80 <sup>a</sup>	2,19 <sup>b</sup>
Intensidad nasal	6,10 <sup>b</sup>	5,85 <sup>bc</sup>	5,63 <sup>c</sup>
Persistencia nasal	4,21 <sup>a</sup>	4,10 <sup>a</sup>	3,88 <sup>a</sup>
Intensidad retronasal	5,39 <sup>a</sup>	5,41 <sup>a</sup>	5,45 <sup>a</sup>
Persistencia retronasal	4,96 <sup>a</sup>	5,00 <sup>a</sup>	4,99 <sup>a</sup>
Aceptación global	6,78 <sup>a</sup>	6,91 <sup>a</sup>	7,07 <sup>a</sup>

Descriptores sensoriales de las mieles de Madrid evaluados por un panel de 9 catadores. Medias seguidas por superíndices iguales son significativamente iguales (Test de Duncan,  $p < 0,05$ )

Este mismo grupo ha sido el más valorado por el panel de cata, aunque las diferencias no resultan en ningún caso significativas y obedecen más al desconocimiento sensorial de los mielatos que a su apreciación. En este punto podemos citar que nuestros catadores, a lo largo de los dos años de sesiones, han aumentado la puntuación global asignada a los mielatos, lo que prueba que el éxito de un producto no sólo es función de su calidad, se requiere un período de readaptación del paladar a aromas y percepciones sensoriales novedosas. En cualquier caso podemos desterrar la idea de calidad asociada a una miel líquida, sencilla de manejar. Estupiñán *et al.*, (1999) encontraron en la evaluación de mieles canarias, por un panel de cata semientrenado, una mayor preferencia hacia productos poco cristalizados. No obstante se trataba de mieles de características organolépticas diferenciables de las madrileñas, lo que hace difícil la intercomparación de resultados. Dentro de los descriptores destinados a evaluar las cualidades aromáticas de nuestras mieles, sólo la intensidad nasal ofrece diferencias significativas entre mielatos (más acusada) y mieles florales. El grupo mezcla se encuentra a camino entre ambas apreciaciones.

En la tabla inferior aparece la correlación entre los diferentes descriptores sensoriales apreciados por el panel de cata, para el conjunto de las muestras estudiadas. Nuestra principal pretensión ha sido evaluar el paralelismo entre conceptos sensoriales y su aportación a la apreciación global del producto.

Parámetro	Color	Adhesividad	Viscosidad	Dulzor	Amargor	Acidez
Color	1,0000	-0,0317	-0,2450*	-0,0360	0,4478***	0,3953***
Adhesividad	-0,0316	1,0000	0,7338***	-0,2162*	-0,3068***	-0,2470*
Viscosidad	-0,2450*	0,7338***	1,0000	-0,2157*	-0,3294**	-0,2297*
Dulzor	-0,0360	-0,2162*	-0,2157*	1,0000	0,0502	0,0494
Amargor	0,4478***	-0,3068**	-0,3294**	0,0502	1,0000	0,2906**
Acidez	0,3953***	-0,2470*	-0,2297*	0,0494	0,2906**	1,0000
Cristalización	-0,6299***	0,1810	0,4865***	-0,0815	-0,2919**	-0,3388**
Intensidad nasal	0,1987	-0,3058**	-0,1667	0,1936	0,2462*	0,3262**
Persist. nasal	0,1550	-0,3009**	-0,1461	0,0510	0,2901**	0,3564***
Int. retronasal	0,0657	-0,2989**	-0,1864	0,2496*	0,3588***	0,1267
Pers. retronasal	0,0546	-0,2563**	-0,2248*	0,1762*	0,3919***	0,1726
<b>Acept. global</b>	-0,0665	-0,1006	-0,0751	0,4508***	-0,2408*	0,0884

Coefficientes de correlación entre las variables sensoriales para el conjunto de las mieles analizadas por el panel de cata. \* $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$

Parámetro	Grado de cristalización	Intens. nasal	Persistenc. nasal	Intens. retronasal	Persistenc. retronasal	Acept. global
Color	-0,6299***	0,1987	0,1550	0,0657	0,0547	-0,0665
Adhesividad	0,1810	-0,3058**	-0,3009**	-0,2989**	-0,2563*	-0,1006
Viscosidad	0,4865***	-0,1667	-0,1461	-0,1864	-0,2248*	-0,0751
Dulzor	-0,0815	0,1936	0,0510	0,2496*	0,1762	0,4507***
Amargor	-0,2919**	0,2462*	0,2901**	0,3588***	0,3919***	-0,2408*
Acidez	-0,3388***	0,3262**	0,3564***	0,1267	0,1726	0,0884
Cristalización	1,0000	-0,0767	-0,0523	-0,0860	-0,1097	-0,0731
Intensidad nasal	-0,0767	1,0000	0,8700***	0,4593***	0,4565***	0,1184
Persis. nasal	0,0523	0,8700***	1,0000	0,3759***	0,4189***	0,0390
Int. retronasal	0,0860	0,4593***	0,3759***	1,0000	0,8240***	-0,0461
Pers. retronasal	-0,1097	0,4565***	0,4189***	0,8240***	1,0000	-0,0798
<b>Acept. global</b>	-0,0731	0,1184	0,0390	-0,0461	-0,0798	1,0000

Coefficientes de correlación entre las variables sensoriales para el conjunto de las mieles analizadas por el panel de cata (continuación). \* $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$

De su análisis puede deducirse una correlación altamente significativa entre la tonalidad exterior de la miel y su amargor y acidez, lo que resulta lógico dado que las mieles oscuras tienen una mayor concentración de minerales, polisacáridos, cenizas y ácidos orgánicos. Una vez más hemos de resaltar la dificultad en la evaluación sensorial de estos parámetros en un alimento particularmente dulce. Las mieles más cristalizadas fueron a su vez las más viscosas, menos ácidas y más amargas.

Asimismo, se aprecia un nivel de correlación inversamente significativo entre el grado de cristalización y el color. La evolución reológica de un producto conlleva cambios paralelos en su tonalidad y su textura, pese a ello esta correlación parece ser debida a que las mieles más cristalizadas son las de origen floral, de tonalidad exterior tenue. Este mismo razonamiento explicaría que los productos cristalizados presenten los descriptores ácidos y amargos más bajos.

Hemos podido apreciar una correlación altamente significativa entre los parámetros adhesividad y viscosidad. Podemos recordar que sus definiciones sensoriales diferenciaban claramente ambos conceptos, no obstante suelen ser parámetros paralelos y habitualmente una miel adhesiva es también viscosa.

Existe una estrecha (altamente significativa) correlación entre todos los parámetros destinados a evaluar las características aromáticas de la miel, lo que parece indicar que las mieles más aromáticas (tanto a nivel nasal como retronasal) tienen la capacidad de mantener esta propiedad en el tiempo. Por último, el estudio de la aportación de los diferentes parámetros sensoriales a la caracterización global nos permite afirmar que los catadores prefieren las mieles más dulces y menos amargas.

Obviamente, el análisis sensorial engloba todo un conjunto de técnicas encaminadas a percibir, identificar y apreciar, a través de los órganos de los sentidos, todas las cualidades físicas características de los mismos. Sin embargo, la dificultad inherente a este tipo de evaluaciones hace que sean muchos los intentos del hombre por crear un conjunto de instrumentos que sustituyan al análisis sensorial, englobando todas aquellas metodologías encaminadas a evaluar el aspecto exterior, el sabor, el flavor y el aroma de nuestros alimentos (Anzaldúa, 1994). No obstante, la ausencia de una técnica instrumental capaz de simular la valoración humana lleva a una constante duda sobre la mayor o menor idoneidad de ambas caracterizaciones. En cualquier caso, hasta que se halle un conjunto de técnicas instrumentales precisas, el análisis sensorial parece ser la herramienta científica más fiable. Este debate sobre la idoneidad del análisis sensorial frente al instrumental nos ha llevado a plantearnos un objetivo concreto: comparar los estudios sensoriales con los procedentes de ciertas técnicas instrumentales precisas. De esta forma podremos conocer cuáles se aproximan más a las sensaciones experimentadas por el hombre al consumir miel. Las siguientes tablas muestran la correlación entre diferentes parámetros instrumentales y su correspondiente descriptor sensorial.

PARÁM.	Absorb. neta	Polfen.	L*	a*	b*	X esp.	Y esp.	X col.	Y col.
Color sensorial	0.7836*	0.7030*	-0.5765*	-0.0279	-0.6994*	0.7971	0.4044*	-0.6024*	-0.7297*

Coefficientes de correlación entre las variables instrumentales (fila) y el color medido sensorialmente (columna) para el conjunto de mieles estudiadas \*  $p < 0.05$

Parámetros	Tiempo	Humedad	Adhesividad	Viscosidad	Firmeza	Consistencia	cohesividad
Adhesividad	0.4240	-0.1760	0.3330*	0.4610*	0.4050*	0.4320*	0.4140*
Viscosidad	0.3072*	0.0103	0.3890*	0.6370*	0.5660*	0.6000*	0.5800*
Cristalización	0.4678*	0.5218*	0.2320*	0.5150*	0.4950*	0.5050*	0.4800*

Coefficientes de correlación entre las variables texturales determinadas instrumentalmente (columna) y las variables sensoriales (fila) para las mieles de Madrid \*  $p < 0.05$

Parámetros	Glucosa+fructosa	Acidez libre	Acidez láctica	Acidez total	Cenizas
Dulzor	0.4150	-0.0946	-0.1118	-0.1159	-0.2653*
Amargor	-0.0947	0.1859	0.2552*	0.0980	0.3065*
Acidez	-0.0497	0.2291*	-0.0294	0.2072	0.2902

Coefficientes de correlación entre las variables instrumentales (fila) y los sabores básicos determinados sensorialmente (columna) para las mieles caracterizadas \*  $p < 0.05$

Una observación detenida de la primera tabla nos permite afirmar la excelente correlación entre la absorbancia neta y el contenido polifenólico con el color apreciado sensorialmente. Las coordenadas CIE-L\*a\*b\* y las tricromáticas x e y siguen evoluciones dispersas, aunque llama la atención la correlación significativamente inversa entre los valores x e y colorimétricos y la apreciación sensorial. También existe un correlación negativa pero significativa entre el color sensorial y las coordenadas L\* y b\*; esto es, a mayor intensidad visual, menor luminosidad y mayor tendencia hacia tonos pardos.

Las mieles cristalizadas, mostraron una correlación significativamente positiva entre el tiempo de almacenamiento (días acaecidos desde la recolección hasta la realización de los análisis) y la humedad, grado de cristalización, viscosidad, firmeza, consistencia y cohesividad. Resulta lógico pensar que una miel cristalizada incrementa su consistencia y su firmeza, por lo que se debe encontrar una explicación al par tiempo/humedad-cristalización. Algunos autores (Gómez *et al.*, 1990; Estupiñán *et al.*, 1998) aseguran que el transcurso del tiempo provoca un aumento en la concentración de agua de las capas superiores, con una migración de cristales hacia las inferiores, favoreciéndose la formación y multiplicación de núcleos.

La ausencia de correlación entre nivel de glucosa más fructosa y dulzor sensorial debe buscarse en la contribución edulcorante de otros azúcares minoritarios tipo sacarosa, maltosa o melezitosa y en la dificultad del hombre para apreciar pequeñas diferencias sensoriales en un alimento cuyo sabor característico y diferenciable es el dulce. Asimismo, las mieles con mayor contenido en cenizas han resultado menos dulces y más amargas.

Por último, a modo de resumen, podríamos decir que los descriptores sensoriales color, amargor, acidez, grado de cristalización e intensidad del aroma nasal marcan las principales diferencias con respecto a la procedencia botánica de las mieles de Madrid. Asimismo, la utilización de escalas homogeneiza los valores numéricos aportados por los diferentes jueces, por tanto la ausencia de correlación entre algunos parámetros sensoriales y sus correspondientes instrumentales convierten a la evaluación sensorial en una determinación imprescindible.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anzaldúa, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica*. Ed. Acribia. S.A. Zaragoza. España.
- Estupiñán, S.; Sanjuán, E.; Millán, R. y González Cortés, M.A. (1999). *Evaluación de la calidad sensorial de mieles artesanales de Gran Canaria*. Alimentaria, Octubre, 87-91.
- Fortin, J. y Desplancke, C. (2001). *Guía de selección y entrenamiento de un panel de catadores*. Ed. Acribia. S.A. Zaragoza. España.
- Gómez, R.; Cabezas, L.; Alcalá, M. y Fernández-Salguero, J. (1990). *Determinación y cálculo de la actividad de agua en diferentes muestras de miel*. Alimentaria, marzo: 33-36.
- González, M. y de Lorenzo, C. (2002a). *Calidad sensorial de las mieles de Madrid: (I) Configuración de un grupo de cata y obtención de escalas normalizadas*. Alimentaria, abril (331), 97-102.
- González, M. y de Lorenzo, C. (2002b). *Calidad sensorial de las mieles de Madrid: (II) Correlación con el análisis instrumental*. Alimentaria, abril (331), 103-109.
- Hutchings, A. (1977). En *Avances en análisis sensorial y paneles de cata. Modernas tecnologías en el procesado de alimentos* (León y Galán, 1991). Ed. Caja Provincial de Ahorros de Córdoba. España.
- MacLeod, P. y Sauvageau, F. (1986). *Bases neurophysiologiques de l'évaluation sensorielle des produits alimentaires*. Les cahiers de l'ENS. BANA.
- Presidencia del Gobierno (1986). *Orden de 12 de junio de 1986 por la que se aprueban los métodos oficiales de análisis para la miel*. BOE 145, 18/06/1986.
- Poste, L.M.; Butler, G.; Mackie, D.; Agar, V.E.; Thompson, B.K.; Clifef, R.L. y McKay, R.M. (1993). *Correlations of sensory and instrumental meat tenderness as affected by sampling techniques*. Food Qual. Pref. 4: 203-214.



# 9 Las Mieles de Madrid

M<sup>a</sup> Montserrat González y Cristina de Lorenzo  
Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria IMIA

Como resumen y colofón de este libro se presentan, a modo de fichas, los principales tipos de miel, producidas en Madrid, que se han tipificado en el IMIA durante el periodo 2000-2002. Cada una de estas fichas engloba, en sí misma, la metodología y resultados que se han ido presentando y detallando en capítulos precedentes, a los que remitimos al lector para cualquier duda o aclaración (unidades de medida, protocolos de determinación, clases melisopolinológicas, etc):

- Características físico-químicas e índices de frescura: Capítulo 2
- Características melisopolinológicas: Capítulo 4
- Descripción sensorial: Capítulo 8
- Producción: Capítulo 1

Para cada uno de los parámetros físico-químicos y bioquímicos detallados se facilita el valor medio y el error estándar (s.e.). En las características melisopolinológicas se indica el tipo de polen dominante y los principales tipos de polen acompañante y aislado importante.

Como creemos que una imagen sigue valiendo más que muchas palabras, se ha incluido en cada ficha documentación fotográfica, original de las autoras, que ilustra el aspecto macroscópico y microscópico de la miel tipificada. Ciertamente para obtener esta clasificación se tuvo que hacer uso de una gran cantidad de información y del análisis estadístico de la misma, por lo que, lógicamente, todas las mieles incluidas en una clase no son exactamente iguales. Como ya se ha comentado en numerosas ocasiones, la miel es un producto "vivo", en constante evolución, y, aún teniendo una base común, puede haber diferencias perceptibles en el color, la velocidad de cristalización o la actividad enzimática, por ejemplo. Estas diferencias son achacables al origen botánico, a los tipos de polen acompañantes, a la proporción relativa entre unos y otros tipos de flores libadas por la abeja; en las mezclas, sin duda, la importancia de la contribución del mielato es difícilmente cuantificable. A pesar de lo expuesto, se ha procurado elegir la documentación fotográfica más representativa para cada miel, de entre una gran cantidad de fotografías originales.

Por último, señalar que la tipología resultante se ha estructurado de acuerdo a los tres grandes tipos reseñados en el Capítulo 2:

- mieles de origen netamente floral,
- mieles "mezcla" en las que existe una base nectarífera floral y una contribución, más o menos importante, de mielato de *Quercus pyrenaica* y/o *Quercus ilex*, y
- mieles de mielato (*Quercus pyrenaica* y/o *Quercus ilex*)

La diferencia entre las mieles "mezcla" y las de mielato es, sin duda, muy difícil de establecer. Únicamente a efectos de tipificación, se han definido como "mielatos" aquellas muestras que proporcionaban valores analíticos propios de mielatos para cinco parámetros: pH, conductividad eléctrica, cenizas, rotación óptica, azúcares reductores mayoritarios (glucosa + fructosa). Además se ha considerado la ausencia / presencia y la cuantificación de dos parámetros del sedimento polínico: (i) la presencia de polen de fagáceas (*Quercus*), mediante la determinación de su porcentaje en el total del sedimento, y (ii) la presencia de elementos indicadores de mielada (ver Capítulo 3), teniendo en cuenta la mencionada escasez de los mismos en los mielatos de roble y encina por las condiciones térmicas y de humedad de las primaveras y veranos mediterráneos.

Asimismo, y aunque una muestra pueda haber sido clasificada como "mielato" de acuerdo a los valores de los mencionados parámetros físico-químicos, en todos los casos los contenidos polínicos son elevados. Estas muestras pertenecen a las clases II y III de Mauricio. La riqueza polínica parece ser otra característica de los mielatos de roble y encina, y sin duda tiene su reflejo en las características físico-químicas y sensoriales de la miel, como pone de manifiesto el hecho de que estadísticamente se hayan separado dos grupos: el de los mielatos cuya base polínica es, fundamentalmente, brezo, y aquellos en los que la dominancia corresponde a las rosáceas arbustivas (rosa y zarza).

De acuerdo a lo expuesto, se han realizado las fichas correspondientes a los siguientes tipos:

Por último, la descripción sensorial se ha realizado mediante la asignación de palabras o descriptores verbales a los diferentes intervalos de las escalas utilizadas en el análisis sensorial (ver Capítulo 8). Una vez obtenido el valor numérico medio de la

- Florales
  - Miel de romero
  - Miel de zarza
  - Miel de viborera
  - Miel de brezo
  - Miel multifloral
- Mezclas
  - Viborera con mielato
  - Zarza con mielato
  - Brezo con mielato
  - Multifloral con mielato
- Mielatos
  - Mielato (con zarza)
  - Mielato (con brezo)



evaluación de nueve catadores independientes, para cada parámetro y cada muestra de miel, se ha traducido verbalmente de acuerdo a la asignación preestablecida. Ello nos da una "nota de cata" general de los diferentes tipos de miel madrileña.

**MIEL DE ROMERO** *Rosmarinus officinalis***PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS**

Humedad = 16.59%	(s.e. = 0.48)
pH = 3.85	(s.e. = 0.12)
Conductividad = 0.381 mS/cm	(s.e. = 0.12)
Cenizas = 0.113%	(s.e. = 0.048)
Acidez libre = 18.68 meq/Kg	(s.e. = 2.94)
Acidez láctónica = 4.42 meq/Kg	(s.e. = 1.52)
Acidez total = 23.14 meq/Kg	(s.e. = 2.79)
Rotación óptica: -52 °mL/gr cm	
Adhesividad: 106.4 g	(s.e. = 24.4)
Viscosidad: 814.3 g	(s.e. = 279.5)
COLOR Absorbancia Neta = 0.153	(s.e. = 0.038)
Turbidez = 0.636	(s.e. = 0.348)
COLOR CIE: L* = 27.94    a* = -0.87	b* = 5.59

**ÍNDICES DE FRESCURA**

HMF = 2.81 ppm (s.e. = 1.50)

Diacetasa = 20.8 (s.e. = 3.81)

 $\alpha$ -glucosidasa = 166.70 (s.e. = 45.27) $\beta$ -glucosidasa = 48.53 (s.e. = 8.66)**CARACTERÍSTICAS MELISOPALINOLÓGICAS**

Romero (*Rosmarinus officinalis*) 10-17%. Muy variable. Hasta 45% en una miel de primera castra en colmenas nuevas.

Otros polenes presentes: *Cistus*, *Trifolium*, *Prunus*, *Rubus*, *Lavandula*, *Salix*, *Erica*.

Análisis Cuantitativo: Clases I y II de Mauricio, dependiendo del polen acompañante.

Ausencia de elementos de mielada.

**ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN SENSORIAL**

Tonalidad exterior clara, entre el amarillo limón y el ámbar tenuemente dorado.

Especialmente dulce con suaves notas amargas y ácidas.

Aspecto cristalino con tamaño de grano muy fino.

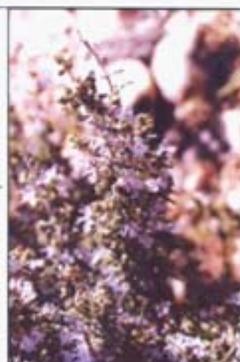
Notablemente apreciada.

**PRODUCCIÓN**

El Atazar, Torres de la Ladera,  
Alcalá de Henares

**OBSERVACIONES**

Miel muy apreciada.  
Polifenoles totales: 0.423 mg/g. El valor es muy variable en función de los polenes acompañantes



## MIEL DE ROSÁCEAS (ZARZA *Rubus sp.*; ROSA *Rosa canina*)



### PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Humedad = 14.95%	(s.e. = 0.51)
pH = 4.25	(s.e. = 0.10)
Conductividad = 0.821 mS/cm	(s.e. = 0.11)
Cenizas = 0.264%	(s.e. = 0.04)
Acidez libre = 35.75 meq/Kg	(s.e. = 6.79)
Acidez láctica = 6.70 meq/Kg	(s.e. = 0.86)
Acidez total = 42.45 meq/Kg	(s.e. = 7.09)
Rotación óptica: -2.12 °mL/gr dm	
Adhesividad: 131.7 g	(s.e. = 23.7)
Viscosidad: 704.8 g	(s.e. = 164.4)
COLOR Absorbancia Neta = 0.301	(s.e. = 0.043)
Turbidez = 0.224	(s.e. = 0.065)
COLOR CIE: L* = 25.20    a* = 0.37	b* = 4.74

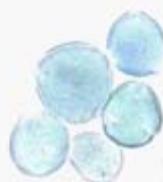
### ÍNDICES DE FRESCURA

HMF = 4.82 ppm (s.e. = 1.96)  
Diastasa = 42.51 (s.e. = 11.27)

$\alpha$ -glucosidasa = 175.68 (s.e. = 29.32)  
 $\beta$ -glucosidasa = 73.91 (s.e. = 13.60)

### CARACTERÍSTICAS MELISOPALINOLÓGICAS

Zarza / Rosa (géneros *Rubus*, *Rosa*) > 54%  
Otros pólenes presentes: *Diplofaxis sp.*, *Cistus sp.*,  
*Echium sp.*, *Quercus sp.*, compuestas (*Carduus*, *Bellis*, etc),  
Labiadas (*Lavandula*, *Thymus*, *Salvia*)  
Análisis Cuantitativo: Clases II y III de Mauricio.  
Presencia muy ocasional de elementos de mielada.



### ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN SENSORIAL

Color ámbar anaranjado con notas rojizas.  
Moderadamente adhesiva y bastante viscosa.  
Muy dulce, levemente amarga y ácida.  
Intensidad aromática media con una persistencia media que se acentúa en el retronasal.  
Miel muy agradable



### PRODUCCIÓN

Santa María de la Alameda,  
Navalafuente, Móstoles, Torres  
de la Ladera

### OBSERVACIONES

Miel poco conocida.  
Polifenoles totales: 0.805 mg/g  
(s.e. = 0.103)



**MIEL DE VIBORERA O CHUPAMIELES *Echium sp*****PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS**

Humedad = 16.59%	(s.e. = 0.45)
pH = 3.85	(s.e. = 0.74)
Conductividad = 0.614 mS/cm	(s.e. = 0.05)
Cenizas = 0.235%	(s.e. = 0.029)
Acidez libre = 33.87 meq/Kg	(s.e. = 2.21)
Acidez láctónica = 6.01 meq/Kg	(s.e. = 0.83)
Acidez total = 39.89 meq/Kg	(s.e. = 2.47)
Rotación óptica: -4.67 °mL/gr dm	
Adhesividad: 167.5 g	(s.e. = 67.7)
Viscosidad: 1192.5 g	(s.e. = 293.0)
COLOR Absorbancia Neta = 0.229	(s.e. = 0.023)
Turbidez = 0.326	(s.e. = 0.135)
COLOR CIE: L* = 27.87    α* = 0.58	b* = 5.67

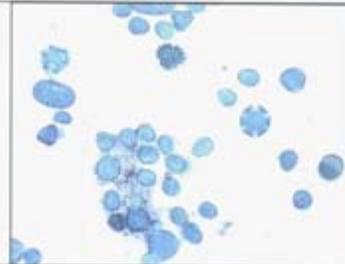
**ÍNDICES DE FRESCURA**

HMF = 4.82 ppm (s.e. = 1.96)  
 Diastasa = 42.51 (s.e. = 11.27)

α-glucosidasa = 175.68 (s.e. = 29.32)  
 β-glucosidasa = 73.91 (s.e. = 13.60)

**CARACTERÍSTICAS MELISPOLINOLÓGICAS**

Viborera (*Echium sp.*) > 45%, hasta 85%  
 Otros pólenes presentes: *Cistus*, *Rubus*, *Rosa*, *Diplotaxis*,  
*Vicia*, *Trifolium*, Compuestas (*Carduus*, *Taraxacum*,  
 otros).  
 Labiadas (romero, cantueso), *Eucaliptus*.  
 Análisis Cuantitativo: Clase III de Mauricio.  
 Ausencia de elementos de mielada.

**ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN SENSORIAL**

Color claro, tendente al amarillo.  
 Intensidad y persistencia de olor y aroma débiles a medias.  
 Presencia de cristales muy finos y uniformes.  
 Agradable, con valoración media.

**PRODUCCIÓN**

Colmenar Viejo, Miraflores, San Martín de Valdeiglesias, Manzanares, Serranillos, San Martín de la Vega, Navalagamella, Patones, El Vellón, Tres Cantos, Bustarviejo.

**OBSERVACIONES**

Miel poco conocida. Se le achaca falta de aromas. Apreciable contenido polifenólico total: 0.705 mg/g (s.e. = 0.059).



**MIEL DE BREZO *Erica arborea* L.****PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS**

Humedad = 17.80%	(s.e. = 0.60)
pH = 3.96	(s.e. = 0.17)
Conductividad = 0.759 mS/cm	(s.e. = 0.113)
Cenizas = 0.397%	(s.e. = 0.029)
Acidez libre = 38.89 meq/Kg	(s.e. = 2.21)
Acidez láctica = 4.50 meq/Kg	(s.e. = 0.83)
Acidez total = 43.39 meq/Kg	(s.e. = 2.47)
Rotación óptica: no determinado	
Adhesividad: 271.1 g	(s.e. = 67.7)
Viscosidad: 5807.9 g	(s.e. = 293.0)
COLOR Absorbancia Neta = 0.409	(s.e. = 0.023)
Turbidez = 0.299	(s.e. = 0.135)
COLOR CIE: L* = 31.57    a* = 1.17	b* = 10.56

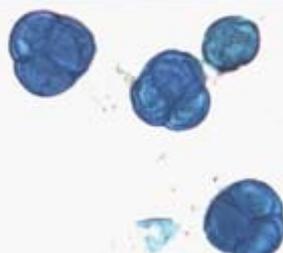
**ÍNDICES DE FRESCURA**

HMF = 6.73 ppm (s.e. = 1.13)

Diacstasa = 39.46 (s.e. = 8.09)

 $\alpha$ -glucosidasa = 257.31 (s.e. = 42.29) $\beta$ -glucosidasa = 62.64 (s.e. = 3.10)**CARACTERÍSTICAS MELISOPALINOLÓGICAS**

Polen dominante: *Erica arborea* (brezo blanco). > 45%  
 Otros polenes presentes: Labiadas, leguminosas (tipo retama), madroño (*Arbutus unedo*), brechina (*Calluna vulgaris*), *Pinus* sp., Cistáceas (*Cistus*, *Halimium*), ocasionalmente rosáceas (*Rubus*).  
 Análisis Cuantitativo: CLASES II y III.  
 Presencia muy ocasional de algún elemento de mielada.

**ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN SENSORIAL**

Color oscuro. Aspecto poco limpio por la presencia de material cristalino insoluble.

Olor característico a madera quemada.

Cristalización muy fina y rápida.

Moderadamente dulce con pinceladas amargas y ácidas.

**PRODUCCIÓN**

El Atazar, Prádena de la Sierra, Montejo de la Sierra.

**OBSERVACIONES**

Alta proporción de material insoluble. Cristaliza muy rápidamente. En estado líquido no es absolutamente limpia.

Contenido polifenólico elevado: 0.885 mg/g (s.e. = 0.119)

## MIEL MULTIFLORAL



## PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Humedad = 15.22%	(s.e. = 0.34)
pH = 3.87	(s.e. = 0.07)
Conductividad = 0.588 mS/cm	(s.e. = 0.054)
Cenizas = 0.210%	(s.e. = 0.031)
Acidez libre = 30.33 meq/Kg	(s.e. = 3.48)
Acidez láctica = 5.33 meq/Kg	(s.e. = 1.60)
Acidez total = 35.66 meq/Kg	(s.e. = 4.69)
Rotación óptica: -3.20 °mL/gr dm	
Adhesividad: 134.7 g	(s.e. = 31.9)
Viscosidad: 908.2 g	(s.e. = 304.8)
COLOR Absorbancia Neta = 0.237	(s.e. = 0.029)
Turbidez = 0.397	(s.e. = 0.250)
COLOR CIE: L* = 26.58    a* = 1.03	b* = 6.61

## ÍNDICES DE FRESCURA

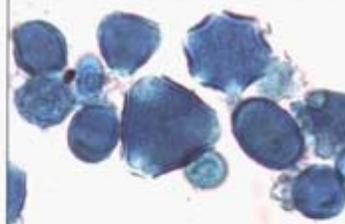
HMF = 3.68 ppm (s.e. = 1.62)

Diacstasa = 37.43 (s.e. = 2.86)

 $\alpha$ -glucosidasa = 206.00 (s.e. = 31.23) $\beta$ -glucosidasa = 79.43 (s.e. = 14.42)

## CARACTERÍSTICAS MELISPOLINOLÓGICAS

Rosáceas (*Rubus*, *Rosa*, *Prunus*); Boragináceas (*Echium*);  
Compuestas (*Taraxacum*, tipo cardo, tipo margarita,  
otras); Crucíferas (*Diploaxis*); Labiadas (*Lavandula*  
*stoechas*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus sp.*, otras);  
Ericáceas (*Erica arborea*); Papilionáceas (tipo  
*Medicago/Trifolium*, *Vicia sp.*, tipo retama y/o genista.  
No nectaríferas: Cistáceas.  
Ocasionalmente, polen de Fagáceas (*Quercus*). CLASE III.



## ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN SENSORIAL

Dorada anaranjada, característicamente adhesiva y muy viscosa.  
Muy dulce con débiles apreciaciones ácidas.  
Cristalización homogénea apreciable con dificultad.  
Muy apreciada.



## PRODUCCIÓN

Zarzalejo, La Cabrera,  
Alcalá de Henares,  
Torres de la Ladera,  
Colmenar Viejo,  
Serranillos, El Vellón,  
Patones.

## OBSERVACIONES

Miel de gran  
aceptabilidad.  
Polifenoles: 0.775  
mg/g (s.e. = 0.117).



## MIEL DE VIBORERA (*Echium sp.*) CON MIELATO



### PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Humedad = 15.59%	(s.e. = 0.21)
pH = 4.28	(s.e. = 0.11)
Conductividad = 1.07 mS/cm	(s.e. = 0.08)
Cenizas = 0.464%	(s.e. = 0.040)
Acidez libre = 43.60 meq/Kg	(s.e. = 2.18)
Acidez láctónica = 4.75 meq/Kg	(s.e. = 0.84)
Acidez total = 48.35 meq/Kg	(s.e. = 1.93)
Rotación óptica: no determinado	
Adhesividad: 148.7 g	(s.e. = 63.5)
Viscosidad: 1664.9 g	(s.e. = 1173.7)
COLOR Absorbancia Neta = 0.431	(s.e. = 0.020)
Turbidez = 0.286	(s.e. = 0.041)
COLOR CIE: L* = 26.60    a* = 0.70	b* = 4.48

### ÍNDICES DE FRESCURA

HMF = 3.36 ppm (s.e. = 1.45)

Diatasa = 42.40 (s.e. = 3.90)

$\alpha$ -glucosidasa = 247.82 (s.e. = 39.73)

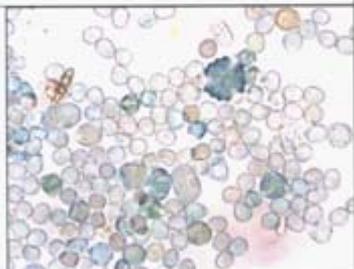
$\beta$ -glucosidasa = 137.66 (s.e. = 23.74)

### CARACTERÍSTICAS MELISOPALINOLÓGICAS

Viborera (*Echium sp.*) como polen dominante (>45%).  
Otros pólenes presentes: Rosáceas, Leguminosas, Labidas, Cistáceas, Fagáceas.

Análisis Cuantitativo: CLASES II y III.

Presencia de elementos de mielada: esporas simples y tabicadas, en número no superior a 40/portaobjetos.



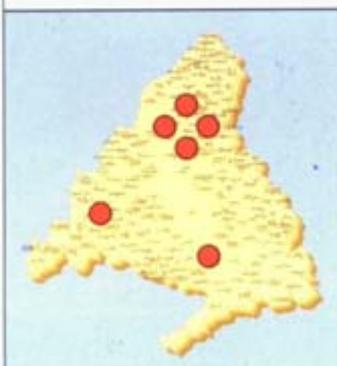
### ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN SENSORIAL

Tonalidad ámbar anaranjado-rojizo.

Apreciablemente adhesiva y viscosa.

Intensidad aromática media. Persistencia débil en el nasal y superior en el retronasal.

Bastante agradable.



### PRODUCCIÓN

Miraflores, Colmenar Viejo, Colmenar de Arroyo, El Vellón, Navalafuente, San Martín de la Vega

### OBSERVACIONES

La abundancia de polen le confiere a una miel floral. Los parámetros físico-químicos dan características de mielato. Polifenoles: 1.101 mg/g (s.e. = 0.054).



**MIEL DE BREZO *Erica arborea* L. CON MIELATO**

**PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS**

Humedad = 15.72%	(s.e. = 0.46)
pH = 4.28	(s.e. = 0.09)
Conductividad = 1.02 mS/cm	(s.e. = 0.08)
Cenizas = 0.427%	(s.e. = 0.022)
Acidez libre = 41.63 meq/Kg	(s.e. = 1.28)
Acidez láctónica = 4.42 meq/Kg	(s.e. = 2.08)
Acidez total = 46.05 meq/Kg	(s.e. = 2.86)
Rotación óptica: no determinado	
Adhesividad: 100.3 g	(s.e. = 9.05)
Viscosidad: 697.9 g	(s.e. = 246.4)
COLOR Absorbancia Neta = 0.465	(s.e. = 0.053)
Turbidez = 0.244	(s.e. = 0.025)
COLOR CIE: L* = 25.98    a* = 1.00	b* = 2.45

**ÍNDICES DE FRESCURA**

HMF = 1.51 ppm (s.e. = 0.90)

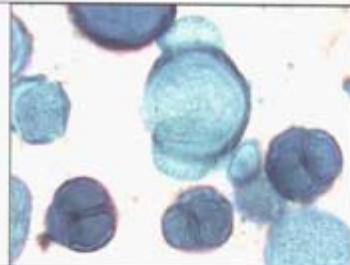
Diastasa = 41.41 (s.e. = 4.03)

$\alpha$ -glucosidasa = 283.2 (s.e. = 36.2)

$\beta$ -glucosidasa = 127.3 (s.e. = 29.3)

**CARACTERÍSTICAS MELISOPALINOLÓGICAS**

Brezo (*Erica arborea*) como polen dominante (>45%).  
 Otros pólenes presentes: Labiadas, leguminosas (retama),  
 madroño (*Arbutus unedo*), brechina (*Calluna vulgaris*),  
*Pinus* sp., Cistáceas (*Cistus*, *Halimium*), ocasionalmente  
 rosáceas (*Rubus*).  
 Análisis Cuantitativo: CLASES II y III.  
 Presencia de elementos de mielada: esporas aisladas,  
 simples y tabicadas, en paquetes, hifas,  
 < 50/portaobjetos.


**ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN SENSORIAL**

Tonalidad cobriza intensa con apreciaciones doradas y rojizas.  
 Medianamente adhesiva y viscosa.  
 Connotaciones ácidas y amargas perfectamente equilibradas.  
 Cristalización extremadamente fina.  
 Apreciada.


**PRODUCCIÓN**

Miraflores, El Atazar, Montejo de la Sierra.

**OBSERVACIONES**

Elevado contenido polifenólico: 0.999 mg/g (s.e. = 0.088).

Propiedades diuréticas y desinfectantes.

## MIEL DE ROSÁCEAS (ZARZA *Rubus sp*; ROSA *Rosa sp*) CON MIELATO



### PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Humedad = 15.25%	(s.e. = 0.32)
pH = 4.62	(s.e. = 0.05)
Conductividad = 1.19 mS/cm	(s.e. = 0.05)
Cenizas = 0.509%	(s.e. = 0.015)
Acidez libre = 37.83 meq/Kg	(s.e. = 1.11)
Acidez láctica = 2.56 meq/Kg	(s.e. = 0.41)
Acidez total = 41.15 meq/Kg	(s.e. = 1.99)
Rotación óptica: 0.48 °mL/gr dm	
Adhesividad: 104.9 g	(s.e. = 14.4)
Viscosidad: 694.9 g	(s.e. = 144.5)
COLOR Absorbancia Neta = 0.481	(s.e. = 0.034)
Turbidez = 0.274	(s.e. = 0.035)
COLOR CIE: L* = 26.36    a* = 0.18	b* = 3.37

### ÍNDICES DE FRESCURA

HMF = 1.05 ppm (s.e. = 0.32)

Diacstasa = 40.19 (s.e. = 2.43)

$\alpha$ -glucosidasa = 223.53 (s.e. = 20.97)

$\beta$ -glucosidasa = 75.62 (s.e. = 3.68)

### CARACTERÍSTICAS MELISOPALINOLÓGICAS

Rosáceas arbustivas (*Rubus*, *Rosa*) como dominante (>45%)

Otros pólenes presentes: brezo (*Erica arborea*), Labiadas, Cistáceas, Igáceas. Ocasionalmente compuestas, Borragináceas.

Análisis Cuantitativo: CLASE III.

Presencia de elementos de mielada: esporas aisladas, simples y tabicadas, paquetes de esporas, fragmentos de hifas, en número inferior a 50/portaobjetos.



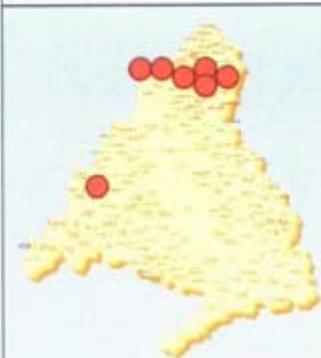
### ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN SENSORIAL

Aspecto exterior caoba con matices cobrizos luminosos.

Característicamente ácida, con notorias pinceladas amargas.

Sin cristalizar.

Muy agradable.



### PRODUCCIÓN

Lozoya, Robledillo de la Jara, Miraflores, Manzanares, Bustarviejo, Valdepiélagos, Patones, El Vellón, Colmenar de Arroyo.

### OBSERVACIONES

Contenido polifenólico: 0.977 mg/g (s.e. = 0.078)

## MIEL MULTIFLORAL CON MIELATO



### PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Humedad = 15.71%	(s.e. = 0.22)
pH = 4.48	(s.e. = 0.06)
Conductividad = 1.043 mS/cm	(s.e. = 0.034)
Cenizas = 0.464%	(s.e. = 0.021)
Acidez libre = 38.28 meq/Kg	(s.e. = 1.43)
Acidez láctica = 3.96 meq/Kg	(s.e. = 0.69)
Acidez total = 42.23 meq/Kg	(s.e. = 1.91)
Rotación óptica: 0.08 °mL/gr dm	
Adhesividad: 87.3 g	(s.e. = 10.4)
Viscosidad: 420.2 g	(s.e. = 66.6)
COLOR Absorbancia Neta = 0.425	(s.e. = 0.023)
Turbidez = 0.240	(s.e. = 0.016)
COLOR CIE: L* = 25.2    a* = 0.04	b* = 3.45

### ÍNDICES DE FRESCURA

HMF = 2.45 ppm (s.e. = 0.56)

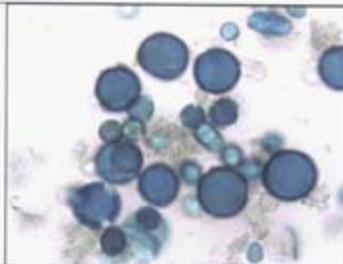
Diastasa = 39.38 (s.e. = 2.17)

$\alpha$ -glucosidasa = 198.12 (s.e. = 13.91)

$\beta$ -glucosidasa = 97.86 (s.e. = 10.85)

### CARACTERÍSTICAS MELISOPALINOLÓGICAS

Rosáceas (*Rubus*, *Rosa*, *Prunus*); Boragináceas (*Echium*);  
Compuestas (*Taraxacum*, tipo cardo, tipo margarita,  
otras); Crucíferas (*Diplotaxis*); Labiadas (*Lavandula*  
*stoechas*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus sp.*, otras);  
Ericáceas (*Erica arborea*); Papilionáceas (tipo  
*Medicago/Trifolium*, *Vicia sp.*, tipo retama y/o genista).  
No nectaríferas: Cistáceas.  
Ocasionalmente, polen de Fagáceas (*Quercus*). CLASE III.



### ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN SENSORIAL

Color a caballo entre el ámbar rojizo y el ocre poco intenso.

Apreciablemente adhesiva y viscosa.

Intensidad aromática media, con persistencia moderada en el nasal y algo más acentuada en el retronasal.

Bastante agradable



### PRODUCCIÓN

San Martín de Valdeiglesias, Colmenar Viejo, Colmenar de Arroyo, El Vellón, Tres Cantos, El Atazar, Torremocha, Roblecillo de la Jara, Patones, Navalagamella

### OBSERVACIONES

Polifenoles totales: 0.892 mg/g (s.e. = 0.047)

MIEL DE MIELATO (CON BREZO *Erica arborea* L.)

## PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Humedad = 17.03%	(s.e. = 0.96)
pH = 4.69	(s.e. = 0.18)
Conductividad = 1.291 mS/cm	(s.e. = 0.071)
Cenizas = 0.719%	(s.e. = 0.091)
Acidez libre = 38.68 meq/Kg	(s.e. = 4.76)
Acidez láctónica = 3.24 meq/Kg	(s.e. = 1.51)
Acidez total = 41.92 meq/Kg	(s.e. = 4.41)
Rotación óptica: 3.86 °mL/gr dm	
Adhesividad: 127.2 g	(s.e. = 28.4)
Viscosidad: 2103.3 g	(s.e. = 1082.6)
COLOR Absorbancia Neta = 0.661	(s.e. = 0.058)
Turbidez = 0.327	(s.e. = 0.048)
COLOR CIE: L* = 26.3    a* = 0.47	b* = 4.64

## ÍNDICES DE FRESCURA

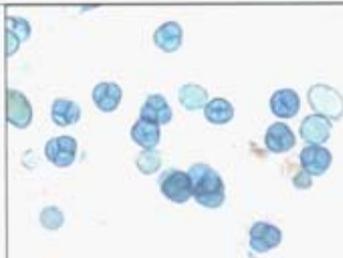
HMF = 1.13 ppm (s.e. = 0.88)

Diacstasa = 35.54 (s.e. = 8.22)

 $\alpha$ -glucosidasa = 238.40 (s.e. = 13.21) $\beta$ -glucosidasa = 77.33 (s.e. = 16.29)

## CARACTERÍSTICAS MELISOPALINOLÓGICAS

Brezo (*Erica arborea*) como polen dominante (>45%).  
 Otros pólenes presentes: Labiadas, leguminosas (tipo retama), madroño (*Arbutus unedo*), brechina (*Calluna vulgaris*), *Pinus* sp., Cistáceas (*Cistus*, *Halimium*), ocasionalmente rosáceas (*Rubus*).  
 Análisis Cuantitativo: CLASES II y III.  
 Presencia de elementos de mielada: esporas aisladas, simples y tabicadas, en paquetes, hifas, <75/portaobjetos.



## ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN SENSORIAL

Tonalidad caoba rojizo.

Pinceladas amargas y ligera percepción del sabor ácido.

Apreciación de cristales regulares y uniformes de tamaño muy fino.

Intensidad nasal moderada y ligeramente persistente. Pérdida de intensidad en el retronasal.

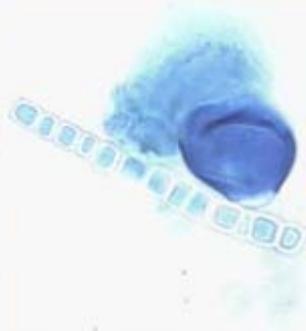


## PRODUCCIÓN

Olmeda, La Hiruela,  
 Miraflores, Prádena  
 del Rincón

## OBSERVACIONES

Polifenoles totales:  
 1.089 mg/g  
 (s.e. = 0.044)



## MIEL DE MIELATO (CON ROSÁCEAS: ZARZA *Rubus sp*; ROSA *Rosa sp*)



### PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Humedad = 15.75%	(s.e. = 0.19)
pH = 4.70	(s.e. = 0.04)
Conductividad = 1.297 mS/cm	(s.e. = 0.043)
Cenizas = 0.569%	(s.e. = 0.026)
Acidez libre = 38.93 meq/Kg	(s.e. = 1.32)
Acidez láctónica = 1.86 meq/Kg	(s.e. = 0.32)
Acidez total = 40.79 meq/Kg	(s.e. = 1.44)
Rotación óptica: 1.53 °mL/gr dm	
Adhesividad: 98.3 g	(s.e. = 17.0)
Viscosidad: 556.6 g	(s.e. = 130.7)
COLOR Absorbancia Neta = 0.550	(s.e. = 0.036)
Turbidez = 0.243	(s.e. = 0.019)
COLOR CIE: L* = 23.58    a* = 0.93	b* = 2.08

### ÍNDICES DE FRESCURA

HMF = 1.47 ppm (s.e. = 0.66)

Diastasa = 39.97 (s.e. = 2.94)

$\alpha$ -glucosidasa = 221.02 (s.e. = 20.81)

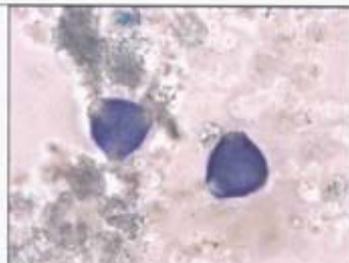
$\beta$ -glucosidasa = 75.93 (s.e. = 3.97)

### CARACTERÍSTICAS MELISOPALINOLÓGICAS

Rosáceas arbustivas (*Rubus*, *Rosa*). Otros pólenes presentes: brezo (*Erica arborea*), Labiadas, Cistáceas, Fagáceas.

Análisis Cuantitativo: CLASE II.

Presencia de elementos de mielada: esporas aisladas, simples y tabicadas, paquetes de esporas, fragmentos de hifas, en número inferior a 75/portaobjetos.



### ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN SENSORIAL

El aspecto exterior mantiene un equilibrio entre los tonos caoba bermellón y los marrones.

Bastante dulce con ligeros matices amargos.

Intensidad nasal muy marcada con discreta persistencia en el tiempo.

Muy apreciada.



### PRODUCCIÓN

Acoslos, Miraflores, Navalagamella, Patones, El Atazar, Rascafría.

### OBSERVACIONES

Polifenoles totales:  
1.093 mg/g  
(s.e. = 0.044)





Anexo



## Modelo de hoja de cata para análisis sensorial de miel

Montserrat González

*Area de Alimentos, Departamento de Agroalimentación,  
Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria IMIA*

iMiDRA





## ANÁLISIS SENSORIAL DE MIEL

Fecha:

Puesto:

Muestra nº

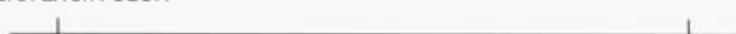
INTENSIDAD OLOR



Nada intenso

Muy intenso

PERSISTENCIA OLOR



Nada intenso

Muy intenso

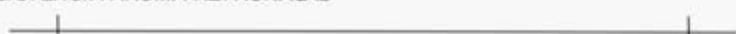
INTENSIDAD AROMA RETRONASAL



Nada intenso

Muy intenso

PERSISTENCIA AROMA RETRONASAL



Nada intenso

Muy intenso

IMiDRA

### AROMAS INDESEABLES

Si detectado

NO detectado

Acético.....

Humedad.....

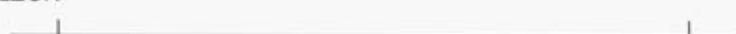
Humo.....

Miel calentada.....

Cuero.....

Amoniaco.....

DULZOR



Nada dulce

Extremad. dulce

AMARGOR



Nada amargo

Muy amargo



ACIDEZ



SALADO

No detectado       Sí detectado

SENSACIONES TERCIARIAS O DE RETROGUSTO

Sí detectado      NO detectado

Picor/cosquilleo.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Astringencia.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sensación grasa.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

COLOR



CRISTALIZ.



FORMA DE LOS CRISTALES

Redondeados       Angulosos

¿Es uniforme el tamaño de los cristales?   Sí       No

ADHESIVIDAD



VISCOSIDAD



APRECIACIÓN GLOBAL



Anexo **II**

**Clave palinológica  
simplificada para la  
identificación de géneros  
y especies botánicas,  
adaptada a la  
Comunidad de Madrid**

Cristina de Lorenzo

*Area de Alimentos. Departamento de Agroalimentación.  
Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria IMIA*

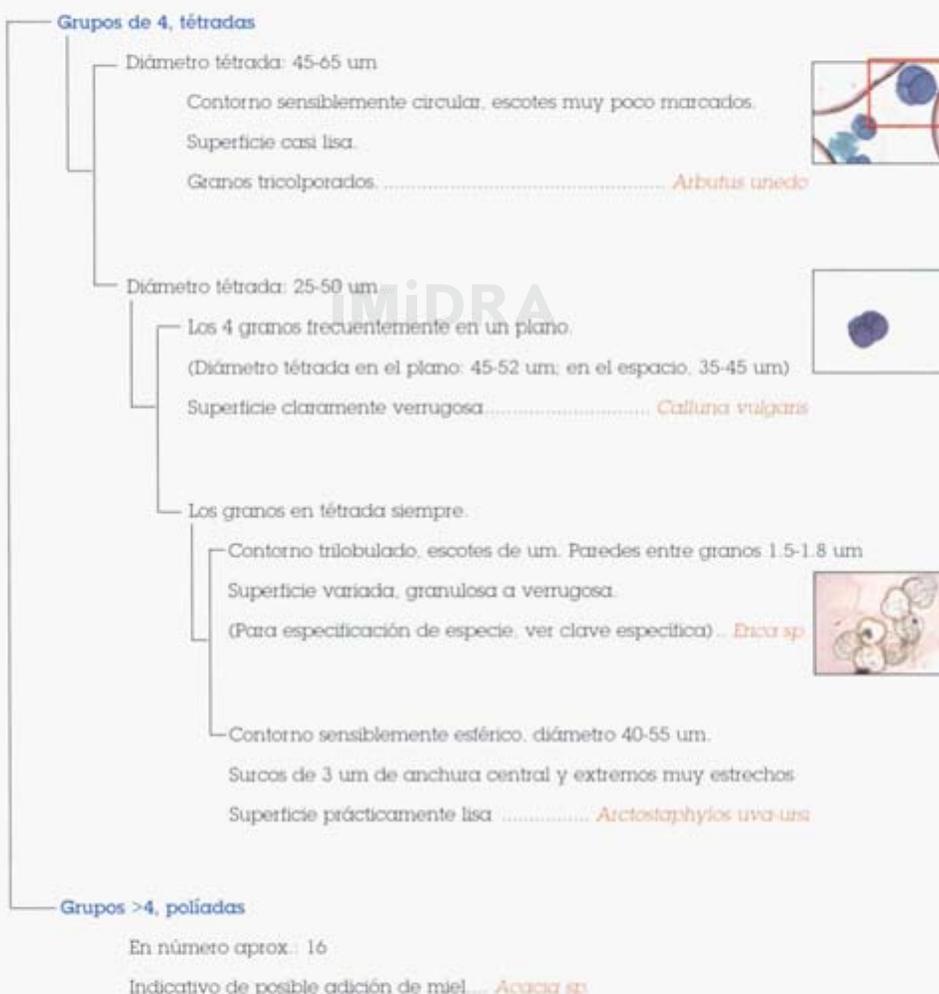
iMiDRA





## CLAVE SIMPLIFICADA PARA AYUDA EN LA CLASIFICACIÓN MELISOPALINOLOGICA DE LAS MIELES PRODUCIDAS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

### Granos agrupados



## Granos aislados

## Con vesículas aeríferas

Polen estérico, diámetro 52-56  $\mu\text{m}$ .

Sin aberturas. Superficie ligeramente rugosa ..... *Pinus sp.*



## Sin vesículas aeríferas

## Circulares

## Superficie equinada

Diámetro > 80  $\mu\text{m}$

Poliporados, con granulaciones entre espinas. Poros 3-5  $\mu\text{m}$ .

Espinas sin ensanchar ampliamente en la base..... *Malva sylvestris*



Diámetro << 80  $\mu\text{m}$

Espinas situadas en "crestas" formando lagunas en la exina.

Diámetro 24-28  $\mu\text{m}$ . Otros autores: 30-40  $\mu\text{m}$ .

Tricolporado (a veces aparece como triporado) ... *Taraxacum sp.*



Espinas más largas que anchas.

Exina no baculada. 3  $\mu\text{m}$  espesor.

Superficie entre espinas lisa

Diámetro 25-38  $\mu\text{m}$ . Espinas 5  $\mu\text{m}$  longitud.

Superficie en base de espinas c/ perforaciones..... *Helianthus annuus*



Espinas tan largas como anchas.

Exina baculada.

Toda la superficie con perforaciones.

Diámetro 30-45  $\mu\text{m}$ . Diámetro poros: 10-14  $\mu\text{m}$

Espinas de 3.5 x 3.5  $\mu\text{m}$  ..... *Carduus tenuiflorus*

Diámetro <30  $\mu\text{m}$

Espinas de 3.5 x 5  $\mu\text{m}$  ..... *Cirsium arvense*



## Superficie no equinada

Poliporados, diámetro poro 2.5  $\mu\text{m}$

Diámetro 30-40  $\mu\text{m}$ . Superficie granulosa..... *Chenopodium album*

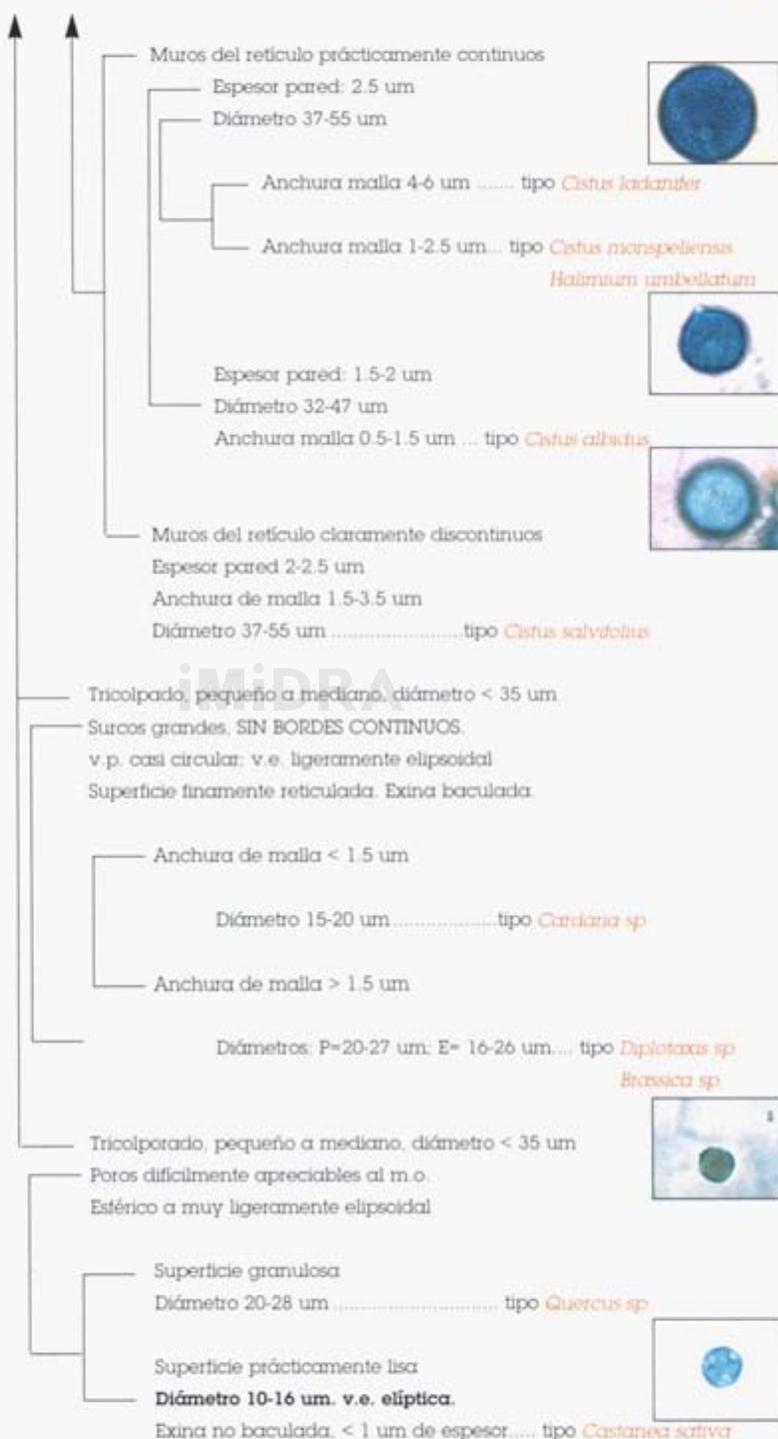
Tricolporado o tricolpado

Grande, diámetro 35-55  $\mu\text{m}$

Superficie muy labrada, reticulada o rugulada estriada.

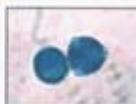
Exina baculada.

Diámetro poros: 5-9  $\mu\text{m}$



## Subcirculares a Triangulares

Estérico. CON RESTOS DE EXINA EN LOS SURCOS

Dicolpado, diámetro 15-25  $\mu\text{m}$ Pared < 1  $\mu\text{m}$  espesorSuperficie equinulada ..... tipo *Hypococum umbrosum*Tricolpado, diámetro 20-30  $\mu\text{m}$ Pared 1  $\mu\text{m}$  espesorSuperficie escabrosa/verrugosa ..... tipo *Papaver rhoeas*

Prácticamente esféricos (circulares, triángulo-circulares en v.p.), tricolporados.

Superficie reticulada extremadamente fina (foveolada). Aparenta lisa.

Exina no baculada, 1  $\mu\text{m}$  espesor

Colpos muy anchos o poros grandes y colpos poco apreciables (la abertura ocupa la anchura del grano)

Diámetro ecuatorial > 28  $\mu\text{m}$  ... tipo *Genista scoparius*

Cytisus scoparius

Diámetro ecuatorial < 28  $\mu\text{m}$  ... tipo *Asytama sphaerocarpa*

Poros circulares, poco definidos

(ocupan &lt; 1/2 anchura del grano)

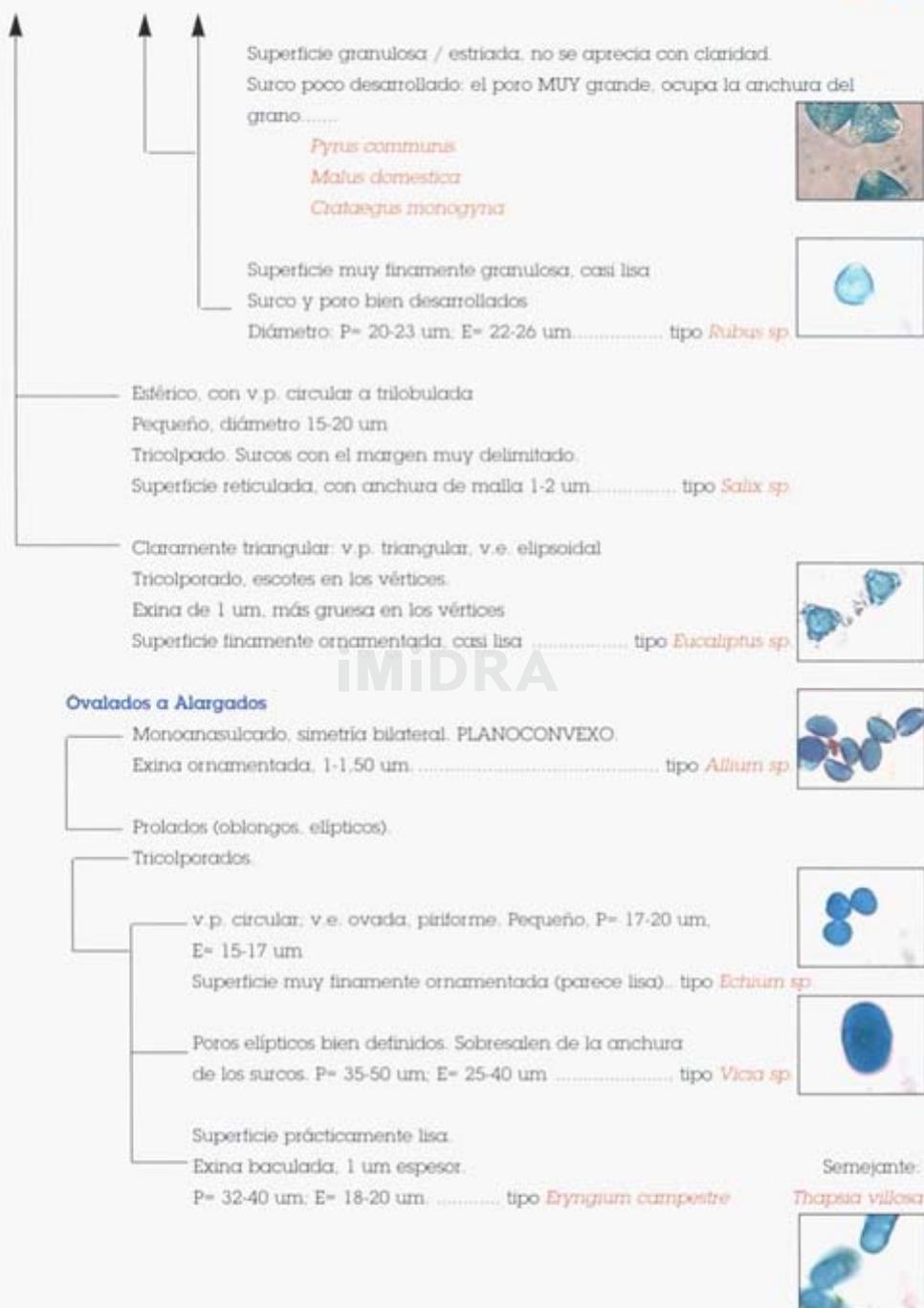
Diámetro (eje mayor) de 30-35  $\mu\text{m}$  ... tipo *Mexicago sp.*Diámetro (eje mayor) de 25-30  $\mu\text{m}$  ... tipo *Tritolium repens*

Superficie estriada, granulosa o casi lisa.

Aparentan tricolporados o tricolpados con colpos anchos.

Superficie estriada, apreciable con objetivo 40x

Surco desarrollado: el poro NO ocupa la anchura del grano: tipo *Prunus**Prunus dulcis**Prunus spinosa*



**Hexagonales**

v.p. hexagonal, v.e. elíptica.

Hexacolpado.

Exina baculada. Superficie reticulada.



**Anexo**  **Palinoteca de Madrid**

Cristina de Lorenzo

*Area de Alimentos. Departamento de Agroalimentación.  
Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria IMIA*

iMiDRA





Palinoteca de la Sierra de Madrid

### Viborera, chupamieles

*Echium vulgare*, *Echium plantagineum*, *Echium* sp L.



Familia: Boragináceas

Planta herbácea bianual, con primer año en roseta y segundo con emisión de tallos cilíndricos de hasta 1 m. de altura. Hojas alternas: inferiores lanceoladas, superiores más agudas. Flores de color azul violáceo vivo, con corola tubular y cinco estambres de diferentes longitudes. Florece de Marzo a Julio.

Común en terrenos baldíos, bordes de caminos, etc.



Polen 3-zonocolporado, heteropolar, con simetría radial.

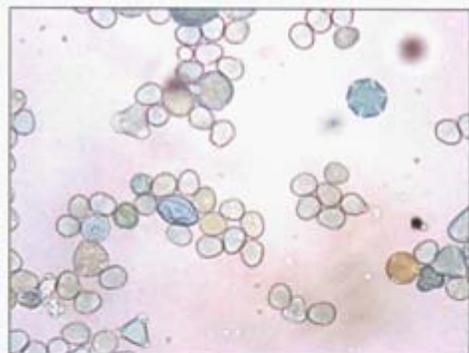
Visión polar: circular-triangular a circular. E= 8-16  $\mu$ m.

Visión ecuatorial: piriforme (característico) a elíptico. P= 16-23  $\mu$ m.

Tamaño pequeño. Exina no baculada, < 1  $\mu$ m de espesor. Finamente granulosa, casi lisa.



Miel de viborera. Cuenca del Guadarrama, cosecha 2000  
Observación en contraste de interferencias (DIC).  
Objetivo 63x.



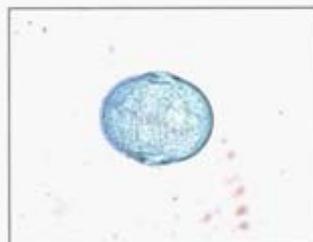
Miel de viborera. Manzanares El Real, cosecha 2000.  
Observación en campo claro.  
Objetivo 20x.



*Anchusa azurea* Miller, Alcalá de Henares, mayo de 2001

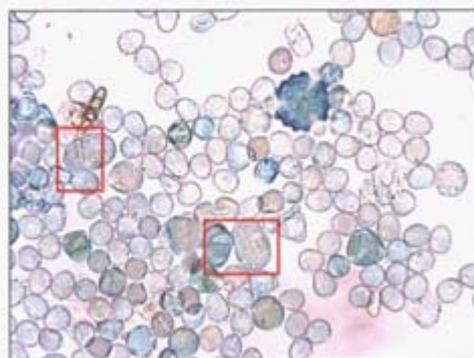
Familia: Boragináceas.

Planta arbustiva, herbácea, con tallos gruesos e hirsutos, de hasta 1.5 m de altura. Hojas lanceoladas, gruesas y ásperas. Flores pentapétalas, de color azul intenso. Florece de Mayo a Agosto. Muy común en los bordes de caminos y terrenos incultos.



Polen 4-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. Visión polar: cuadrangular-circular a circular, con  $E = 32-35 \mu\text{m}$ . Visión ecuatorial: elíptico a rectangular (oblongo), con  $P = 37-47 \mu\text{m}$ . Tamaño: mediano.

Exina: aproximadamente  $\mu\text{m}$  de espesor. No baculada. Finamente rugulada o reticulada, aparenta casi lisa. Mayor grosor de pared y mayor ornamentación en la zona ecuatorial situada entre aberturas.



*Anchusa azurea* en una miel de viborera.  
Cuenca del Guadarrama, cosecha 2000.

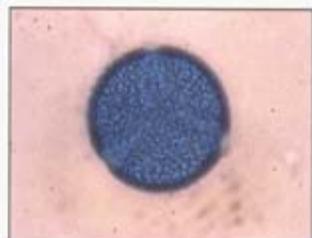
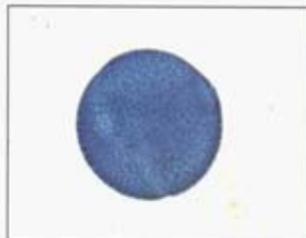
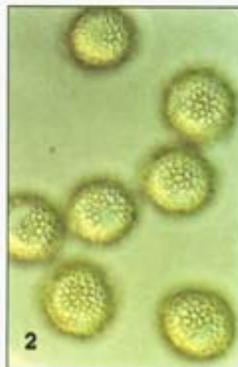


Palinoteca de la Sierra de Madrid

**Jara pringosa, jara común***Cistus ladanifer* L.*Cistus ladanifer* L., El Atazar, abril de 2002

Familia: Cistáceas.

Planta arbustiva, muy frecuente en la Comunidad de Madrid. Hojas perennes, pequeñas y plateadas, adherentes. Segregan una sustancia pegajosa y aromática ('ládano'). Tallos florales de color rojizo. Flores de color blanco, grandes, con una mancha rosácea oscura en la base de cada uno de los cinco pétalos. Altura de hasta 3 m. Florece de abril a junio. Terrenos pedregosos e incultos.

Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. Poros de 5-8  $\mu\text{m}$  de diámetro.Visión polar: circular. Visión ecuatorial: circular.  $P = E = 37-49 \mu\text{m}$ . Tamaño: mediano.Exina: baculada, > 2  $\mu\text{m}$  de espesor. Reticulada, con muros continuos o ligeramente discontinuos.

La aplicación de la técnica del Contraste de Interferencias (DIC) es de gran utilidad para la discriminación y morfometría de las estructuras de la exina y la determinación de la especie del género *Cistus* a la que pertenece el polen. En las imágenes, *Cistus ladanifer*. Foco 1: espesor de la exina. Foco 2: detalle de los muros continuos y anchura de las lagunas entre los mismos, ambos caracteres con valor taxonómico.



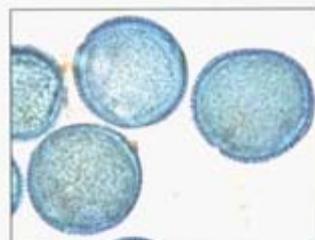
Palinoteca de la Sierra de Madrid  
**Jara "hoja de laurel", jara estepa, bordial**  
*Cistus laurifolius* L.



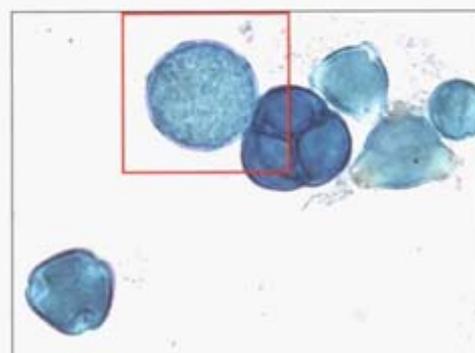
*Cistus laurifolius* L., Puerto de Canencia, Mayo 2001

Familia: Cistáceas.

Planta arbustiva, frecuente en la Comunidad de Madrid. Hojas perennes, color verde intenso, lanceoladas, no muy adherentes. Tallos florales de color rojizo y flores pentapétalas, blancas, de menor tamaño que las de *C. ladanifer*.



Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. Poros de 4-6  $\mu\text{m}$  de diámetro. Visión polar: circular. Visión ecuatorial: circular. P = E = 37-49  $\mu\text{m}$ . Tamaño: mediano. Exina: baculada, > 2  $\mu\text{m}$  de espesor. Reticulada, con muros continuos o ligeramente discontinuos.



El grano de polen es muy similar al de *Cistus ladanifer*, aunque con tendencia a tener las mallas algo menores y un tamaño menos uniforme. La dificultad de apreciar estos aspectos hace que se clasifiquen conjuntamente como "polen tipo *Cistus ladanifer*".

Miel multifloral de bosque, Somosierra, cosecha 2000.



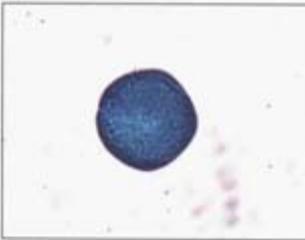
Palinoteca de la Sierra de Madrid

Alcayuela

*Halimium ocymoides* Lam. Willk.*Halimium ocymoides* Lam. Willk., Somosierra, Junio 2001

Familia: Cistáceas.

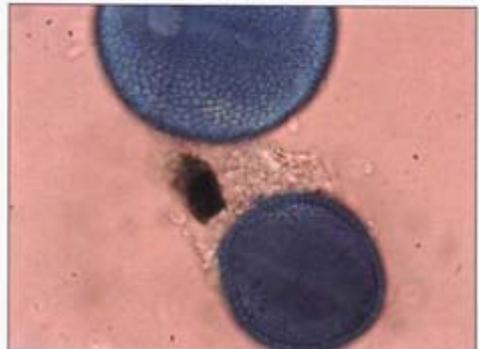
Planta arbustiva, frecuente en la Comunidad de Madrid. Hojas perennes, pequeñas y plateadas, tallos florales de color rojizo y flores de color amarillo intenso, pequeñas y con una mancha oscura en la base. Raramente alcanza una altura de 75 cm, máxima de 1 m. Terrenos silíceos.



Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial.

$P = E = 32-42 \mu\text{m}$ . El espesor de la exina es inferior a  $2 \mu\text{m}$ . Las mallas del retículo no suelen superar  $1.5 \mu\text{m}$  de anchura, y el retículo aparece como estriado-punteado, fino. Los muros son continuos o ligeramente discontinuos.

Las especies de la familia cistáceas aparecen representadas muy frecuentemente en las mieles de la Comunidad de Madrid. Suministran POLEN, pero no son nectaríferas. La distinción entre géneros y especies se basa en el tamaño medio del grano y del poro, el espesor de la exina y en la ornamentación de ésta, incluyendo la continuidad de los muros, su posible disposición en filas y la anchura de las lagunas.



Cistáceas en una miel de bosque, Patones, cosecha 2001

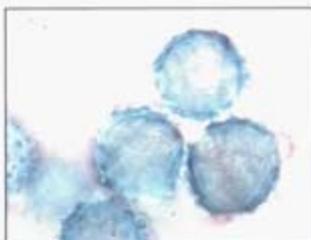
Palinoteca de la Sierra de Madrid  
**Cardo, cardo mariano, cardo borriquero, otros**  
 Géneros *Galactites*, *Cirsium*, *Carduus*, *Silybum*, otros



*Silybum marianum* (L.) Gaertner., Alcalá de Henares, Junio de 2001

Familia: Compuestas.

Con el nombre de "cardo" se hace referencia a numerosas especies de la familia de las Compuestas, afines sistemáticamente y caracterizadas por la presencia de espinas en tallo, hojas e involucre. Llegan a alcanzar alturas de 1 m y superiores, y las flores, vistosas, suelen revestir colores rosáceos, púrpuras y violáceos intensos.



Polen 3-zonocolporado, esférico o ligeramente elipsoidal. Exina baculada, con columelas bien diferenciadas. ESPINAS TAN LARGAS COMO ANCHAS (carácter identificativo). Toda la superficie tiene pequeños puntitos, muy inferiores a 1  $\mu\text{m}$ , que no se identifican fácilmente como perforaciones o granulaciones. La morfometría polínica de *Carduus tenuiflorus* (cardo borriquero) y *Galactites tomentosa* (cardo, cardota) se detalla a continuación: Eje mayor: P = E = 30-40  $\mu\text{m}$ . Exina de 1.5 a 2.5  $\mu\text{m}$  de espesor. Espinas de 3-4  $\mu\text{m}$ . Poros circulares de 10-14  $\mu\text{m}$  de diámetro. *Cirsium arvense* presenta un tamaño de grano inferior (28-35  $\mu\text{m}$ ) y espinas más grandes (4-5  $\mu\text{m}$ ).



La observación en Contraste de Interferencias permite apreciar con extrema claridad los poros, la anchura de la exina y las columelas de la misma.

En la Comunidad de Madrid no aparecen mieles uniflorales de cardo. Este tipo de polen aparece, generalmente, como aislado esporádico (< 3% del sedimento polínico nectarífero) y, en algunas ocasiones, como aislado importante (3-16%).



Palinoteca de la Sierra de Madrid  
**Cardillos**  
*Scolymus hispanicus* L.



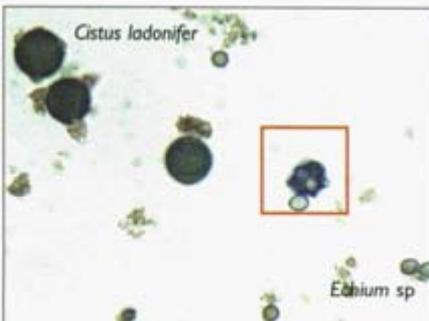
*Scolymus hispanicus* L., Alcalá de Henares, Julio de 2001

Familia: Compuestas.

Planta bianual o perenne, ramificada desde la base. En el primer año hace una roseta de hojas grandes y una gruesa raíz. En el segundo año emite el tallo floral. Hojas agudadas, con dientes en los bordes y banda clara central. Flores grandes, de color amarillo intenso, situadas en las axilas de las hojas y protegidas por fuertes espinas. Florece de Julio a Septiembre. Aparece en zonas incultas, terapeñenes, márgenes de caminos.



Polen 3-zonocolporado, con simetría radial. Ectoaperturas tipo colpo, alargadas y difusas, difícilmente observables. Endoaperturas tipo poro, alargadas. En visión polar, hexagonal a subcircular. En visión ecuatorial, circular,  $E = P = 42-52 \mu\text{m}$ . Tamaño: mediano a grande. Exina baculada, de  $6-11 \mu\text{m}$  de espesor. Diferenciada en lagunas, delimitadas por crestas. Sobre las crestas hay espinas de  $2-3 \mu\text{m}$  de espesor. Sin casquete polar marcado. Entre las espinas y en las lagunas, la ornamentación es finamente reticulada.



El polen de *Scolymus hispanicus* L. es muy parecido al del "diente de león", *Taraxacum* sp., con las espinas dispuestas sobre crestas que delimitan lagunas o zonas de la exina sin espinas. Se diferencia de este último por su tamaño mucho mayor. En la imagen, tomada con objetivo 10x, se identifica fácilmente por comparación con el tamaño de los granos estéricos de *Cistus ladanifer*.

*Scolymus* en una miel de viborera con mielato,  
 Navalafuente, cosecha 2000



Palinoteca de la Sierra de Madrid

### Diente de león

*Taraxacum vulgare* (Lam) Schrank

*Taraxacum officinale* Weber, otros



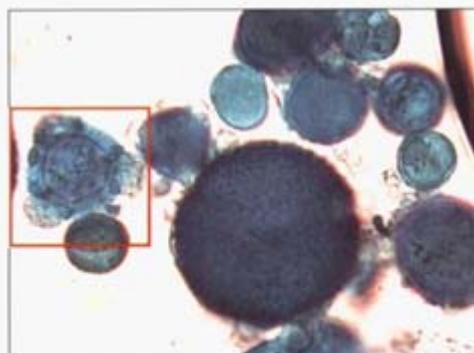
Familia: Compuestas  
Planta herbácea, perenne, con hojas en roseta lanceoladas, dentadas o lobuladas, con dientes triangulares o falciformes de los que deriva el sobrenombre de "diente de león".

*Taraxacum sp.*, Buitrago de la Sierra, Mayo 2002.

Las flores, todas liguladas, son de color amarillo-dorado intenso. Los capítulos se presentan solitarios en un tallo desnudo de 15-35 cm de altura. No es una especie única, más bien se trata de un grupo complejo con numerosas estirpes. Se encuentra en el suelo del bosque caducifolio, en prados silvestres y en ambientes ruderales. En la Comunidad de Madrid florece de marzo a mayo.



Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. En visión polar, circular. En visión ecuatorial, hexagonal. Tamaño mediano.  $P = E = 31-45 \mu\text{m}$ . Exina de  $4-8 \mu\text{m}$ . Espinas situadas en crestas que delimitan lagunas. Espinas de  $1-2 \mu\text{m}$  de longitud.



El polen de *Taraxacum sp.* aparece representado en la mayoría de las mieles de la Comunidad de Madrid, generalmente como aislado esporádico (<3% sedimento).

Miel multifloral de bosque,  
La Pedriza, cosecha 2001.



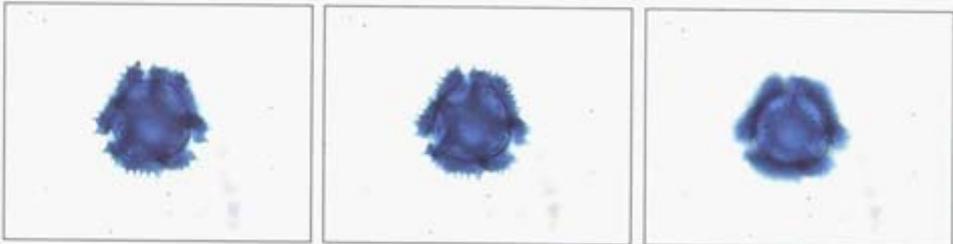
Palinoteca de la Sierra de Madrid  
**Achicoria**  
*Cichorium intybus* L.



*Cichorium intybus* L., Alcalá de Henares, Junio de 2001

Familia: Compuestas.

Planta herbácea, vivaz, ramificada desde la base. Tallos duros y rígidos, angulosos. Muy pocas hojas, aparentan desnudos, con diferencias entre las basales (muy lobuladas) y las superiores (lanceoladas). Flores liguladas, de color azul añil, con la ligula terminada en cinco dientes. Floración veraniega (Junio-Septiembre). Bordes de caminos, secanos, terrenos incultos.



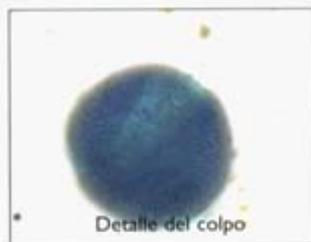
Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. En visión polar, hexagonal. En visión ecuatorial, circular, esférico o ligeramente elipsoidal.  $P = E = 33-43 \mu\text{m}$ . Tamaño mediano a grande. Polen "tipo dinete de león" (*Taraxacum*), con las espinas dispuestas sobre crestas de la exina, formando lagunas.

La exina, baculada, puede llegar a ser muy gruesa,  $> 5 \mu\text{m}$ . Espinas de  $2.5 - 5 \mu\text{m}$ .

*Convolvulus arvensis* L., Alcalá de Henares, Junio 2001

Familia: Convolvuláceas

Planta herbácea vivaz, caracterizada por la presencia de tallos herbáceos rastreros o trepadores, que crecen enrollándose en otras plantas, postes, vallas, etc. Las hojas tienen forma de flecha, y se presentan alternas en el tallo. Las flores, grandes, generalmente blancas, solitarias y con una característica forma de embudo, son muy evidentes. A veces pueden aparecer rosadas o manchadas de púrpura. Floración veraniega, de Mayo-Junio a Septiembre. Bordes de caminos, terrenos incultos, setos, tierras de labor.



Polen 3-zonocolporado (en general; a veces pueden aparecer hasta 4-6 poros). Colpos amplios y con restos de exina. Isopolar, con simetría radial. En visión polar, circular a triángulo-circular. En visión ecuatorial, circular a elíptico.  $P = E = 46-70 \mu\text{m}$ . Tamaño mediano a grande. Exina claramente baculada, de  $3-4 \mu\text{m}$  de espesor. Ornamentación granulosa.



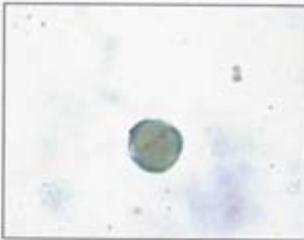
Palinoteca de la Sierra de Madrid  
**Jaramago, jaramago amarillo**  
*Diplotaxis virgata* (Cav.) DC.



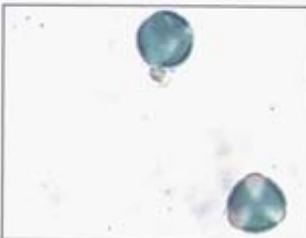
*Diplotaxis virgata* (Cav.) DC., Guadalix de la Sierra, Mayo de 2001

Familia: Crucíferas.

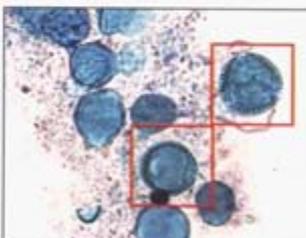
Planta herbácea anual, ramificada desde la base, con una altura de hasta 50-60 cm. Tallos largos, flexibles, terminados en una inflorescencia por cada ramificación. Flores de cuatro pétalos dispuestos en cruz, de color amarillo oro intenso. Floración primavera: Abril-Mayo. Extraordinariamente común, crece en bordes de caminos, terrenos incultos, y como mala hierba en cultivos de cereal y otros.



Polen con bastante variación en tamaño según las poblaciones de la especie. Estérco o ligeramente elipsoidal, con  $P = E = 24-32 \mu\text{m}$ . La vista polar es circular o triángulo circular, la vista ecuatorial es circular o ligeramente elíptica. Tamaño pequeño a mediano. Tricolpados, con surcos ANCHOS y SIN MARGENES CONTINUOS (carácter identificativo). Superficie claramente reticulada, con muros generalmente discontinuos. Las mallas del retículo superan  $1.5 \mu\text{m}$  de anchura. Exina de  $1-2 \mu\text{m}$  de espesor, baculada.



*Diplotaxis* sp. en una miel de viborera Colmenar Viejo, cosecha 2001



*Diplotaxis* sp. en una miel de zarza Valdepiélagos, cosecha 2001

El polen de *Diplotaxis* sp. es muy frecuente en las mieles de la Comunidad de Madrid, de las que entra a formar parte, habitualmente, como aislado importante (3-16% del sedimento polínico nectarífero) o como aislado esporádico (<3%).



*Diplotaxis erucoides* (L.) DC. Torres de la Ladera, Mayo 2002

Familia: Crucíferas.

Planta herbácea anual, con una altura de hasta 40-50 cm. Tallos largos, flexibles, terminados en una inflorescencia por cada ramificación. Flores de cuatro pétalos dispuestos en cruz, de color blanco. Floración primaveral: Marzo-Abril. Extraordinariamente común, crece en bordes de caminos, terrenos incultos, y como mala hierba en cultivos de cereal y otros.



Polen muy parecido al de *D. virgata*, por lo que se clasifican como "tipo *Diplotaxis*". Estérico o ligeramente elipsoidal, con  $P = E = 25-30 \mu\text{m}$ . La vista polar es circular o triángulo circular, la vista ecuatorial es circular o ligeramente elíptica. Tamaño pequeño a mediano. Tricolpados, con surcos ANCHOS y SIN MARGENES CONTINUOS (carácter identificativo). Superficie claramente reticulada, con muros generalmente discontinuos. Las mallas del retículo superan  $1.5 \mu\text{m}$  de anchura, pudiendo alcanzar los  $3 \mu\text{m}$ . Exina de  $1-2 \mu\text{m}$  de espesor, baculada.





Palinoteca de la Sierra de Madrid  
**Brezo blanco**  
*Erica arborea* L.



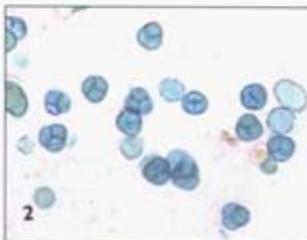
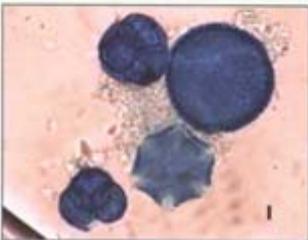
Familia: Ericáceas.

Sobre zonas silíceas. Planta arbus-tiva, ramificada desde la base, con ramillas pilosas. Puede alcan-zar hasta 1-1.5 m. de altura. Las hojas son densas, estrechas y line-ales. Flores con corola de unos 5 mm, muy numerosas y de color blanco. Florece desde marzo hasta mayo. Aparece en zonas de matorral y pinar.

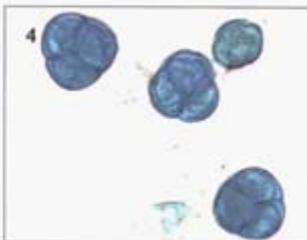
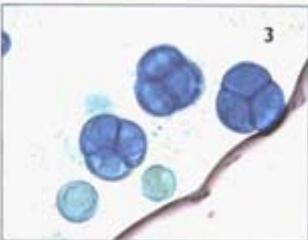
*Erica arborea* L. Puerto de Canencia, Mayo de 2001.



Granos de polen agrupados en tétradas (CARÁCTER DISTINTIVO DE LA FAMILIA). La tétrada es, en este caso, ligeramente lobulada, con un diámetro de 26-35  $\mu\text{m}$ . Tamaño mediano. Tetracolporados, aunque normalmente no se aprecian bien los poros. Exina lisa, sin columelas apreciables. Espesor de la exina 1.8-2  $\mu\text{m}$ . Ornamentación prácticamente lisa.



La producción de miel monofloral de brezo de la Comunidad de Madrid se concentra en los municipios de la zona noreste: Montejo, La Hiruela, Prádena, Berzosa, Robledillo, El Atazar.....



Miel multifloral con brezo. Foto 1, objetivo 100x. Patones, cosecha 2000.

Miel de brezo. Prádena del Rincón. Foto 2: cosecha 2001, objetivo 20x. Fotos 3 y 4: cosecha 2000, objetivo 100x.



Palinoteca de la Sierra de Madrid

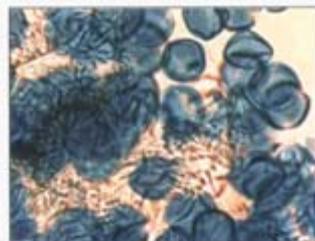
### Gordolobo

*Verbascum thapsus* L.



Familia: Escrofulariáceas.  
Planta arbustiva, bianual, con un largo tallo floral de hasta 1 m de altura. Hojas dispuestas hacia arriba en la parte inferior del tallo. Flores situadas en la mitad superior del mismo, sobre ramas también dirigidas hacia arriba, pequeñas, pentapétalas, de color amarillo intenso y con estambres y anteras de color anaranjado, muy evidentes. Bordes de caminos, terrenos incultos.

*Verbascum thapsus* L., Guadalix de la Sierra, Mayo de 2001.



Polen 3-zonocolporado. Isopolar, simetría radial. En visión polar, circular a triángulo-circular. En visión ecuatorial, circular a cortamente elíptico. Colpos muy evidentes, con borde liso. Exina no baculada, ornamentación de la exina granulosa.

El "gordolobo" es citado por los apicultores madrileños como planta visitada por las abejas. Sus granos de polen son, no obstante, muy infrecuentes en la miel, en la que aparecen como una curiosidad esporádica.



Palinoteca de la Sierra de Madrid

**Encina****Quercus ilex L.**

Familia: Fagáceas.

Arbol de tamaño mediano, que alcanza entre 3 y 20 m. de altura en su óptimo desarrollo. Muy ramificado, con la corteza agrietada, oscura. Posee hojas muy abundantes, pequeñas, perennes, coriáceas, de forma oval alargada y con fuertes dientes espinosos. La floración masculina se produce en amentos, muy numerosos, en los meses de Abril-Mayo. Las flores femeninas, aisladas, originarán bellotas, rodeadas en su base por una copa formada por pequeñas escamas imbricadas.

La encina se encuentra muy difundida, aunque la acción antrópica en la Comunidad de Madrid ha reducido enormemente su área de expansión. Es el árbol representativo por excelencia del bosque mediterráneo. La encina es productora de miel de mielato

Quercus ilex L., Puentes Viejas, Mayo 2002



Visión polar

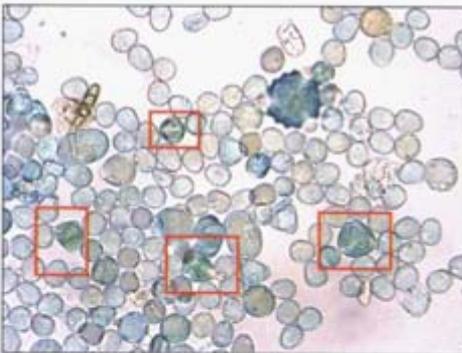


Visión ecuatorial

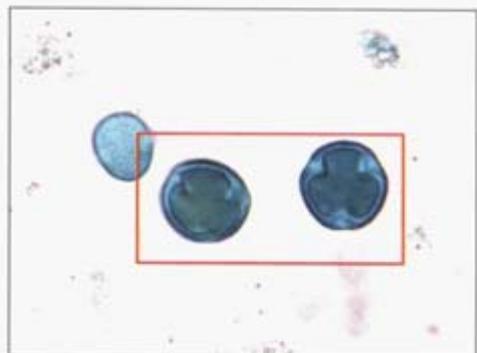


Visión ecuatorial

Polen 3-zonocolporado, prácticamente isopolar, con simetría radial. Los poros son muy difíciles de apreciar bajo el microscopio óptico. En visión polar, triangular-angulaperturado. En visión ecuatorial, circular o ligeramente elíptico. Posee tres lóbulos muy marcados. Tamaño pequeño a mediano: P = 20-34  $\mu\text{m}$ , E = 18-30  $\mu\text{m}$ . Exina no baculada, de 2  $\mu\text{m}$  de espesor. La ornamentación es finamente granulosa.



Polen de Quercus ilex en una miel de viborera. Serranillos, cosecha 2000. Objetivo 20 x.



Polen de Quercus ilex en una miel de viborera con mielato. Colmenar Viejo, cosecha 2001. Objetivo 100x.



Palinoteca de la Sierra de Madrid

**Roble, roble melojo**  
***Quercus pyrenaica* Willd.**



Familia: Fagáceas

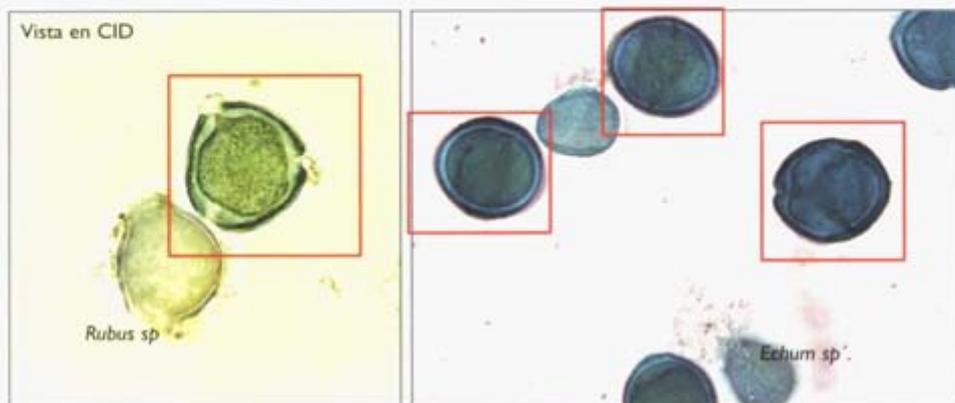
Árbol de tronco derecho y corteza cenicienta o pardo-grisácea, que se va agrietando a medida que el árbol crece. Alcanza una altura máxima de 20 m. Hojas caducas, alternas y marcescentes. Tienen peciolo corto y están divididas en profundos lóbulos, irregulares, que a veces alcanzan el nervio central. Las flores son unisexuales. La floración masculina es en amentos colgantes, muy evidentes, y la femenina en involucros solitarios. El fruto es una bellota con cúpula. Florece de Mayo a Junio. Forma grandes masas en la Comunidad de Madrid, desde los 1.700 m de altura hasta la rampa. Han sufrido mucha alteración humana, por el aprovechamiento de la madera para leña.

Abundante productor de mielato, sobre todo en los meses de Junio y, especialmente, Julio

*Quercus pyrenaica* Willd. Somosierra, Junio 2001



Polen 3-zonocolporado, prácticamente isopolar, con simetría radial. En visión polar, circular, angulocaperturado. En visión ecuatorial, elíptico a casi circular. Tamaño de pequeño a mediano. P = 25-35  $\mu\text{m}$ . E = 23-35  $\mu\text{m}$ . Exina no baculada, de 2  $\mu\text{m}$  de espesor. Ornamentación granulosa o verrugosa.



Miel de viborera con abundante polen de *Q. pyrenaica*. Colmenar Viejo, cosechas 2000 y 2001



Palinoteca de la Sierra de Madrid

**Romero*****Rosmarinus officinalis* L.**

Familia: Labiadas.

Arbusto leñoso, de altura comprendida entre 0.5 y 1.5 m.

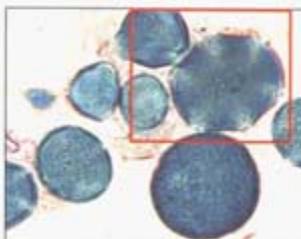
Hojas perennes, lanceoladas alargadas, finas y coriáceas, opuestas, muy abundantes, con el envés más claro. Flores pequeñas, de color violeta. Corola dividida en dos labios. Muy aromático. Florece de Marzo a Septiembre. Lugares secos, zonas áridas, bordes de caminos. Una gran productora de néctar.

Polen hexacolpado, con simetría bilateral. En vista polar, hexagonal; en vista ecuatorial, elíptica u oblonga. Tamaño mediano a grande, con  $P = 34-46 \mu\text{m}$  y  $E = 42-55 \mu\text{m}$ . Exina con columelas apreciables (baculada), de espesor  $1.5 \mu\text{m}$ . Superficie reticulada. PLACA POLAR (apocolpo) PEQUEÑA: los surcos penetran hasta  $2/3$  del radio en la vista polar. Colpos con restos de exina.

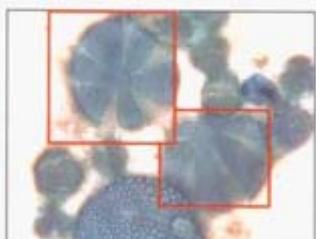
Barras: Fotos 1 y 3,  $50 \mu\text{m}$   
Fotos 2 y 4,  $25 \mu\text{m}$



Miel de romero  
El Atazar, cosecha 2001 (obj. 20x)



Romero en una miel multifloral  
Patones, cosecha 2001 (obj. 100x)



Romero en una miel multifloral  
El Vellón, cosecha 2001 (obj. 100x)



Palinoteca de la Sierra de Madrid

### Cantueso

*Lavandula stoechas* L. ssp. *pedunculata*



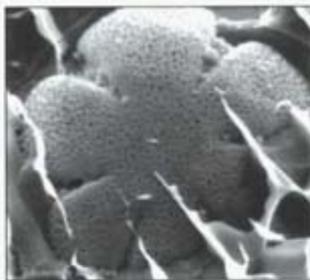
Familia: Labiadas.  
Planta arbustiva, frecuente en la Comunidad de Madrid. Normalmente forma matorral de aspecto redondeado, extenso, de unos 50-70 cm de altura. Hojas perennes, lineares o ligeramente lanceoladas, verde claro a verde amarillento.

*Lavandula stoechas* L. Puerto de Canencia, Mayo 2001. El Berrueco, mayo 2002.

Presenta raíz pivotante y tallos cuadrangulares. Muy ramificada. En el extremo de los tallos se forman las flores, agrupadas en inflorescencias compactas semejantes a una espiga. En el extremo de las inflorescencias aparecen unas brácteas estériles y violáceas muy características. Floración en Abril-Junio. Crece sobre sustrato silíceo en compañía de diversas especies de jaras. Es muy aromática y una buena productora de néctar.

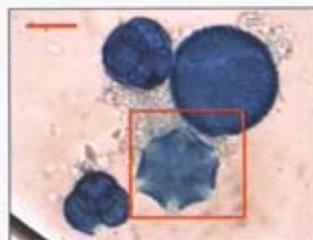


*Lavandula stoechas* L.  
Visión polar en DIC  
(Miel de viborera, cosecha 2000)  
Barra = 25  $\mu$ m

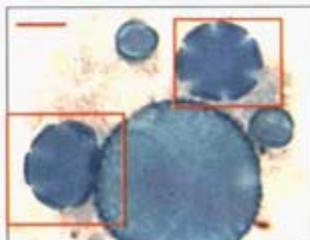


*Lavandula stoechas* L.  
Visión polar en criomicroscopía de barrido  
(Miel de cantueso, cosecha 2000)  
Barra = 10  $\mu$ m

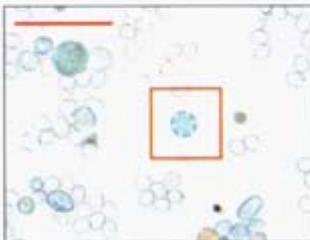
Polen hexacolpado, con simetría bilateral. En visión polar, hexagonal regular o muy ligeramente alargado. En visión ecuatorial, elíptico. Tamaño mediano, con P = 24-30  $\mu$ m y E = 32-35  $\mu$ m. Exina de espesor superior a 1.5  $\mu$ m. PLACA POLAR (apocolpo) GRANDE: los colpos penetran hasta 1/2 del radio en vista polar. Colpos sin restos de exina.



L. stoechas en una miel multifloral Patones, cosecha 2001  
Objetivo: 100x Barra = 25  $\mu$ m



L. stoechas en una miel de labiadas El Vellón, cosecha 2001  
Objetivo: 100x Barra = 25  $\mu$ m



L. stoechas en una miel de viborera Serranillos, cosecha 2000  
Objetivo: 20x Barra = 100  $\mu$ m



Palinoteca de la Sierra de Madrid  
**Tomillo salsero y Mejorana**  
*Thymus zygis* L., *Thymus mastichina* L.

Familia: Labiadas

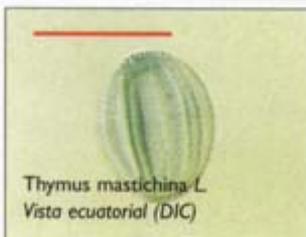
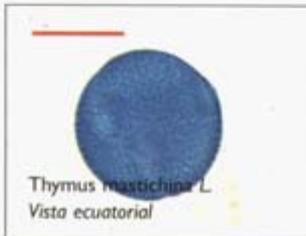
Plantas arbustivas, frecuentes en la Comunidad de Madrid formando matorrales sobre sustratos ácidos. Muy aromáticos. Terrenos soleados y pedregosos. Floración en Abril-Junio. Se incluyen juntas por pertenecer al mismo género *Thymus* y por las similitudes de su morfología polínica.

El tomillo salsero o aceitunero (*T. zygis*) es un subarbusto de tallos muy ramificados, leñosos, generalmente extendido por el suelo (< 30 cm de altura). Hojas pequeñas, de formas variables (romboides, elípticas...). Flores de color rosa, se reúnen en el extremo del tallo formando espigas.

La mejorana (*T. mastichina*) presenta numerosas similitudes con el tomillo salsero, si bien en general los tallos son más erectos. Las flores, terminales y también agrupadas en espigas, son de color blanco verdoso.

Polen tipo romero, con vista polar hexagonal o subhexagonal, y vista ecuatorial elíptica. Placa polar pequeña. Colpos con restos de exina. Tamaño mediano a grande, con  $P = 23-30 \mu\text{m}$  y  $E = 30-40 \mu\text{m}$ .

Barras =  $25 \mu\text{m}$



Polen de *Thymus* sp. en una miel de labiadas y zarza. Patanes, cosecha 2001.





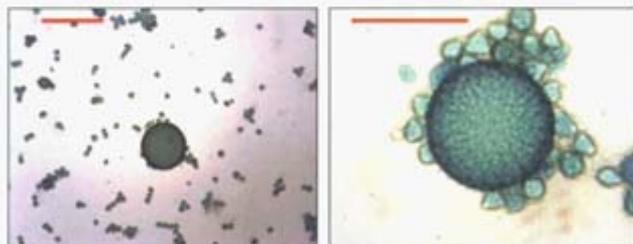
Palinoteca de la Sierra de Madrid

**Malva*****Malva sylvestris* L.***Malva sylvestris* L. Pontón de la Oliva, Patones, Mayo 2001.

Familia: Malváceas. Planta herbácea anual o bianual, erecta, de hasta 1.5 m de altura. Hojas pecioladas largamente, alternas, redondeadas o acorazonadas, lobuladas y dentadas, densamente tomentosas por el envés. Flores pentapétalas, de color rosa malváceo, con tres o cuatro líneas de tono violáceo más marcado. Pétalos con una suave hendidura central. Aparecen en inflorescencias axilares. Floración muy evidente, de abril a junio. Terrenos baldíos, bordes de caminos y carreteras.



Polen polipantoporado, apolar, con simetría radial. Forma circular en cualquiera de las visiones. Tamaño grande a muy grande, con un diámetro de 83-102  $\mu\text{m}$ . Aperturas simples de tipo poro, de 2-3  $\mu\text{m}$  de diámetro y forma circular. Exina de 5-9  $\mu\text{m}$ , perforada, con gránulos y espinas. Las espinas no tienen un ensanchamiento amplio en la base. El polen de *Lavatera cretica* es muy similar pero algo superior en tamaño, con diámetro 95-120  $\mu\text{m}$ .



Malvacea en una miel de mielato con zarza.  
Miraflores, cosecha 2001. Barras = 100  $\mu\text{m}$ .

La mayor parte de las especies de malváceas son visitadas por las abejas, a las que suministran polen. Sin embargo, al no formar grandes masas de vegetación, se reduce su importancia apícola. La presencia de polen de malva en una miel se reconoce inmediatamente por su forma esférica y su gran tamaño.



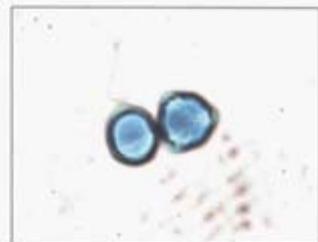
Palinoteca de la Sierra de Madrid

**Amapola*****Papaver rhoeas* L.**

Familia: Papaveráceas

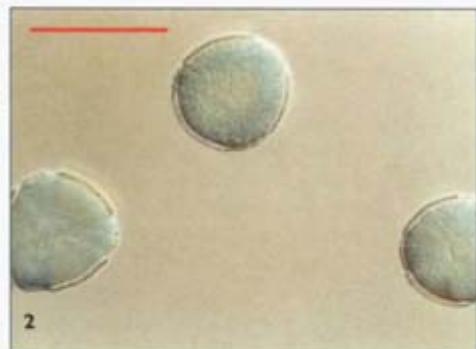
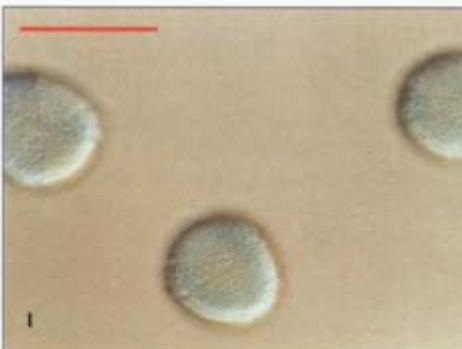
Hierba anual, con tallo piloso y erguido. Altura de 15 a 50 cm. Hojas velloosas y divididas. Flores grandes, con numerosos estambres negros y cuatro pétalos de intenso color rojo, a veces con una mancha negra en la base. Fruto en cápsula, cubierta por un disco.

Florece de Abril a Julio. Terrenos baldíos, abandonados, antiguos cultivos, terraplenes. Nitrófila.



Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. Presenta RESTOS DE EXINA EN LOS SURCOS. En visión polar, circular-triangular a circular. E = 20-25  $\mu\text{m}$ . En visión ecuatorial, elíptico a circular. P = 28-35  $\mu\text{m}$ . Tamaño pequeño a mediano. Exina no baculada, < 1  $\mu\text{m}$  de espesor. Superficie escabrosa-verrugosa, con protuberancias inferiores a 1  $\mu\text{m}$  de anchura.

La amapola suministra polen abundante pero no es nectarífera. Sus granos de polen aparecen en las mieles de Madrid generalmente como aislado esporádico (<3%) .



Visión en DIC.

Foto 1: Detalle de los restos de exina en los surcos. Foto 2: Detalle del espesor de la exina. Barras = 25  $\mu\text{m}$ .



*Retama sphaerocarpa* L. Pontón de la Oliva, Mayo 2001.

Familia: Papilionáceas (Leguminosas)

Planta arbustiva, de aspecto muy ramificado. Alcanza hasta los 2 m de altura. Numerosas ramas erectas y flexibles sobre las que se encuentran escasas hojas, de forma lineal lanceolada. Flores amarillas, típicas de la familia y con el cáliz bilabiado profundamente bifido. Fruto en legumbre ovoide. Florece de Febrero a Mayo. Matorral ligado al encinar y a su degradación. En la Comunidad de Madrid, sobre las formaciones de rampa.



Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. En visión polar, circular o ligeramente triangular, con  $E = 18-25 \mu\text{m}$ . En visión ecuatorial, ligeramente elíptico, con  $P = 18-23 \mu\text{m}$ . Tamaño pequeño. Ectoaperturas tipo colpo, terminales (llegan hasta los polos). Endoaperturas tipo poro, lalaongadas. Exina de  $1-1.5 \mu\text{m}$ , con ornamentación finamente reticulada, aparentando lisa.

Con frecuencia hay diferencias en el tamaño de los granos de polen de distintas poblaciones de una misma especie, hecho éste que complica todavía más la clasificación de los granos de polen de todos estos matorrales, tipo genistas o piornos. Aunque el polen de dichos matorrales aparece con frecuencia en las mieles, y las madrileñas no son una excepción, únicamente unos pocos taxones producen néctar. Precisamente *Retama sphaerocarpa* presenta bastante interés melífero.



Palinoteca de la Sierra de Madrid

**Escoba o piorno blanco***Cytisus multiflorus* L'Hér.*Cytisus multiflorus* L'Hér. El Berrueco, Abril de 2002

Familia: Papilionáceas (Leguminosas).

Planta arbustiva, con ramas flexibles y erectas, pilosas cuando jóvenes y luego glabras. Alcanza hasta 3 m de altura. Hojas con corto peciolo, trifoliadas en las hojas basales y unifoliadas en las superiores. No es muy frecuente en la Comunidad de Madrid. Es el único piorno de flotes blancas, que presentan corola típica de la familia y estandarte glabro. Aparecen en grupos de 1-3 en las axilas de las hojas. Floración de Febrero a Junio. Aparece como matorral de degradación del bosque de encina y sobre sustrato ácido (zona de rampa madrileña).

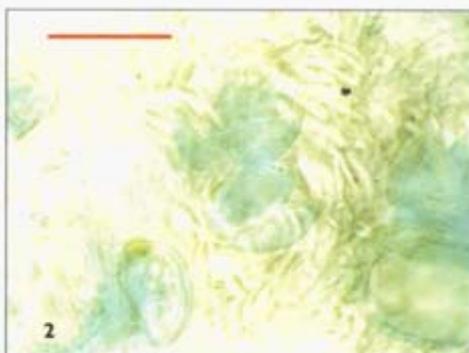
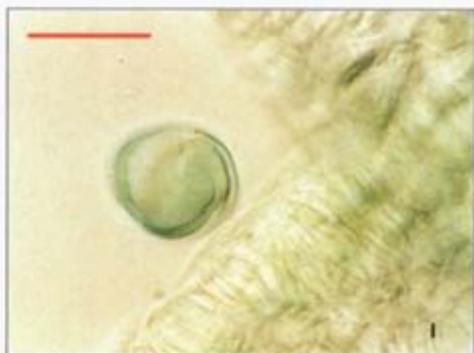


Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. En visión polar, circular a sub-triangular anguloaperturado, con  $E = 14-26 \mu\text{m}$ . En visión ecuatorial, elíptico, con  $P = 15-31 \mu\text{m}$ . Tamaño pequeño a mediano. Exina no baculada, de  $1 \mu\text{m}$  de espesor. Ornamentación finamente granulosa, aparenta lisa.

*Cytisus purgans* L. Puerto de Canencia, Mayo 2001

Familia: Papilionáceas (Leguminosas).

Planta arbustiva, muy ramificada. Alcanza 30-100 cm de altura. En exposiciones poco protegidas adopta forma semiesférica. Las hojas inferiores presentan tres folíolos y las superiores, uno. Tienen forma lanceolada y el envés más o menos pubescente. Las flores son olorosas, con la típica corola papilionácea de color amarillo vivo, y el cáliz muy piloso. Fruto en legumbre. Coloniza las partes altas de la Sierra, en laderas secas y pedregosas, sobre terreno silíceo.



Polen de *Cytisus purgans* en observación en CID, liberándose de la antera (1) y en el interior de la misma (2)  
Barras = 25  $\mu\text{m}$ .

Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. En visión polar, circular a subtriangular, con  $E = 15-25 \mu\text{m}$ . En visión ecuatorial, elíptico, con  $P = 15-31 \mu\text{m}$ . Tamaño pequeño a mediano. Exina no baculada, de 1  $\mu\text{m}$  de espesor. Ornamentación finamente granulosa, aparenta lisa.



Palinoteca de la Sierra de Madrid  
**Escoba o retama blanca, escobón**  
*Genista florida* L.



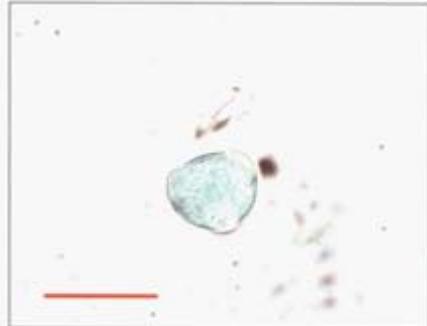
Familia: Papilionáceas (Leguminosas).

Planta arbustiva, sin espinas, con tallos erectos, largos y flexibles. Alcanza hasta 3 m de altura. Hojas oblongo-lanceoladas, pilosas y con peciolo corto. Abundante floración en racimos, con flores de color amarillo intenso, corola papilionácea típica y quilla pubescente. Fruto en legumbre alargada y pilosa. Floración más tardía, de Mayo a Junio.

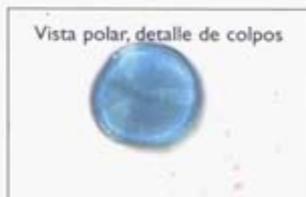
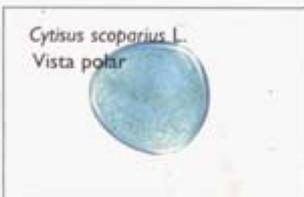
Aparece en matorrales y piornales de la rampa y parte baja de la Sierra de Madrid, sobre sustrato acidófilo.

*Genista florida* L., Miraflores de la Sierra, Mayo de 2001.

Polen 3-zonocolporado, con simetría radial, isopolar. En visión polar, subcircular a circular-triangular, con  $P = 14-30 \mu\text{m}$ . En visión ecuatorial, circular a elíptico, con  $E = 14-30 \mu\text{m}$ . Tamaño de pequeño a mediano. Exina de  $1 \mu\text{m}$  de espesor y ornamentación finamente granulosa.



Otro tipo de polen relacionado con los anteriores es el de *Cytisus scoparius* (L.) Link, abundante sobre terrenos silíceos de toda España y también representado en la Comunidad de Madrid. Presenta grandes flores amarillo dorado, reunidas en inflorescencias terminales. La principal diferencia radica en el tamaño del grano de polen, con  $E = 25-35 \mu\text{m}$ .





Palinoteca de la Sierra de Madrid

**Alfalfas y Tréboles: trébol blanco, trébol rosa**  
*Medicago sp.*, *Trifolium repens L.*, *Trifolium pratense L.*

Familia: Papilionáceas (Leguminosas). Plantas herbáceas, anuales, constituyentes de praderas. Flores evidentes, globosas, constituidas por inflorescencias de pequeñas flores típicamente papilionáceas. Hojas trifoliadas. Fruto en legumbre. Floración larga, de mayo a julio. Frecuentes en los pastizales madrileños, ubicados sobre las zonas preserranas y serranas.



*Trifolium pratense L.*  
Somasierra, Mayo de 2002

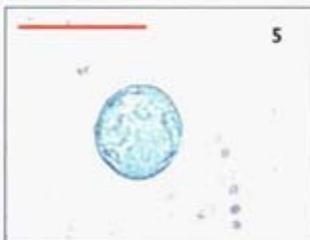
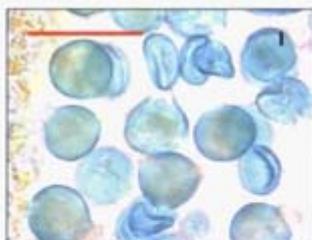


*Trifolium sp. L.*  
Puerto de Canencia, Mayo 2002



*Trifolium repens L.*  
Somasierra, Mayo 2002.

Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. Se clasifican como "tipo *Medicago*". En visión polar, triángulo-circular a circular, con  $E = 22-26 \mu\text{m}$ . En visión ecuatorial, circular o ligeramente elíptico, con  $P = 24-30$  (*Trifolium*) o  $30-35$  (*Medicago*)  $\mu\text{m}$ . Tamaño pequeño, exina no baculada, psilada (aparenta casi lisa). Aparecen como acompañantes (16-45%) o aislados importantes (3-16%) en las mieles madrileñas.



Fotos 1, 2, 3: *Trifolium repens L.* Foto 1: liberándose de la antera. Fotos 2 y 3: vista polar. Fotos 4, 5, 6: *Medicago sp.* Foto 4: entre restos de anteras. Foto 5: vista casi polar. Foto 6: vista casi ecuatorial. Barras:  $50 \mu\text{m}$ .



Palinoteca de la Sierra de Madrid

Veza

*Vicia sp.*

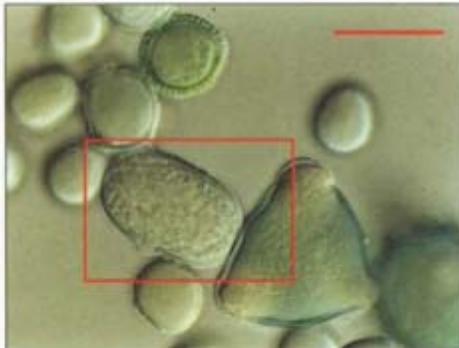
Familia: Papilionáceas (Leguminosas).

Planta herbácea anual, ramificada, tendida, con zarcillos ramificados, que alcanza 25-50 cm. Las hojas poseen 5-10 pares de folíolos oblongos o elípticos, obtusos o agudos. Estípulas triangulares.

Flores generalmente axilares y solitarias, con corola papilionácea de varios colores: amarilla, blanca, violácea, dependiendo de la especie. Fruto en legumbre. Floración en Abril-Mayo. Terrenos baldíos, bordes de caminos, pastos.



Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. Poros bien definidos, elípticos u oblongos, generalmente sobresaliendo de la anchura de los colpos, que a veces no se aprecian bien. En visión polar, circular con  $E = 15-26 \mu\text{m}$ . En visión ecuatorial, elíptico con  $P = 27-42 \mu\text{m}$ . Tamaño mediano, muy rara vez pequeño. Exina no baculada, de 1-2  $\mu\text{m}$  de espesor, finamente reticulada o foveolada.



El polen de *Vicia sp.* aparece con relativa frecuencia en las mieles madrileñas, formando parte de una base floral común a las mieles de nuestra región. Su frecuencia de aparición en el sedimento polínico lo clasifica generalmente como aislado importante (3-16%), si bien con porcentajes bajos.

*Vicia sp.* en una miel de viborera en observación en CID, Rio Guadarrama, cosecha 2001. Barra = 20  $\mu\text{m}$ .

Palinoteca de la Sierra de Madrid  
**Rosa, rosa silvestre, rosa canina, escaramujo**  
*Rosa canina* L.



*Rosa canina* L., Puerto de Canencia, Mayo de 2001.

Familia: Rosáceas.

Planta arbustiva, perenne, de hasta 2 m de altura. Tallos color verde, sarmentosos y colgantes, con agujones fuertes y curvados. Hojas compuestas con 2 o 3 pares de folíolos dentados ovales. Flores solitarias o agrupadas en corimbos de hasta cuatro, de color rosado o blanco, de 4-5 cm de diámetro, con numerosos estambres. Fruto de hasta 2 cm de color rojo fuerte: "escaramujo". Florece de Mayo a Septiembre. Bosques, setos y bordes de caminos. Muy típica del matorral madrileño.



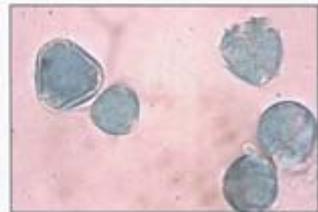
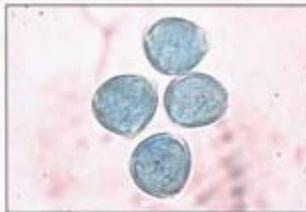
Polen 3-zonocolporado, aunque a veces no se aprecian bien los surcos, aparentando ser o bien triporados con poros alargados, o bien tricolpados con surcos anchos. Granos esféricos o ligeramente oblatos. Vista polar circular o triángulo circular, con  $E = 20-30 \mu\text{m}$ . Vista ecuatorial circular o cortamente elíptica, con  $P = 27-45 \mu\text{m}$ . Exina de  $1 \mu\text{m}$  de espesor, no baculada, con superficie finamente granulosa o casi lisa. Los granos de polen de *Rosa* sp. son extraordinariamente parecidos a los de *Rubus* sp. (zarzas) por lo que se clasifican conjuntamente como "tipo Rubus".



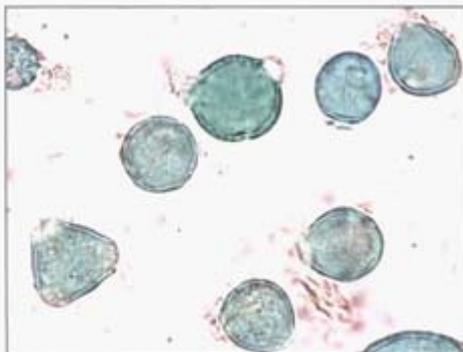
Palinoteca de la Sierra de Madrid

**Zarza***Rubus ulmifolius* Schott, *Rubus* sp.*Rubus* sp., Miraflores de la Sierra, Mayo de 2001

Planta arbustiva, perenne, con tallos pilosos y provistos de fuertes agujones curvados, de hasta 4 m de altura. Hojas con el haz verde y el envés tomentoso-blanquecino, compuestas por 3-7 folíolos redondeados y dentados. Flores pentapétalas, de color rosado-violáceo o blanco, sépalos grisáceos y numerosos estambres, agrupadas en inflorescencias tipo panícula. Fruto en polidrupa carnosa y brillante. Florece de Mayo a Septiembre. Muy común en ribezos y cunetas húmedas.



Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. Surco y poro de cada abertura bien desarrollado. En visión polar, semiangular a subcircular, con  $E = 18-26 \mu\text{m}$ . En visión ecuatorial, elíptico, con  $P = 20-27 \mu\text{m}$ . Tamaño pequeño. Exina de  $1.5 \mu\text{m}$  de espesor, finamente granulosa, aparentando lisa. Muy parecido al del género *Rosa*, se clasifican como "tipo *Rubus*". En ambos géneros existen variaciones en los tamaños de los granos de diferentes poblaciones, lo que complica aún más su clasificación.



El polen de *Rosa* y *Rubus* constituye, junto con la viborera, algunas labiadas y las leguminosas, la principal base floral nectarífera de las mieles madrileñas. Las mencionadas especies y géneros se alternan en importancia en las diferentes cosechas, predominando unos años la monofloralidad de tipo zarza y otros la de la viborera.

Muy frecuentemente, las mieles de zarza/rosa madrileñas aparecen mezcladas con mielatos, dando lugar a mieles aromáticas, oscuras, fluidas y poco empalagosas.

Miel de zarza, Móstoles, cosecha 2001

Palinoteca de la Sierra de Madrid

**Frutales: Almendro, Ciruelo, Manzano, otros**

**Género *Prunus* (frutal de hueso)**

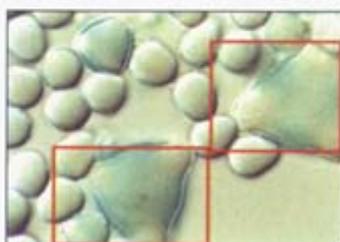
***Malus domestica* y *Pyrus communis* (frutales de pepita)**



*Prunus dulcis* (Miller) D.A. Webb

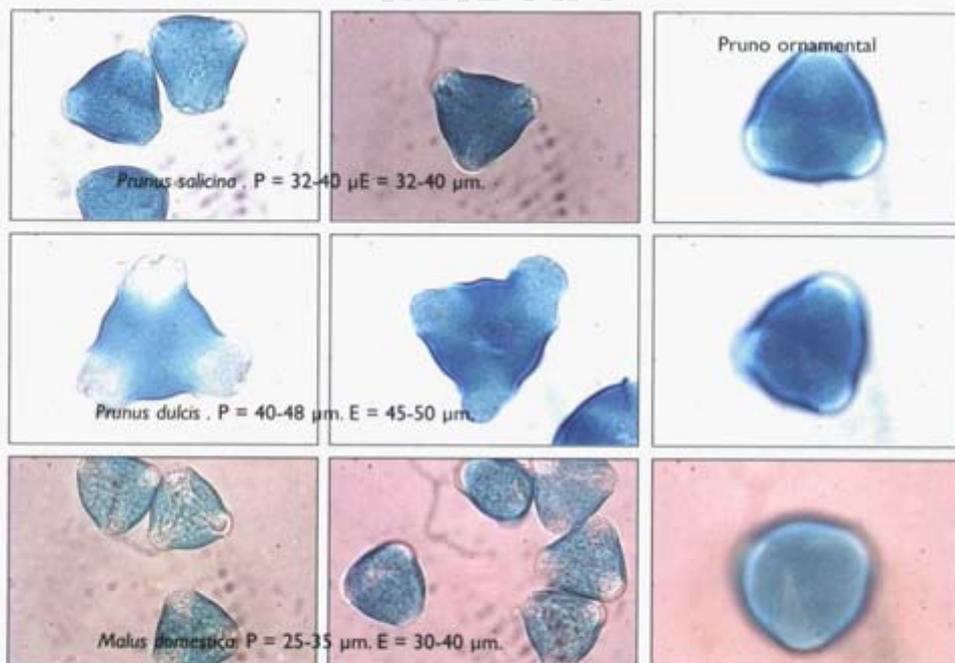
Familia: Rosáceas

Esta familia tiene una gran importancia apícola en España, con representantes tan importantes como las zarzas y rosales silvestres y los frutales de hueso y pepita. De éstos, los más importantes en las mieles madrileñas son el almendro (*Prunus dulcis* (Miller) D.A. Webb, el manzano (*Malus domestica* Borkh.) y algunos ciruelos (*Prunus domestica*, *Prunus salicina*).



*Prunus* sp. en una miel de viborera

En general la diferenciación entre especies es muy difícil, por lo que el polen se suele clasificar como "tipo *Prunus*" o "tipo *Pyrus*", según que la abertura del poro no ocupe / sí ocupe la mayor parte de la abertura del grano.



Polen 3-zonocolporado. Granos esféricos o ligeramente oblatos, con vista polar circular o triángulo circular, y vista ecuatorial circular o ligeramente elíptica. Exina de hasta 1 µm de espesor, estriada (tipo *Prunus*) o granulosa (tipo *Pyrus*).

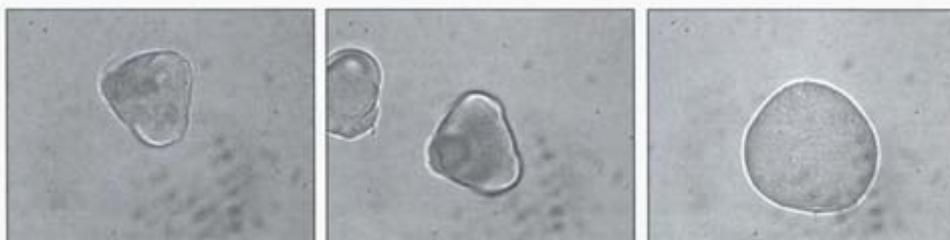


Palinoteca de la Sierra de Madrid

Majuelo

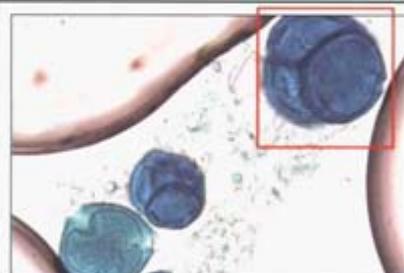
*Crataegus monogyna* Jacq.*Crataegus monogyna* Jacq. Aoslos, Mayo de 2002.

Familia: Rosáceas. Planta arbustiva, muy ramificada, de altura muy variable (1-10 m de altura). Los ejemplares de la Comunidad de Madrid no suelen ser de desarrollo excesivo. Hojas caducas, pecioladas y de color verde brillante, divididas en 3-5 lóbulos con nervios convergentes. Flores blancas pequeñas, típicamente rosáceas, pentapétalas, de color blanco y con abundantes estambres. Se presentan en inflorescencias tipo corimbo. Frutos "tipo escaramujo", globosos, de color rojo y con hueso. Floración en Mayo-Junio. Claros de bosques de encina, setos, borduras.



Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. En visión polar, circular a sub-triangular, con  $E = 26-36 \mu\text{m}$ . En visión ecuatorial, elíptico, con  $P = 23-46 \mu\text{m}$ . Exina bien desarrollada, superior a  $2 \mu\text{m}$  de espesor y con ornamentación granulosa o finamente estriada, bastante característica.

Palinoteca de la Sierra de Madrid  
**OTROS POLENES OBSERVADOS  
 EN LAS MIELES DE MADRID (I)**



Madroño

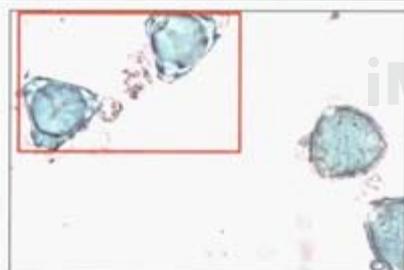
***Arbutus unedo L.***

Familia: Ericáceas.

El madroño, árbol típico mediterráneo y símbolo de la Comunidad de Madrid, crece en terrenos frescos y sueltos y entre matorral de degradación de bosques.

*Polen de Arbutus unedo L. en una miel de brezo. Prádena del Rincón, cosecha 2000.*

Polen en tétradas tetraédricas, regulares, casi esféricas. Tamaño grande, diámetro 45-60  $\mu\text{m}$ . Cada grano es 3-zonocolporado (no se aprecia bien), con diámetro de 30-40  $\mu\text{m}$ . Exina de 1.5  $\mu\text{m}$  de espesor. Superficie prácticamente lisa.



Eucalipto

***Eucaliptus sp.***

Familia: Mirtáceas

La miel de eucalipto no se contempla dentro de las "propias" de la Comunidad de Madrid. Sin embargo, sus granos aparecen en algunas mieles de la zona centro y existe producción de monofloral de eucalipto en Las Rozas, curiosamente gracias al arbolado de una urbanización.

*Polen de Eucaliptus sp. en una miel de zarza. Valdepiélagos, cosecha 2001.*

Polen oblado (plano). Vista polar triangular o triángulo-circular, con escotaduras en los vértices y  $E = 25-30 \mu\text{m}$ . Vista ecuatorial elíptica, con  $P = 18-22 \mu\text{m}$ . Exina de 1  $\mu\text{m}$  de espesor, salvo en los vértices que es más gruesa. Superficie prácticamente lisa.



Falsa acacia

***Robinia pseudoacacia L.***

Familia: Papilionáceas (Leguminosas).

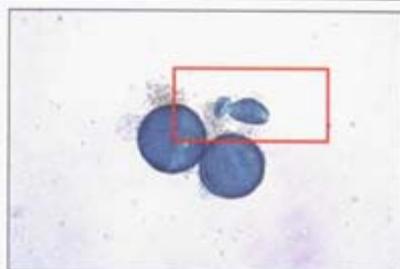
Árbol ornamental, en algunas zonas subespontánea.

Hojas con folíolos, flores blancas papilionáceas.

Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. En visión polar, circular, con  $E = 23-31 \mu\text{m}$ . En visión ecuatorial, elíptico, con  $P = 32-41 \mu\text{m}$ . Tamaño mediano. Exina de 1-2  $\mu\text{m}$ , psilada.



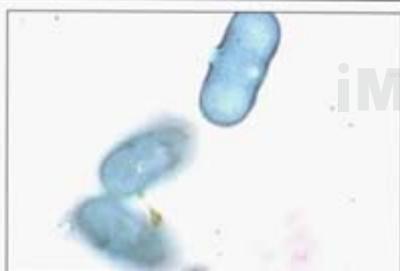
Palinoteca de la Sierra de Madrid  
**OTROS POLENES OBSERVADOS  
 EN LAS MIELES DE MADRID (II)**



Polen de *Allium sp.* en una miel multifloral con mielato. El Atazar, cosecha 2001.

Ajo silvestre  
***Allium sp.***

Familia: Liliáceas  
 Polen mono-anasalcado, heteropolar, con simetría bilateral. En visión ecuatorial, planoconvexo. En visión polar, elíptico. Tamaño grande, con  $P = 26-35 \mu\text{m}$ . Exina rugulada-perforada.



Polen de *Thapsia villosa L.*

Cardo corredor, Candileja, otros  
***Eryngium campestre L.*,  
*Thapsia villosa L.*, otros**

Familia: Umbelíferas.  
 Polen simple, trizonocolporado, isopolar, con simetría radial. En visión ecuatorial, rectangular convexo, con  $P = 26-35$  (*Eryngium*) o  $32-47$  (*Thapsia*)  $\mu\text{m}$ . En visión polar, circular, con  $E = 14-26$  (*Eryngium*) o  $17-22$  (*Thapsia*)  $\mu\text{m}$ . Ectoaperturas tipo colpo, terminales. Endoaperturas tipo poro, alargadas. Exina psilada (lisa) a perforada (*Eryngium*) o rugulada (*Thapsia*).



Pino  
***Pinus sp.***

Familia: Pináceas.  
 La familia se caracteriza por presentar polen simple, heteropolar, con simetría bilateral, con un cuerpo planoconvexo y DOS SACOS AERÍFEROS característicos, casi circulares. Tamaño mediano a grande, con  $P = 26-52 \mu\text{m}$  y  $E = 45-80 \mu\text{m}$ .







INSTITUTO MADRILEÑO DE INVESTIGACIÓN  
AGRARIA Y ALIMENTARIA