

# MIELES Y PÓLENES

Francisco del Baño Breis



Palinoteca de la Región de Murcia









**MIELES**  
**Y**  
**PÓLENES**

**Palinoteca de la Región de Murcia**



# MIELES Y PÓLENES

## Palinoteca de la Región de Murcia

**Francisco del Baño Breis**

Miembro de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española  
(APLE)

Catedrático Honorario del Instituto «Vicente Medina»

Departamento de Biología Vegetal  
Facultad de Biología  
Universidad de Murcia

MURCIA 2000



**Región de Murcia**  
Consejería de Agricultura,  
Agua y Medio Ambiente

© Francisco del Baño Breis  
© Comunidad Autónoma de la Región de Murcia  
Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente  
Depósito Legal: MU-751-2000  
Fotocomposición: CompoRapid  
Impresión: Imprenta Regional





*A mi querida esposa Josefina,  
que desde su ausencia  
(12-11-79) hace presencia*



# SUMARIO

---

<b>1. LA MIEL</b> .....	11
1.1. Introducción .....	13
1.2. La Colmena .....	14
1.3. Los mielatos .....	19
1.4. «Mieles» curiosas .....	21
1.5. La transformación del néctar en miel .....	26
1.6. Algunas características de la miel .....	32
1.7. Los principales tipos de miel y mielatos .....	33
1.7.1. Miel artesanal .....	36
1.7.2. Mieles cristalizadas .....	37
1.7.3. Mieles cremosas .....	38
1.7.4. Mieles tóxicas .....	39
1.8. Criterios de calidad para la miel .....	40
<b>2. LA FLOR DE LAS ANGIOSPERMAS</b> .....	43
2.1. Descripción de la Flor .....	45
2.2. Formación de los granos de polen .....	48
2.3. El estado de tétrada .....	50
2.4. El grano de polen maduro .....	54
<b>3. ANÁLISIS MELISOPALINOLÓGICO</b> .....	59
3.1. Introducción .....	61
3.2. Palinoteca de referencia .....	61
3.2.1. Recogida del material .....	62
3.2.2. Manipulación físico-química .....	66
3.2.3. Acetolisis .....	67

3.2.4. Parámetros polínicos .....	69
3.2.5. Taxones encontrados .....	70
<b>4. EL SEDIMENTO DE LA MIEL .....</b>	<b>91</b>
4.1. El sedimento de la miel .....	93
4.1.1. Impurezas microscópicas .....	93
4.1.2. Espectro polínico .....	97
4.1.3. Riqueza polínica .....	99
4.1.4. Valoración volumétrica .....	101
4.2. Composición centesimal y fuentes florales .....	101
4.3. Marcadores polínicos de algunas mieles del Mundo .....	104
<b>5. GLOSARIO .....</b>	<b>117</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>125</b>

1. LA MIEL



## 1.1. INTRODUCCIÓN

La miel floral es una sustancia viscosa, generalmente amarillenta y muy dulce, que producen las abejas transformando en su estómago el jugo de las flores, y devolviéndolo por la boca para llenar con él los panales y que sirva de alimento a las crías. Este jugo, de sabor dulce, llamado néctar, es una solución acuosa de varios azúcares (y otras sustancias), contenido en la savia de las plantas; su grado de concentración determinan la cantidad y la calidad de la miel.

La historia de la miel es larga y fascinante, y nuestro conocimiento se ha enriquecido por recientes investigaciones de la antropología y la arqueología.

La mayoría de las civilizaciones primitivas tenían la miel en alta estima, y consideraban sagradas la miel y las abejas. De hecho, las abejas ya estaban haciendo miel mucho antes de que existiera el hombre, y es casi seguro que éste disfrutó de la miel desde los principios de su existencia pues, quizá, se dedicara a la «caza» de miel, como de otros alimentos. Posteriormente, en muchas partes del mundo, la caza de la miel fue sustituida por la apicultura, oficio que permaneció casi sin cambios durante cientos de años, lo que abrió el camino para que se estableciera la miel como producto de consumo mundial.

La miel, alimento que han estado produciendo las abejas durante veinte millones de años, es ahora recogido por máquinas y transportado por todo el mundo, aprovechando su saludable propiedad de no «echarse a perder» como la mayoría de los alimentos, pues sigue siendo comestible después de décadas. En el Museo de Agricultura de Dokki, en Egipto, se conservan recipientes con miel de tumbas del Nuevo Imperio, datados hacia el 1400 a.C. Ha sido precisamente en España, y más concretamente

en las Cuevas de la Araña en Bicorp (Valencia) (fig. 1) donde, según Crane (1990), aparecieron las primeras referencias de la recolección de miel en unas pinturas rupestres que datan del mesolítico (unos 6.000 años).



Fig. 1.- La apicultura se practica en España desde la Prehistoria, según demuestra este fragmento de pintura rupestre en Bicorp (Valencia) que representa un recogedor de miel en lo alto de un árbol. (De Rallo, 1986).

La mayor parte de la miel que se produce en el planeta está elaborada por la abeja doméstica. Esta abeja fue clasificada por Linneo, y apareció por primera vez en su libro «Sistema Nature» (1758) clasificada como *Apis mellifera*. El mismo Linneo cambió más tarde (en 1761) la clasificación por la de *Apis mellifica* que consideraba más correcta (*mellifera* significa en realidad «abeja que lleva la miel», mientras *mellifica* significa «abeja que hace la miel»). Sin embargo, esta nueva denominación fue anulada por la «Internacional Nomenclature Comisión», que no permitía cambios en los nombres tras un día de ser aplicados. Por ello el nombre oficial actual es, según Crane (1990) y Ruttner (1988), el de *Apis mellifera*.

## 1.2. LA COLMENA

Muy conocidas, y hasta populares, son muchas de las obras dedicadas a la descripción de la vida de este insecto *melífico*. Algunas, como las de Maeterlinck (1929), son verdaderos trabajos literarios muy sugestivos, y otras como las de Forel (1923), sin perder su característica científica,



están llenas de consideraciones filosóficas y éticas, sugeridas del análisis de la vida social de estos seres. Sin embargo, no hemos de hacer aquí una descripción detallada de sus sociedades o colmenas, sino únicamente un resumen o indicación de sus principales particularidades.

En una colmena muy rica y poblada, las obreras pueden alcanzar el número de 100.000; ordinariamente son menos, pero sin descender de 8 ó 10 millares; los machos pueden pasar de un millar. Morfológicamente son muy distintas estas tres clases de individuos; la reina es algo mayor y con el abdomen mucho más prolongado que el de las obreras; sus tarsos posteriores no tienen el aparato recolector del polen tan característico de éstas; los machos son de cuerpo más grueso y más densamente veloso que las obreras, con ojos compuestos más grandes que las de éstas. Entre reinas y obreras existen otras notables diferencias, sin contar las referentes al aparato sexual femenino, como son ojos con menor número de facetas, antenas con no tantas fosetas sensoriales y ganglios nerviosos más reducidos en la reina que en las obreras (pág. 29).

Todo el trabajo en la colmena es realizado por las obreras; la reina se limita a la puesta de huevos y los machos no desempeñan otra función que la de la cópula o fecundación de las jóvenes reinas.

La construcción de los panales la realizan las obreras colocándose una fila de ellas pendiente del techo de la colmena, en el que se sujetan por sus extremidades anteriores; sobre esta fila se apoya otra, sobre ésta una tercera, etc., hasta formar una verdadera cortina de abejas que permanecen así inmóviles 10 o 15 horas. Con sus patas posteriores recogen la cera que segregan por la región ventral de los anillos abdominales y, una a una, van separándose del racimo, manipulan su cera con las mandíbulas y la fijan en el techo, volviendo a su sitio en la cortina viviente. Poco a poco, aquel depósito de cera viene a constituir, por las sucesivas agregaciones de cada obrera empleada en este trabajo, una lámina o tabique vertical pendiente del techo. A uno y otro lado de esta lámina, comienzan enseguida a construir las celdillas y para ello la excavan y moldean con tal arte, que con una economía máxima de materia elaboran las celdillas exagonales, con fondo de pirámides triedras, de tal modo dispuestas, que las caras próximas de estas pirámides de tres celdas adjuntas vienen a formar el fondo de una celdilla del lado opuesto. El cálculo matemático demuestra que tal disposición es la que realiza un mayor aprovechamiento del espacio, con el mínimo de gasto de cera. Sucesivamente, a medida

que la colmena los va necesitando, son construidos otros panales, paralelos al primero, y separados sólo por el espacio necesario para la circulación entre ellos.

Desde que queda construido el primer panal, muchas obreras se dedican a recolectar polen y néctar y a fabricar miel. La miel que no es inmediatamente consumida, la almacenan en celdillas del panal que, una vez llenas, tapan con una ligera capa de cera; también acumulan polen en otros alveolos.

La reina, inmediatamente que tiene las celdillas dispuestas para ello, comienza a depositar huevos, uno en cada celda, para esto empieza por examinarla, introduciendo en ella su cabeza, después sale, introduce el abdomen y deposita un huevo; pasa a otra celdilla y repite la operación, y así puede poner más de 2.000 huevos por día. En toda esta labor va siempre rodeada de un círculo de obreras, que nunca la abandonan, siguiéndola por todas partes sin volverle jamás la espalda; así que marchan atrás, adelante o lateralmente, según la dirección que toma la reina. Esta corte de obreras, que vigila constantemente a la hembra, se ocupa también de alimentarla, dándole en abundancia la *jalea real*, alimento especial destinado a ella, y la mantiene siempre sometida a las conveniencias de la sociedad; pero jamás actúan por la fuerza y parece que le profesan un verdadero respeto.

Los huevos puestos en las celdillas estrechas, son huevos fecundados que van a producir obreras; los que ponen en celdillas más anchas no están fecundados y se desarrollan partenogenéticamente, dando lugar únicamente a machos. Como las celdas en que se depositan los huevos fecundados son más estrechas, al introducir en ellas el abdomen la reina, este abdomen es comprimido y ello determina la contracción de la bolsa seminal o espermática, con la consiguiente salida de espermatozoos, uno de los cuales fecunda el óvulo a su paso. En las celdas anchas, el abdomen no resulta comprimido y la bolsa seminal no se contrae, pasando el óvulo sin encontrar espermatozoos. Claro es que no se trata de un simple efecto de aquella ligera presión del abdomen, sino que esta presión provoca los reflejos de contracción de las paredes de la bolsa seminal.

A los tres días de puesto, la cubierta del huevo se rompe y sale la larva. Las larvas son alimentadas con miel y polen por las obreras, que cuidan de ellas, llevándoles el alimento a medida que lo necesitan. Su

crecimiento es rápido. A los cinco días de nacida en las obreras y a los seis en los machos, la larva se dispone a pasar a ninfa, se rodea de un fino capullo de seda y experimenta una muda, empleando en ello ocho días en los machos y seis en las hembras; permanece después siete días en estado de ninfa, saliendo luego del alveolo convertida en insecto perfecto.

En el momento de surgir el insecto perfecto, es débil, pero las obreras lo acarician y le dan miel, y enseguida, si se trata de una obrera, comienza a ocuparse de los trabajos de la colmena. Al principio no hace más que la limpieza de las celdas y duerme en ellas mucho tiempo; pero ya al tercer día se dedica a alimentar larvas, llevándoles miel y polen de las celdas en que estas sustancias se almacenan, y realiza los trabajos ordinarios de limpieza y ventilación. Ya desde el sexto día sus glándulas faríngeas segregan la sustancia llamada *jalea*, empleada en el régimen alimenticio de las larvas y, cuando ya tiene dos semanas, inicia su salida de la colmena, comenzando por asomarse a la entrada y emprender después unos ligeros vuelos alrededor, que les sirven para fijar bien su orientación, pero sin alejarse; recibe a su llegada a las compañeras que vienen de recolectar, las alivia de su carga, que lleva a los almacenes, establece vigilancia a la puerta de la colmena para impedir la entrada de intrusos, arroja al exterior los residuos o desechos, etc. En esta época es cuando producen más cera y se dedican a la construcción de panales. Cuando ya tiene tres semanas sale al exterior para recolectar polen y néctar y aprovisionar el nido. Al principio se aleja poco, pero muy pronto extiende su área de exploración a un círculo de unos 5 km de radio de la colmena. Esta actividad recolectora dura dos semanas, al cabo de las cuales es ya vieja, sus alas están desgarradas y pronto muere. Una obrera, pues, vive solamente unas seis semanas. Durante ellas ejecuta los más variados trabajos necesarios para la comunidad, sin mostrar nunca pereza ni fatiga y actuando en cada momento en la faena conveniente para la buena marcha de la sociedad (fig. 9).

Los machos, que reciben el nombre vulgar de zánganos, no toman parte alguna en los trabajos de la colmena; permanecen en ella completamente ociosos, alimentándose de la miel y polen que las obreras almacenan y estorbando a menudo el paso de las activas operarias que van a sus trabajos. Ellos son así mantenidos y tolerados en tanto la sociedad espera puedan ser necesarios para fecundar una reina virgen.

Las hembras fértiles o reinas proceden de huevos fecundados, análogos a los que originan obreras. Dependen solamente del régimen alimenticio a que es sometida la larva el que venga a ser una reina, por el desarrollo completo de los órganos sexuales, o una hembra estéril. Esto, por consiguiente, lo determinan las obreras encargadas de nutrir a las larvas. A las que destinan a reinas las alimentan generalmente con *jalea real*, sustancia nutritiva rica en vitamina E segregada por glándulas perifaríngeas. Este régimen alimenticio determina el desarrollo del ovario y de todo el aparato sexual femenino y, además, abrevia mucho el desarrollo, empleándose sólo cinco días desde que la larva surge del huevo hasta los preliminares de la ninfosis, que dura otros cuatro días, y únicamente tres días en el estado de ninfa. Estas larvas son criadas en celdillas especiales, más grandes y cónicas, que se llaman celdas reales.

Desde el momento en que la reina de una colmena percibe la proximidad de la salida de su celda de una de estas hembras fértiles, cosa que aprecian por un sonido especial que la próxima a nacer emite, se manifiesta en aquella un estado de inquietud particular y antes de que aparezca la recién nacida, la antigua reina y un gran número de obreras que la siguen abandona la colmena, formando un enjambre, y van a fundar en otra parte una nueva sociedad.

La reina virgen, que acaba de nacer y que la marcha de la antigua ha dejado como única hembra fértil de la colmena, es atendida por una serie de obreras, que jamás la abandonan, e inmediatamente se dirige a las otras celdas de reinas, para matar a las ninfas que encierran, clavándoles su aguijón. Pero las obreras que la rodean, obstaculizando sus movimientos, siempre sin emplear la violencia, se lo impiden cuando la colmena es rica y muy poblada o se lo permiten si la comunidad no está en situación tan próspera. En el primer caso, la nueva reina forma otro nuevo enjambre que abandona la colmena, y esta queda para la que va a nacer inmediatamente después; todavía puede formarse un tercer enjambre, pero ello es excepcional.

La reina virgen que, después de la salida de un enjambre, queda en la colmena, necesita ser fecundada. Esto tiene lugar en un día claro y sereno de principios de verano, a media mañana, en pleno sol, sale la reina de la colmena, acompañada de todos los machos y gran número de obreras. Aquélla se lanza hacia arriba, volando con rapidez y ascendiendo cuanto puede, y tras ella vuelan todos los machos de la colmena. Uno de estos,

el más fuerte y de vuelo más sostenido, consigue alcanzarla y, en pleno aire, realiza la cópula. El espermatozoides masculino es recibido por la reina virgen en su bolsa seminal, y rápidamente desciende, llevando adheridos los restos del aparato sexual del macho, que así mutilado muere rápidamente. Abajo, agitadamente, vuelan las obreras y seguida de ellas penetra en la colmena, de donde no volverá a salir nunca o sólo saldrá ya para abandonarla definitivamente a la cabeza de un enjambre. Los machos que no se extravían durante el vuelo, vuelven también a la colmena para continuar allí su vida ociosa, en espera de su suerte futura.

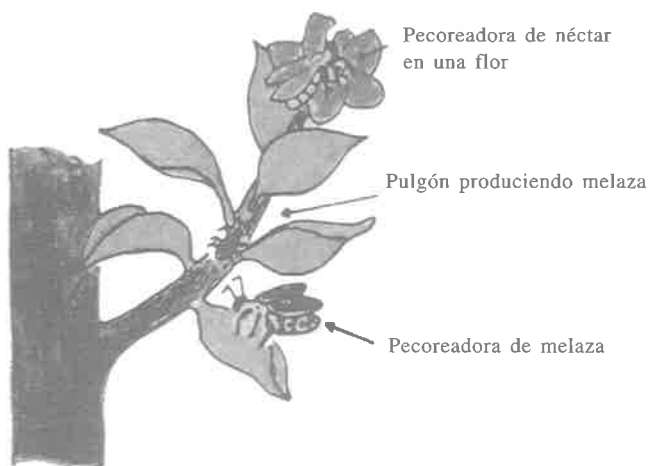
### 1.3. LOS MIELATOS

Aunque la mayor parte de la miel del mundo proviene del néctar, otro tipo de miel muy apreciado en algunos países del noroeste de Europa es la miel de mielato, que se elabora a partir de la savia que circula por los vegetales pero, «colaborando» estrechamente con las abejas, algunos insectos de la clase hemípteros (Rhynchota).

El aparato bucal de estos insectos posee unas piezas o aguijones dispuestas para la perforación de los tejidos que protegen los haces vasculares de las plantas, y unas estructuras para la posterior succión de los jugos, succión que en algunos individuos adultos puede alcanzar los dos microlitros a la hora.

La savia succionada pasa a través del conducto digestivo siguiendo uno de los dos caminos siguientes: del antestomodeo al intestino medio (donde se digiere), y después al postestomodeo (donde es absorbida), o directamente del antestomodeo al postestomodeo a través de unas cavidades donde es filtrada, sin pasar por el intestino medio. Este doble sistema permite al insecto transformar grandes cantidades de un alimento muy diluido; la savia succionada en tres horas puede equivaler a su propio peso o sobrepasarlo varias veces, si el insecto es una larva joven.

El análisis bioquímico de la savia ya digerida, denominada mielada o ligamaza (fig. 2), revela la presencia de enzimas provenientes de las secreciones de las glándulas salivares y del conducto alimentario del insecto. Así, la cantidad de nitrógeno (0,2 a 1,0% de la materia seca) es mucho más alta que en el néctar, y el 70-90% es componente de aminoácidos y amidas. Además, la ligamaza siempre contiene ácidos orgánicos,



*Fig. 2.- La ligamaza es la savia del floema obtenida por algunos pulgones, que después de digerirla la depositan en las hojas, ramitas, etc. en forma de gotitas, y que las abejas posteriormente recolectan.*

especialmente ácido cítrico. Sin embargo, al igual que en el néctar, los carbohidratos constituyen del 90 al 95% de los sólidos. Estos carbohidratos son en su mayoría azúcares, algunos de los cuales no se encuentran originariamente en la savia del floema, sino que fueron sintetizados al pasar ésta por el insecto y gracias a la acción de las enzimas del conducto digestivo y de las glándulas salivares. En ciertos casos la ligamaza contiene alcoholes de glúcidos (dulcitol, sorbitol, inositol, ribitol) y, a veces, fosfatos de azúcares.

En resumen, los mielatos son secreciones de insectos chupadores de savia, como las cochinillas, mosca blanca, pulgones, etc. Depositadas por éstos en forma de pequeñas gotas sobre ciertos lugares de las plantas, son más tarde libadas por las abejas que, a partir de ellas, elaboran un tipo de miel conocida indistintamente como miel de mielato, de bosque, de melaza, de rocío, etc.

Al tener los mielatos un origen animal constituyen una miel no floral y, por tanto, carecen de polen. En cambio, en ella arraigan ciertos microorganismos procedentes del plancton aéreo, como esporas de hongos, algas microscópicas, polvo atmosférico y, a veces, polen anemófilo (Fig. 90). Estos elementos microscópicos, denominados «indicadores de mie-



Fig. 90.- Indicadores de mielatos. Pl, Tejido vegetal; Sp, microsporas; Pru, Prunus, Ca, Castanea; Tri, Trifolium; Spi, esporas de hongos; U, Ulex; Eri, Erica.

lada», están siempre presentes gracias a que las secreciones son depositadas allí donde los microorganismos viven como epifitos.

Son árboles productores de mielatos los álamos, arces, robles, sauces, hayas, olmos, fresnos, avellanos, vides y numerosos frutales. Más adelante se mencionan algunos tipos de miel de mielatos cosechadas en España.

#### 1.4. «MIELES» CURIOSAS

Como apunte anecdótico cabe señalar, que las abejas también recolectan materiales azucarados que no son ni néctar ni otras exudaciones naturales de las plantas cuando llegan a estar a su alcance. Eva Crane —la autora que, curiosamente, comenzó a interesarse por las abejas cuando entre sus regalos de boda encontró un enjambre— relata algunos ejemplos curiosos que aparecen de vez en cuando en las revistas de apicultura, como el de una «miel» rosa proveniente de una fábrica de mermeladas de frambuesa, el de una «miel» proveniente de un establecimiento de trans-

formación de azúcar, incluso «miel» de chocolate de una fábrica de dulces y «miel» de *Coca-Cola* proveniente de las latas vacías dejadas por los turistas en la Torre de Londres.

### Nectarios y néctar

Aunque en la pág 43 dedicamos un capítulo a «La Flor de las Angiospermas», preferimos tratar de los nectarios aquí por su proximidad a las cuestiones que sobre la miel estamos discutiendo.

El órgano vegetal idóneo para segregar néctar es el nectario (fig. 3), tanto si su ubicación es floral como extrafloral. El nectario floral (figs. 4,5 y 6) suele desarrollarse en las proximidades de los sépalos, pétalos, estambres y carpelos, y el extrafloral, generalmente, sobre las hojas,

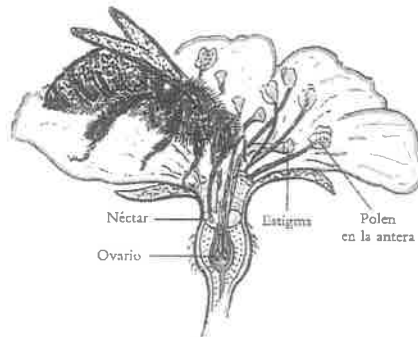


Fig. 3.- Dibujo esquemático del corte transversal de una flor de peral mostrando el disco nectarífero, alcanzado fácilmente por una abeja pecoreadora.

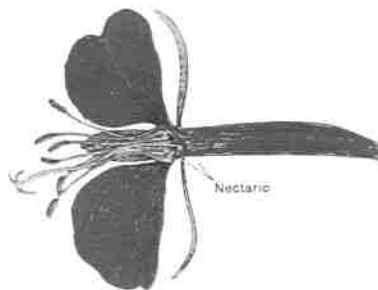
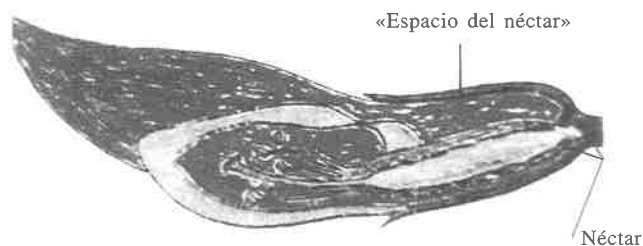


Fig. 4.- Dibujo esquemático del corte transversal de una flor de camenerio (*Chamaenerion angustifolium*), habiéndosele quitado un sépalo, dos pétalos y los estambres adyacentes para mostrar el nectario nupcial en la base de la flor, entre los estambres y la antera.





**Fig. 5.-** Dibujo esquemático del corte transversal de un fóscolo de trébol (*Trifolium repens*), mostrando el nectario nupcial en la base de la flor —que es alargada y estrecha—, entre el pétalo y el tubo estaminal. El néctar secretado sube por el estrecho «espacio del néctar» si no es recogido por una abeja, pudiendo tomarlo entonces un insecto cuya lengua sea muy corta y pueda alcanzar el nectario.



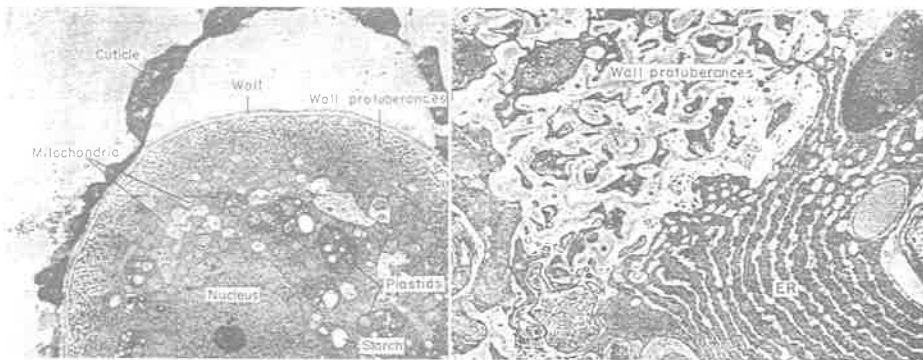
**Fig. 6.-** Cualquier órgano de la planta capaz de segregar néctar recibe el nombre de nectario, tanto si constituye una dependencia floral (nectario nupcial), como si no (nectario extranupcial). Estos últimos se encuentran a veces en las hojas (limbo, peciolo) o en los brotes, en forma de pequeñas excrescencias; los primeros pueden localizarse en el tálamo (disco nectarífero), en los tépalos (*Tritillaria*), en los pétalos (*Ranunculaceae*), en los estambres (*Rheum*) e incluso en los carpelos (*Umbelliferae*).

estípulas y sobre las frondas. Las habas (*Vicia faba* L.) y el algodón (*Gossypium arvense* L.) son ejemplos de plantas con nectarios extraflorales. Sin embargo los nectarios florales no están siempre situados en determinadas partes de la flor sino que su situación depende de la especie de que se trate. Según Ortega Sada (1987), en los tilos (*Tilia* sp) están situados en los sépalos, en el gordolobo (*Vervascum* sp) sobre los pétalos, en la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en el anillo de inserción de los estambres, y en el durillo (*Viburnum tinus* L.) encima de los ovarios; en general suelen quedar bien escondidos tanto para reducir la pérdida de néctar por evaporación o por dilución mediante lluvia como para obligar al insecto polinizador a cepillar las anteras con su cuerpo y a recolectar su carga de polen. No obstante, la existencia comprobada de nectarios en

los helechos, niega su exclusividad a las plantas con flores. Sin embargo, sólo los nectarios florales han adquirido la importante función secundaria de atraer a los insectos polinizadores hacia las flores.

El tejido nectarífero, ordinariamente, está constituido de células pequeñas con núcleo muy destacado, paredes finas, citoplasma granular denso y pequeños vacuolos. Algunas de estas células especializadas en la secreción nectarífera y denominadas *células secretoras* (fig. 7), pueden ser epidérmicas o parenquimáticas y, en cualquier caso, siempre son responsables de la concentración del néctar. De acuerdo con Agthe (1951), la concentración de azúcar en el néctar guarda una ajustada relación con el tipo de tejido vascular que llega al nectarífero. Si aquella es alta, se ha comprobado que los haces conductores que nutren al nectario pertenecen al floema o conjunto de vasos por los que circula la savia elaborada; por el contrario si es baja, los haces correspondientes pertenecen al xilema o conductos por los que se difunde la llamada savia bruta. Algunas veces los nectarios han sido llamados «válvulas de azúcar», porque al secretar principalmente azúcares regulan su concentración en el fluido interno de las plantas.

El mecanismo físico y bioquímico de la secreción nectarífera permanece aún oscuro. Sin embargo son mejor conocidos algunos factores ambientales que influyen en la intensidad y duración de la misma, tales



**Fig. 7.-** Microfotografías con microscopio electrónico de barrido de células secretoras de néctar de *Lonicera japonica*. 1, Célula secretora de un botón floral (x 3.240). 2, Porción de una célula secretora de la flor en el momento de máxima secreción (x 18.000). De Fahh (1974). Cuticle = Cutícula. Mitochondria = Mitocondria. Wall = Pared. Wall protuberance = Protuberancias parietales. Nucleus = Núcleo. Plastids = Plastos. Starch = Almidón. ER = Retículo endoplasmático.

son: las condiciones del suelo, temperatura, luminosidad, humedad, altitud y latitud, variedad agraria (factores hereditarios), etc.. También está confirmada la coincidencia temporal de la máxima exudación del nectario y la antesis o momento de apertura de las anteras para liberar el polen, sincronismo que, por otra parte, pone de manifiesto la eficaz coordinación que existe en la compleja sexualidad de las flores.

El régimen, que los citados factores ambientales determinan en la secreción de néctar por los nectarios, es causa de la mayor importancia para conseguir la atracción de las abejas, el éxito del pecoreo y, por consiguiente, en la producción final de miel.

En los nectarios florales, la cantidad de néctar se mide por el número de miligramos secretados por una flor durante 24 horas, habiendo una correlación positiva entre atracción e intensidad de la secreción. La cantidad de néctar producido (X), por hectárea de plantación, se calcula con la fórmula:

$$X = A. C. n. d$$

siendo: A = coeficiente de cada cultivo; C = miligramos de néctar secretado por flor; n = número medio de flores por pie de planta; d = número de plantas por hectárea.

La composición química del néctar se aproxima bastante a la de la savia que circula por el floema (savia elaborada), y es considerada como una solución acuosa de varios azúcares que constituyen entre el 3 y el 85% del peso total y del 90 al 95% de la materia seca. Además contiene cantidades muy pequeñas de compuestos nitrogenados, minerales, ácidos orgánicos, vitaminas, pigmentos y sustancias aromáticas. El contenido de cenizas se encuentra por debajo del 0,5%, y el de vitaminas también es escaso, no obstante se han encontrado: tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido pantoténico, ácido fólico, biotina, mesoinositol y ácido ascórbico (vitamina C). La mayoría de los néctares son ácidos o neutros (pH de 2,7 a 6,4). aunque hay algunos alcalinos (pH de hasta 9,1). Con arreglo a la tasa de azúcares, los néctares pueden ser clasificados en tres grupos. En el primero, el principal azúcar es la sacarosa. Los néctares del segundo grupo contienen sacarosa, glucosa y levulosa. Los néctares del tercer grupo contienen glucosa y levulosa, más de ésta que de aquella, todo lo cual tiene importantes consecuencias que determinan las características de la miel elaborada con esos néctares.

### 1.5. LA TRANSFORMACIÓN DEL NÉCTAR EN MIEL

La miel es un producto biológico muy complejo, diferente de la materia prima de la que se deriva y harto susceptible de sufrir notables variaciones. Su composición depende, principalmente, de la flora de que procede el néctar y, también, de la influencia que los factores ambientales antes mencionados ejerzan en la zona de producción.

Como el número de factores variables es elevado y por consiguiente el de combinaciones posibles alto, no resulta inverosímil pluralizar y referirse, en general, a mieles, en lugar de miel, e incluso asegurar que «no hay dos mieles iguales».

Sin embargo, es muy frecuente que un determinado tipo de flora dominante, duradera, copiosa, de un paraje concreto, etc., proporcione a las abejas pecoreadoras (fig. 8) una clase de néctar monoespecífico que, al ser transformado en miel, ésta, resulte poseer unas características tan peculiares que la hagan distinguida y apreciada, como es el caso de algunas mieles denominadas monoflorales de reconocida popularidad. Las mieles de azahar de limón y de frutal que se cosechan en la Región de Murcia cumplen estas condiciones (ver epígrafe 4.1.2., pág. 97).

Según Carretero (1989), se considera una miel monofloral respecto a una planta determinada, aquella en la que los granos del polen dominantes que la acompañan alcanzan una frecuencia mayor del 45%, excepto si éstos están hiperrepresentados como en la miel de castaño que entonces

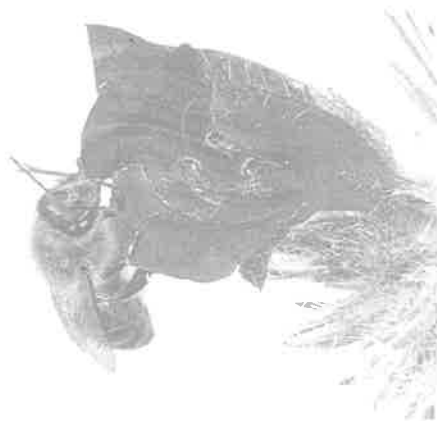


Fig. 8.- Abeja pecoreadora en flor de malva. Foto J. Pereda.

debe ser mayor. Al contrario, este porcentaje debe ser menor, el 20% o menos, si el polen está hiporepresentado como en la miel de azahar.

En la pág 101 exponemos un método para determinar el título de una miel en función de sus fuentes florales, usado actualmente en las transacciones de este producto.

Empero, antes de intentar explicar el «secreto de la miel» –que lo tiene–, veamos algunas peculiaridades anatómicas y fisiológicas de la abeja (figs. 9, 21 y 23).

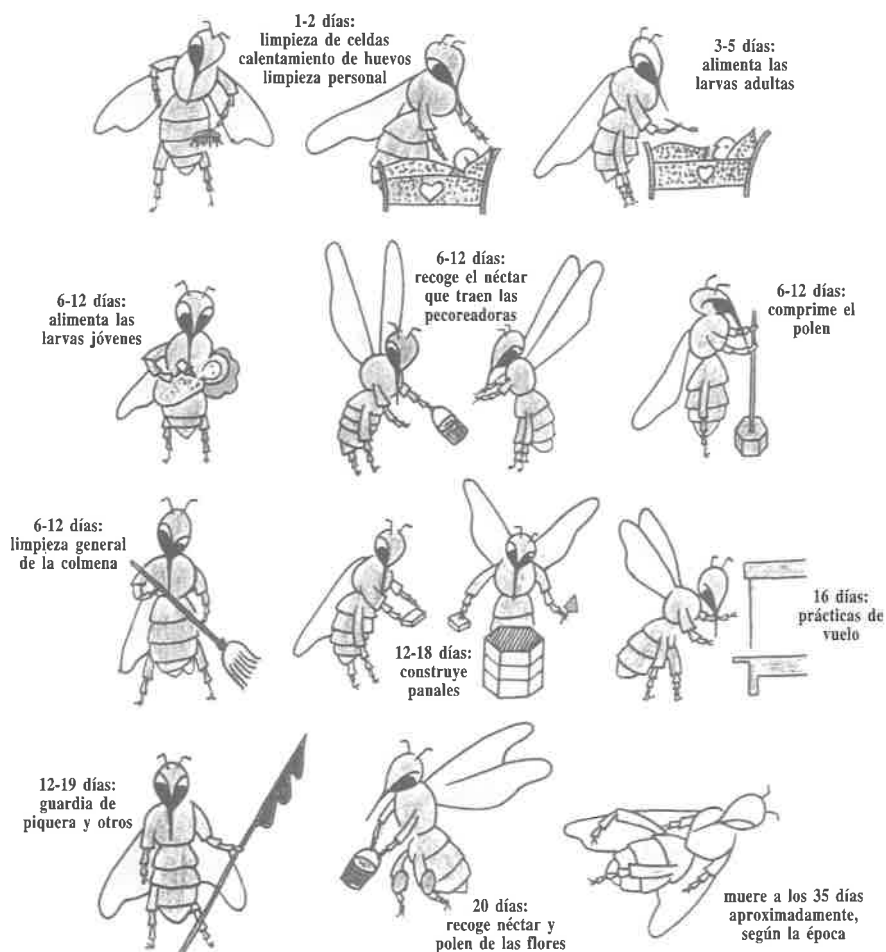


Fig. 9.- Diversificación del trabajo de una abeja melífera obrera según su edad. De Rallo (1987).

La abeja melífica tiene la trompa constituida por cierto número de piezas que corresponden a las maxilas de los insectos mordedores y que, en este caso, están adaptadas para realizar la función de lengua succionadora, con la que lamer el néctar. Está rodeada por los palpos labiales. Las maxilas y los palpos, cuando se unen, forman una especie de tubo que sirve para la aspiración del néctar, actuando la lengua como émbolo en el interior del mismo.

Para orientar sus actuaciones, la abeja melífica tiene muy bien desarrollados los sentidos de la vista, gusto, olfato y tacto. Los ojos de las abejas poseen un campo visual que abarca casi los 360°, por lo que prácticamente es panorámico. El sentido del gusto no lo tiene localizado solamente en la boca, sino también en las antenas y en los tarsos. Por consiguiente, es capaz de distinguir el gusto de los alimentos de forma oral, antenal y tarsal. En términos generales, se puede decir que las abejas se guían desde lejos por los colores y de cerca por el olfato, que se localiza también en las antenas. El sentido del tacto –que parece ser el sentido dominante en la abeja– se halla localizado fundamentalmente en las antenas, aunque se han encontrado pelos sensitivos táctiles en todas las partes del cuerpo.

Otro aspecto interesante es la febril actividad que la abeja pecoreadora desarrolla en la época de máxima floración. Ortega Sada (1987) ha calculado que una abeja puede visitar para conseguir una carga de néctar entre 1.000 y 2.000 flores y puede hacer hasta 20-25 viajes al día. Como término medio podemos prever unos 10 viajes/día, que por 1.000 plantas visitadas en cada uno de ellos arrojan un total –nada despreciable– de 10.000 flores visitadas por abeja y día.

Por consiguiente, una colmena que tenga 50.000 pecoreadoras, durante una floración de 20-25 días, cifras todas ellas bastante normales, habrá visitado a lo largo de este periodo la no desdeñable cifra de más de 1.000 millones de flores. Esta ardorosa actividad, unida al proceso evolutivo de la abeja melífica, le ha conducido a desarrollar un buche de tal tamaño que una pecoreadora puede transportar hasta el 85% de su peso en néctar, siendo lo normal que transporte alrededor del 40%, lo que supone unos 40 miligramos de néctar.

Cuando una abeja pecoreadora llega a la colmena acarreado en su bolsa melífica néctar (o mielato) ya viene diluido con la saliva del insecto.

to. La saliva es rica en secreciones de las glándulas faríngeas, que a su vez contienen las enzimas diastasa, invertasa y glucosidasa, genuinas responsables de la transformación del néctar en miel.

Enseguida veremos algunos detalles químico-físicos de esta transformación, pero antes examinemos la vicisitud que sufre el néctar pecoreado.

La abeja retiene su carga de néctar hasta que encuentra a una abeja joven dispuesta a recibirla; algunas veces le entrega toda la carga a una sola abeja, pero, por lo general, la reparte entre tres o más. Al acercarse una a otra, la pecoreadora abre ampliamente sus mandíbulas y en la superficie superior de la base de su trompa o probóscide aparece una gota de néctar. Entonces, la que recibe, extiende completamente su trompa y lo toma rápidamente. Entre tanto, las patas delanteras y las antenas de ambas se mueven constantemente acariciándose. Muchos autores interpretan estas caricias como fuente de estímulos para aumentar la secreción de enzimas.

Si el flujo de néctar es muy abundante, la abeja receptora puede depositar inmediatamente su carga en una celdilla para ser elaborada después. Si ésta está vacía, la abeja suspende la gota en la superficie superior del interior de la celdilla (en otras palabras, la cuelga para que se seque). Sin embargo, usualmente, la abeja receptora somete primero el néctar a un tratamiento de insalivación en sus partes bucales. Para ello, se va a una zona de la colmena donde no haya muchas abejas y descansa sobre una pared vertical, con la cabeza hacia arriba. Allí, enrolla y desenrolla su trompa muchas veces, exponiendo al aire la pequeña gota de néctar. Después de cinco o diez segundos vuelve a meterse la gota a la boca. Repite todo el proceso, con breves pausas, probablemente durante veinte minutos, después de los cuales deposita su carga en la celdilla. En este proceso el contenido de agua del néctar puede disminuir del 55 al 40% y durante él, recibe las enzimas que necesita para convertirse en miel.

Durante las épocas de abundante floración y flujo de néctar, las abejas aceleran la evaporación por medio del aleteo, originando una corriente de aire entre los panales. En el caso de un néctar concentrado, como el de acacia, es necesario evaporar poca agua, pero para producir un kilogramo de miel de trébol es necesario recolectar más de dos kilogramos de néctar

con 40% de azúcar, o más de cuatro kilogramos de néctar con 20% de azúcar. El néctar con 13% de azúcar o menos es casi inútil para las abejas y de hecho no lo recolectan, salvo al principio de la primavera, cuando necesitan el agua que contiene para diluir la miel almacenada y así poder alimentar a las crías.

Cuando la miel se ha evaporado hasta contener la menor cantidad conveniente de agua, que es de 17 a 20% según la humedad y temperatura atmosférica ambiental, las abejas llenan las celdillas por completo y las tapan, o sea, las sellan con un opérculo de cera hermético, el cual impide que la miel absorba agua (pues es muy higroscópica), evitando así que fermente.

El hecho de que una miel absorba agua si se deja expuesta al aire depende de su propio contenido de agua y del grado de saturación de vapor de agua que posea el aire. El siguiente cuadro tomado de Crane (1985) expresa los correspondientes valores de equilibrio entre ambas humedades.

<b>Humedad relativa del aire (%)</b>	50	55	60	65	70	75	80
<b>% de agua en la miel</b>	15,9	16,8	18,3	20,9	24,2	28,3	33,1

Según él –por ejemplo–, si la humedad relativa del aire es de 60%, las mieles que contengan menos de 18,3% de agua absorberán agua y las que tengan más de 18,3% de agua perderán agua.

Durante el proceso al que las abejas someten el néctar en la colmena, le agregan una enzima que ocasiona ciertos cambios químicos que producen una concentración de azúcar más alta de la que podría lograrse sin la acción de la enzima. Éste es, por así decirlo, el «secreto» de la miel. Esta enzima es la invertasa, la cual, junto con la diastasa y la glucoxidasa, es producida por las glándulas faríngeas, como ya indicamos anteriormente. La invertasa «invierte» –que quiere decir desdobla– la sacarosa (o sucrosa) del alimento recolectado a glucosa (también llamada dextrosa) y levulosa (también llamada fructosa). Al mismo tiempo, se sintetizan ciertos azúcares superiores que, a diferencia de la glucosa y la levulosa, se encuentran en la miel pero no en la sustancia vegetal de la que ésta proviene.

A continuación resumimos las explicaciones de Eva Crane (1985), y



las consecuencias de esta inversión o desdoblamiento de los azúcares complejos en otros más sencillos.

A la temperatura a la que se encuentran los panales en la colmena (30° C), la solubilidad de la glucosa en una solución de levulosa aumenta súbitamente si la concentración de levulosa aumenta a más de 1,5 gramos por gramo de agua. Al ocurrir esto, el gramo de agua es capaz de contener en solución, además de la levulosa, 1,25 gramos de glucosa, lo cual es más del 50% de lo que podría contener una solución de levulosa diluida. Por otra parte, la glucosa no puede alcanzar este grado de solubilidad a temperaturas más altas ni más bajas. Además, la sacarosa no tiene esta propiedad de ser sumamente soluble. Al desdoblar la sacarosa a glucosa y levulosa a la temperatura de la colmena, las abejas producen una solución de azúcares más concentrada que la que podría lograrse por ningún otro método; una solución sobresaturada que contiene solamente alrededor de 18% de agua. Esto tiene dos ventajas muy grandes para las abejas: el alimento que almacenan es resistente a la fermentación, y por ello no se echa a perder, y es una sustancia que tiene un valor energético enorme y ocupa un espacio mínimo.

En la miel madura aún quedan restos de invertasa, y eso hace que la inversión siga realizándose después de que la miel sea extraída de los panales y durante su almacenamiento. Sin embargo, la invertasa es desactivada por el calentamiento.

La diastasa, es otra enzima que recordemos, también es secretada por las glándulas faríngeas de la abeja y a ella se debe la descomposición del almidón. Aún no se ha llegado a comprender con claridad la función que desempeña en la fisiología de la abeja, pero probablemente participa en la digestión del polen. Es más sensible al calor que la invertasa, y esta propiedad hizo en un tiempo que la industria alemana de la miel considerara que un nivel bajo de diastasa en el producto era indicación de que éste había sido calentado en exceso.

La utilidad de la tercera enzima, la glucoxidasa, no se había descubierto hasta hace poco. En soluciones diluidas, esta enzima reacciona con la glucosa formando glucolactona (ácido glucónico, el ácido más abundante en la miel) y peróxido de hidrógeno. El peróxido de hidrógeno, protege la miel contra la descomposición bacteriana hasta que el contenido de azúcar alcanza una concentración suficiente para evitar dicha

descomposición. La glucoxidasa permanece virtualmente inactiva en la miel de densidad normal, pero se vuelve activa en la miel diluida. Gracias al poder bactericida de la glucoxidasa el «pan de polen» también conocido como «pan de abejas» o sea polen amasado con saliva de abeja, néctar y miel también se conserva perfectamente, y está siempre a disposición de las abejas nodrizas para preparar la papilla que sirve de alimento a las crías.

## 1.6. ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA MIEL

Independientemente de su dulzura, el sabor de la miel está estrechamente relacionado con su aroma, y ambas características dependen de cantidades diminutas de sustancias complejas que provienen de sus vegetales de origen. Por ello, las diferentes mieles tienen diferentes aromas y sabores. Sin embargo, un experto –asegura Eva Crane (1985)– es capaz de identificar muchas mieles de una sola fuente floral con sólo probarlas y olerlas. También puede acertar cuáles son las principales plantas de las que proviene una miel elaborada con néctar de varias fuentes florales. No obstante, algunos aromas y sabores son tan dominantes que ocultan a los otros más débiles o evanescentes.

El profesor Gómez Pajuelo (1997), al describir una cata de miel mediante el proceso analítico-sensorial, insiste en realizar una evaluación separada con cada uno de los sentidos.

Así, mediante la vista debemos observar el color, estado de cristalización, limpieza y fluidez.

El color (fig. 10) puede ser indicativo del origen botánico o de la época de producción, y por ello, las mieles oscuras suelen ser de verano-otoño, excepto la de espliego y especialmente si le acompaña ajedrea, mientras que las mieles claras son de primavera. Estas características–dice–, nos permiten descartar ciertas posibilidades, por ejemplo, nunca una miel oscura puede ser de romero, sin embargo es característica de la miel de mielato de encina su tonalidad ámbar extremadamente oscura, casi negra.

Respecto al olor –asegura– debe establecerse una diferenciación entre los aromas captados por la vía nasal directa, a través de la nariz, y los captados por la vía retronasal, percibidos en la boca. Es característico el



*Fig. 10.- El color de la miel puede ser indicativo del origen botánico o de la época de producción (De «Vida Apícola»).*

olor a lavanda, tanto nasal directo como indirecto, de las mieles de esta planta. También es inconfundible de las mieles de eucalipto un olor nasal directo a madera mojada, que se hace más intenso y persistente por vía retronasal.

Al referirse al gusto, aconseja separar del conjunto de sensaciones percibidas en la boca, las debidas al olfato por vía retronasal de las meramente gustativas detectadas con las papilas del mismo nombre. Este procedimiento permite descubrir: un componente amargo en las mieles de brezo, madroño y almendro y una sensación de acidez con las mieles de azahar y lavanda.

Por fin, al referirse al tacto, como se aplica casi exclusivamente a aquellas mieles que están cristalizadas, aconseja colocar una porción de miel en la punta de la lengua y raspar contra el paladar, y de esta manera apreciar si los cristales son grandes o pequeños, angulosos y homogéneos, o apreciar la viscosidad especial de las mieles de biércol que, según el profesor, las diferencia claramente del resto.

## **1.7. LOS PRINCIPALES TIPOS DE MIEL Y MIELATOS**

Los tipos de miel que pueden encontrarse en muchos lugares, y que los lectores podrian muy bien aprender a identificar por su aroma y su sabor, son los siguientes:

- de acacia (*Acacia spp*; fam. *Leguminosae*).
- de nabo (*Brassica napus* L.; fam. *Cruciferae*).

- de romero (*Rosmarinus officinalis* L.; fam. *Labiatae*). Es una de las principales mieles monoflorales españolas, y sus zonas de distribución más representativas son la Comunidad Murciana, Comunidad Valenciana, Aragón, Albacete, Ciudad Real, Cataluña y Jaén. La mejor calidad de miel de romero suele ser la de color más claro. Es una miel de consistencia sólida.
- de azahar (*Citrus spp*; fam. *Rutaceae*). Es otra de las principales mieles monoflorales españolas, y su zona de distribución más importante es la Comunidad Murciana y la Comunidad Valenciana. Miel de tonalidad amarillenta, cuyo aroma recuerda el perfume de los naranjos. Posee un sabor muy delicado.
- de tilo (*Tilia platyphyllos* Scop; fam. *Tiliaceae*). Esta miel puede presentarse en una gama de colores que van del verde al negro, y posee un perfume y sabor muy típicos. No granula.
- de castaño (*Castanea sativa* Miller.; fam. *Fagaceae*). Es de sabor muy fuerte, de color ámbar oscuro y consistencia espesa.
- de tomillo (*Thymus vulgaris* L; fam. *Labiatae*). Miel monofloral española, sus zonas de producción importantes son en las provincias de Almería y Guadalajara. Este tipo de miel es de color amarillo oscuro y posee un sabor fuerte pero agradable.
- de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh; fam. *Mirtaceae*). Miel monofloral española, con zonas de producción en la Comunidad Extremeña y gran parte de la provincia de Huelva. Este tipo de miel es de color pardo oscuro, posee un sabor muy fuerte y un aroma refrescante.
- de brezo (*Erica spp*; fam. *Ericaceae*). Miel monofloral española. Se produce en la Comunidad Extremeña, Salamanca y Ciudad Real. Se cosecha también en grandes extensiones de la región septentrional. Es una miel oscura, tixotrópica (se licua por agitación) y de sabor fuerte.

Las mieles de sabor más delicado y transparentes (cada una con su sabor característico) se citaron al principio; y al final, las más oscuras, más ricas en cenizas (sobre todo de manganeso, hierro y cobre), en acidez total, en azúcares superiores y en maltosa; y más pobres en sacarosa,

glucosa y levulosa. Como apenas contienen dextrinas, no suelen cristalizar mucho, y en general suelen ser de sabor más fuerte y más aromáticas, salvando en estas últimas evaluaciones el alto grado de subjetividad que las mismas encierran.

En general, los componentes más agradables del aroma son los que tienen puntos de ebullición bajos, o sea, los más evanescentes. Por eso el sabor y el aroma son óptimos en el momento en que la miel se saca de la colmena, bien como miel de panal (que se comercializa en su «envoltura» de origen), bien como miel de extracción (escurrido, centrifugado o prensado). Al parecer, los componentes que tienen puntos de ebullición más altos (entre ellos el HMF, hidroximetil-furfural) son los causantes del aroma característico de la miel en general.

Otras mieles de las denominadas monoflorales, españolas, también muy apreciadas e importantes, son las siguientes:

- de Albaida (*Anthyllis cytisoides* L.; fam. *Leguminosae*). Según Peris (1984) en Almería es frecuente, aunque también se cosecha en gran parte del Sureste Peninsular.
- de alfalfa (*Medicago sativa* L.; fam. *Leguminosae*). Según Espada (1984) abunda en amplias zonas de la Comunidad Catalana y también en Aragón.
- de biercol (*Calluna vulgaris* (L.) Hull; fam. *Ericaceae*). Según Peris (1984) en Burgos, Soria y Guadalajara es corriente encontrarla.
- de cantueso (*Lavandula stoechas* L. y *Lavandula pedunculata* (Miller) Cav.; fam. *Labiatae*). Según Gómez Pajuelo (1979) la segunda de las especies citadas es la base principal de la miel de cantueso, frecuente en Extremadura, Toledo, Ciudad Real y Comunidad Valenciana.
- de espliego (*Lavandula latifolia* Medicus; fam. *Labiatae*). Según Herrera (1985) este tipo de miel se cosecha en amplias zonas de la mitad oriental de España.
- de girasol (*Helianthus annuus* L.; fam. *Compositae*). Según Domínguez et al (1984) es la que se produce en la mayor parte de España.

Para conocer el porcentaje de néctar de una especie **X**, presente en una miel acreditada como monofloral, se aplica la siguiente fórmula:

$$Q (X) = P (X) / K (X) \cdot 100$$

En la cual **Q** es el porcentaje buscado; **P**, el número de granos de polen de la especie investigada presentes en 1 gramo de miel; y **K** es el coeficiente característico de la especie, igual al número de granos de polen por gramo de miel (pág 100).

Finalmente, también gozan de reputación y aprecio otras mieles españolas, que proceden de mielatos (pág 19) y no de néctar floral. Son las siguientes:

- de encina (*Quercus ilex* - *Quercus rotundifolia* Lam; fam. *Fagaceae*). Según Peris (1984) es frecuente en Extremadura y Salamanca.
- de quejigo (*Quercus faginea* Lam; fam. *Fagaceae*).
- de alcornoque (*Quercus suber* L; fam. *Fagaceae*). Las tres variedades señaladas se cosechan en las mismas localidades y ofrecen sus periodos de mielada durante los meses de julio y agosto.

### 1.7.1. Miel artesanal

En algunas zonas apícolas de nuestro país, grupos más o menos numerosos de apicultores producen y comercializan una clase de miel que denominan artesanal. Sabido es que lo que actualmente se designa como producción artesanal era el tipo característico de producción anterior a la revolución industrial. La producción artesanal de miel sigue subsistiendo sobre todo en los sectores más alejados del gran mercado y especialmente en el campo, pero con la extensión de la producción industrial queda cada vez más relegada. Sin embargo satisface una demanda local específica, aunque una modernización y una adquisición de equipos permite su transición entre los diversos estadios sucesivos de desarrollo económico. No obstante la elaboración artesanal de miel sigue siendo una realidad actual porque al parecer sacrifica la cantidad a una mejor calidad. Otro aspecto a considerar es que esta calidad sea real o supuesta.

De unos estudios comparativos sobre miel artesanal y miel comercial recién iniciados, extraemos algunos datos melisopolinológicos que, efectivamente, ponen de manifiesto claras diferencias –al menos en el aspecto que aportamos–, entre las dos variedades de miel.

### Datos melisopolinológicos (provisionales) de mieles denominadas artesanal y comercial

	Artesanal	Comercial
Índice de enzima diastasa en grados G. ....>15 .....	>15	<15
Valor de <b>K</b> (valor medio) .....	5,797	1,962
Sedimento en µl (valor medio) .....	21,47	7,83
Conductividad en µS/cm (valor medio) .....	345	265
Cenizas % (valor medio) .....	0,1536	0,1137
Familias botánicas (%) .....	68,18	111,11
Géneros botánicos (%) .....	145,45	172,22
Géneros comunes 17 = 35,41%		
Número de géneros sólo en miel artesanal .....	16	
Número de géneros sólo en miel comercia .....		15
Tratamiento térmico .....	no	sí
Intensidad del espectro aromático .....	>	<

#### 1.7.2. Mieles cristalizadas

El fenómeno de la cristalización de la miel es bastante complejo. Los cristales que aparecen en la masa líquida tienen siempre como origen unos núcleos primarios de cristalización, invisibles en el momento de la recolección, pero que más o menos rápidamente se multiplican y forman los llamados agregados (cristales). La miel se va entonces enturbiando y, poco a poco solidificando; ésto es la cristalización. La rapidez de formación de estos cristales y la calidad de la miel obtenida dependen de la composición del medio y sobre todo de su contenido en azúcares.

Ya vimos al tratar del «secreto de la miel» (pág 26) que la glucosa se encuentra en solución sobresaturada, es decir, hay más glucosa en el medio de la que puede contener una solución normal (que contenga ya fructosa) para alcanzar un estado de fluidez perfecto. Un producto líquido de estas características es físicamente inestable.

M. Gonnet (1992) asegura que las mieles más ricas en glucosa cristalizan más rápidamente y viceversa. Por ejemplo, una miel de colza que tenga un 40% de glucosa y un 36 a 37% de fructosa cristaliza pocos días después de la recolección. Por el contrario, una miel de acacia con un contenido medio de un 26% de glucosa y un 44% de fructosa puede permanecer un año o más en estado líquido.

Al parecer, los principales factores que intervienen en una cristalización rápida son:

- El cociente glucosa/agua. Si éste es superior a 2, determina cristalizaciones rápidas.
- La relación fructosa/glucosa. Si ésta no llega a 1 la cristalización será rápida.
- El contenido de agua. Una miel con 15% de humedad o menos, cristaliza con dificultad.
- Núcleos de cristalización. Son partículas presentes en la miel alrededor de los cuales se forman los primeros agregados cristalinos.
- Temperatura. La temperatura óptima para que la cristalización se desarrolle de forma rápida varía sensiblemente en función de la humedad de la miel, aunque se puede afirmar que aquella está cercana a los 14° C.
- La agitación. La agitación de la miel en frío facilita su cristalización.

### **1.7.3. Mieles cremosas**

Siguiendo las enseñanzas de M. Gonnet (1992), para obtener mieles cremosas (o mieles crema) partiendo de cualquier tipo de miel, es necesario romper una trama cristalina preedificada (la que tiene la miel de partida). Para ello pueden utilizarse unos aparatos llamados homogeneizadores, que son capaces de reducir a un estado «pastoso», a temperatura ordinaria, productos con una fuerte viscosidad y una trama cristalina compacta. Esta tecnología no se puede aplicar a todas las mieles; es preciso al menos que el tipo de miel a tratar arroje un cociente glucosa/agua superior a 2 y una humedad inferior al 18%.



#### 1.7.4. Mieles tóxicas

Las abejas pueden libar y elaborar miel a partir de néctares y jugos procedentes de algunas plantas que contienen o segregan sustancias tóxicas. Generalmente estas secreciones están emparentadas químicamente con grayanotoxinas y terpenos, o materias químicas como la tutina, hienanchina, andromedotoxina y coriamyrtina de efectos muy parecidos a la estricnina. La acción tóxica, muchas veces convulsionante, puede afectar al aparato digestivo, corazón, nervios y al sistema muscular.

Las especies botánicas cuyo néctar, polen u otras secreciones, contienen estos venenos, afortunadamente, no son abundantes y pertenecen a unas pocas familias que, generalmente, los apicultores conocen, así su ubicación y desarrollo como sus nombres científicos o vulgares. De estas familias destacan *Compositae*, *Boraginaceae*, *Acantaceae*, *Euforbiaceae*, *Solanaceae* y algunas otras.

En nuestro país, las especies tóxicas más importantes son: *Rhododendron ponticum* que se localiza en el centro de la Península. *Coriaria myrtifolia* frecuente en zonas mediterráneas y *Nerium oleander* (la conocida adelfa), que es una de las más tóxicas y a la vez de las más extendidas, sobre todo en el área mediterránea (fig. 11).

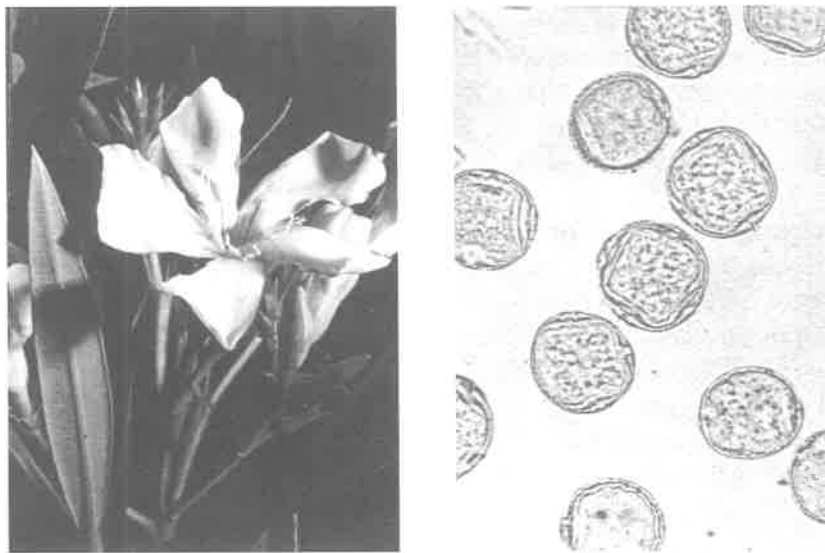


Fig. 11.- Flor y polen de *Nerium oleander* (adelfa). (De Ricciardelli-Persano).

También pueden resultar tóxicas mieles contaminadas por elementos metálicos o no como plomo, arsénico, etc. procedentes del suelo; por contaminantes ambientales, combustibles y vertidos industriales, y también por residuos de plaguicidas procedentes de tratamientos a cultivos agrícolas, o de los empleados en la desinfección de las propias colmenas.

### **1.8. CRITERIOS DE CALIDAD PARA LA MIEL**

Generalmente se entiende como calidad de un producto la capacidad que éste tiene para satisfacer las exigencias bajo las que fue creado, estando su valor medido por la satisfacción del consumidor que lo ha adquirido o que lo utiliza. El control de la calidad será aquél conjunto de actividades y técnicas que permitan asegurar que un producto satisface razonablemente aquellos requerimientos. Enumeramos a continuación algunos criterios para enjuiciar la calidad, junto a determinadas condiciones que, a nuestro juicio, debe reunir una buena miel.

Cuando una miel está madura, la práctica totalidad de la sacarosa del néctar ha sido ya desdoblada en glucosa y fructosa, por lo que el contenido en sacarosa aparente debe ser, en general, inferior al 5% (para las mieles de espliego, acacia y mielatos se admite el 10%).

La actividad diastásica y el HMF son dos importantes factores que miden el grado de frescura y los efectos de las manipulaciones a las que se ha sometido el producto. Las enzimas de la miel, se destruyen por la acción del calor y por el paso del tiempo, provocando una reducción del grado de actividad diastásica (el mínimo es de 8 en la escala de Gothe).

La miel como todo producto de origen animal tiene una flora microbiana que le es propia: esporas de diversos tipos de bacilos, mohos y levaduras. Pero esta microflora original inofensiva puede verse contaminada por otra accidental o secundaria que depende de las personas manipuladoras del producto y de los aparatos y medios empleados en el proceso de elaboración. Nunca será una buena miel aquella en la que se encuentren gérmenes patógenos como la salmonella, o acuse la presencia de *Escherichia coli* que indica una contaminación de origen fecal, debida a una falta de higiene en la extracción de la miel.

Aunque la legislación permita una humedad del 20%, ésta no debería

ser superior al 18%, dado el carácter higroscópico de la miel (pág 30); sin embargo, aún es mayor el margen permitido para la miel de *Calluna* (fam. *Ericaceae*) que es del 23%.

El contenido de agua, junto con el número de células de levadura que contenga, determina si la miel se fermentará a una determinada temperatura y cuando lo hará. La fermentación es totalmente indeseable pero todas las mieles naturales contienen levaduras que toleran altas concentraciones de azúcar. Ya se han identificado siete especies de *Zygosaccharomyces*, dos de *Schizosaccharomyces*, una de *Schwanniomyces* y una de *Torula*. El néctar y la ligamaza contienen levaduras, y otras pueden provenir del cuerpo de la abeja, de la tierra que rodea la colmena, y del aire y el equipo del apicultor. La mejor garantía contra la fermentación es que en la miel concurren un alto contenido de azúcar y un bajo contenido de agua.

El contenido de sólidos insolubles, en general, será inferior al 0,1% y para miel prensada se tolera hasta 0,5%. El de cenizas, para miel en general, no debe sobrepasar 0,6%, y para miel de mielato y sus mezclas con mieles de flores menor del 1%. En todos los casos se cumplirá escrupulosamente la ausencia de cuerpos extraños (pág 93). Un contenido en HMF menor a 10 mg/kg, una acidez libre por debajo de 35 meq/kg y una conductibilidad eléctrica de  $4,5 \times 10^8$  Sxcm, completan el cupo de condiciones físico-químicas que, con razonable criterio, debe cumplir una miel para poder ser titulada de buena calidad.

Empero, más adelante veremos que las características melisopalinológicas de una miel acreditada como de buena calidad pueden ser variables, aunque siempre dentro de algunos límites preestablecidos a fin de no perder aquella titulación. Sirva de ejemplo la condición específica de que las buenas mieles de romero y espliego –además de estar elaboradas a partir de sus néctares correspondientes– deben contener un mínimo del 15% de pólenes de *Rosmarinus* y *Lavandula* respectivamente.

Ciertamente que muchos de estos criterios deberían quedar plasmados en las etiquetas del producto dispuesto para el consumo pero, al parecer, la legislación oficial sólo obliga a algunas especificaciones generales como: denominación del producto; contenido neto, que se indicará en unidades de masa; fecha de consumo preferente; instrucciones para la conservación (que será necesaria si de su cumplimiento dependiera la

validez de las fechas marcadas); identificación de la empresa e identificación del lote a que pertenece el envase ofrecido.

Pero hay un dato que debiera figurar en el etiquetado y que aún sigue sin considerarse y mucho menos ejecutarse, al parecer debido a las dificultades que conlleva. Nos referimos a la riqueza polínica de la miel.

Entre la diversidad de mieles ofertadas en los comercios, supermercados, etc., ya sea de los tipos comercial, artesanal, específica de limitada producción, particular propia, de una determinada zona de origen, monofloral o mil flores etc., en ninguna de ellas hemos encontrado reflejado no ya el análisis polínico (espectro polínico) y el porcentaje de polen dominante, ni siquiera es mencionado en las etiquetas si la susodicha miel contiene o no polen cuando este aspecto es importantísimo para su identificación.

Entendemos los inconvenientes, y el encarecimiento que produciría singularizar cada partida de miel con este –a nuestro entender– importante número porcentual o absoluto que, efectivamente es variable y de ello nace la dificultad práctica de su ejecución ¿pero ha considerado el envasador mayorista si el fiel consumidor de miel aceptaría el plus –incluso con agrado– a cambio de más información y sobre todo de más veracidad comprometida?

Porque en las etiquetas de los tarros de miel que abarrotan los anaquelos de nuestros comercios, tanto el comerciante al por mayor, como el envasador y hasta el comerciante detallista, han olvidado que la miel lleva en sí misma su certificado de origen bajo la forma de miles de granos de polen que se encuentran suspendidos en su masa y cuya identificación es posible mediante su espectro polínico, el cual señala con precisión –como tendremos ocasión de ver más adelante– las especies florales de que proviene el néctar con el que las abejas elaboran la miel que ofrecen en sus tiendas.

Es por lo que titulaciones como «Miel de naranjo», «Miel de romero», «Miel de azahar», «Miel de girasol», «Miel de milflores», etc., no fundamentadas en un análisis polínico que además contemple las fuentes florales de que procede la miel, carecen de rigor científico y, en nuestra opinión, muchas veces, confunden y defraudan al consumidor.

## 2. LA FLOR DE LAS ANGIOSPERMAS



## 2.1. DESCRIPCIÓN DE LA FLOR

Antes de describir los procesos fisiológicos que conducen a la formación de los granos de polen y las características principales de éstos, precisas para el análisis melisopalinológico, veamos brevemente la organografía general de una flor que, en principio, se puede considerar como una serie o conjunto de hojas, profundamente modificadas para producir los gametos y para que éstos efectúen los diversos actos necesarios para la reproducción.

Entre las diversas piezas o partes que, sostenidas por un *pedúnculo* o *pedicelo*, forman la flor, hay unas que solo desempeñan funciones secundarias o accesorias, en tanto que otras son las esenciales, por constituir los órganos masculinos y femeninos. La morfología, número, disposición, etc., de estas distintas piezas es muy variada, hasta el punto de que son los caracteres florales los más empleados para distinguir los diversos grupos, géneros y especies de los Espermatófitos.

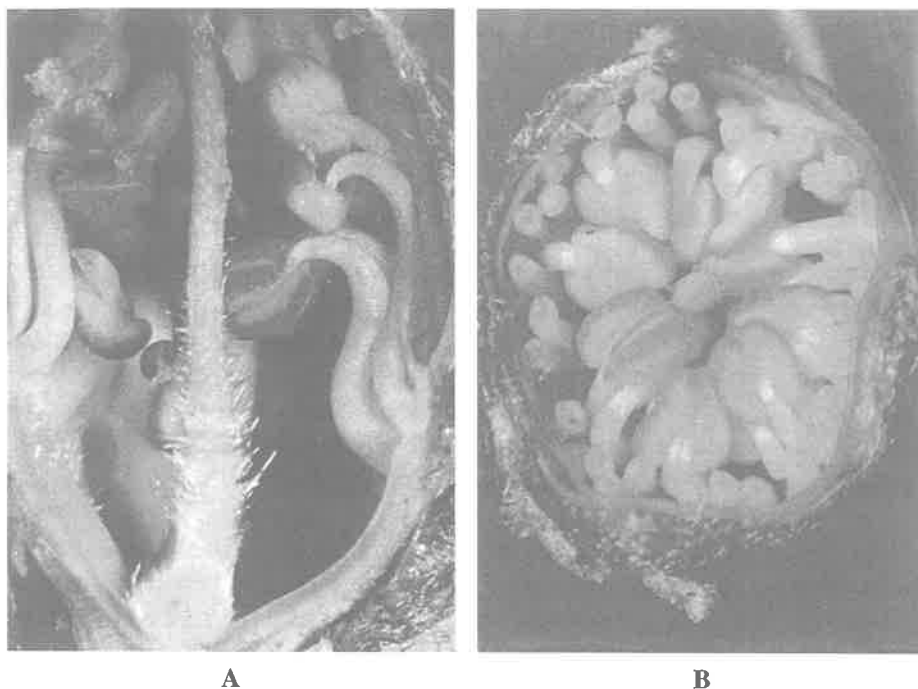
Cuando una flor consta de aquellos órganos esenciales masculinos y femeninos y además de las piezas accesorias, se califica de *completa*. Estos distintos órganos florales están dispuestos en verticilos sucesivos, que en la flor completa son, enumerándolos de fuera a dentro:

Un primer verticilo, que se halla en el exterior de la flor, es el *cáliz*. Está formado por piezas llamadas *sépalos*, en general de color verde y de estructura bastante semejante a la de las hojas ordinarias, aunque de forma diferente. Estas piezas o sépalos pueden ser independientes unas de otras o estar soldadas entre sí; en el primer caso se dice que el cáliz es *dialisépalo*, en el segundo se califica de *gamosépalo*.

Un segundo verticilo, el que sigue al cáliz y está recubierto por él, recibe el nombre de *corola*; las piezas que lo forman se llaman *pétalos*,

de estructura más delicada y de colores diversos, a menudo vistosos; la corola es, por ello, la parte más ostensible de la flor y se llama *dialipétala* si sus pétalos son independientes, unos de otros y *gamopétala* si están soldados o concrecentes, simulando una pieza única.

El tercer verticilo de una flor completa es el *androceo*, constituido por unas piezas llamadas estambres cuya forma es ya muy distinta de la de una hoja o foliolo, aunque en realidad no sean más que órganos derivados de éstas para la producción de los elementos masculinos de la planta. Los estambres son, pues, órganos esenciales de la flor (fig. 12).



**Fig. 12.-** Las dos fotografías (x 10) ilustran sendos cortes de botones florales de *Prunus persica* (melocotonero, var. «Santiago»). A, Corte longitudinal mostrando los numerosos estambres todavía plegados, y en el centro el único carpelo que alberga dos óvulos anátropos. B, Corte transversal en el que han resultado seccionados el carpelo y numerosos estambres; en éstos se distingue el hacecillo conductor.

Por último, el cuarto verticilo floral, que es el más interno, recibe el nombre de *gineceo*; está constituido por hojas profundamente diferenciadas, llamadas *carpelos*, los cuales se pliegan soldando sus bordes o se reúnen varias formando *pistilos*, en cuyo interior son producidos los *óvulos*,



éstos son cuerpos parenquimatosos redondeados u ovales, que producen y contienen la *ooesfera* o *elemento femenino*. Cada flor tiene su gineceo formando un solo pistilo o, con menos frecuencia, varios distintos.

Si falta alguno o algunos de estos verticilos, la flor se denomina *incompleta*. Puede carecer de corola y entonces se llama *ápetala* o *monoperiántica*, o de corola y cáliz, denominándose *desnuda* o *aperiántica*. Con el nombre de *periantio* se distingue el conjunto de los dos primeros verticilos, cáliz y corola, que sólo desempeñan funciones protectoras o secundarias y por ello se llaman también cubiertas florales. Cuando existen los dos verticilos el periantio es doble, si sólo existe uno el periantio es simple y este único verticilo se considera como cáliz, cualquiera que sea su aspecto, por ello las flores *monoperiantias* se llaman *apétalas*.

Con o sin periantio, sea simple o doble, si la flor tiene a la vez estambres y pistilos, se llama *hermafrodita*. Si contiene solamente uno de los dos se califica de *unisexual*.

En las plantas con flores unisexuales pueden hallarse las masculinas y femeninas en el mismo individuo; las especies en que ocurre esto se llaman *monoicas*. En otros casos hay unos individuos con flores masculinas solamente, llevando otros las femeninas; la especie se dice entonces *dioica*. En algunas, llamadas polígamas, lleva la misma planta flores hermafroditas y flores unisexuales (fig. 13).

La flor puede ser simétrica con relación a un eje, se llama entonces *actinomorfa* o regular, o ser simétrica solamente en relación a uno o dos planos: se llama en este caso *zigomorfa* o irregular; es raro que carezca de plano de simetria. Esto dicho para la flor en conjunto, puede aplicarse

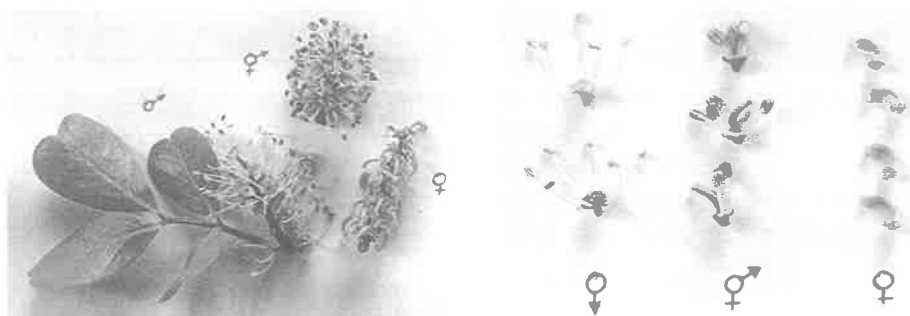


Fig. 13.- Flores masculinas, hermafroditas y femeninas en algarrobo. (De Rallo, 1987).

a cada uno de los verticilos considerados aisladamente. Por otra parte, los distintos verticilos pueden ser independientes unos de otros o soldarse entre sí en mayor o menor extensión.

## 2.2. FORMACIÓN DE LOS GRANOS DE POLEN

En opinión de Baño Breis (1990), los estambres o microsporofilos representan los órganos masculinos de los espermatófitos (gimnospermas y angiospermas) y su conjunto constituye el androceo de la flor. En cada estambre se distingue un filamento más o menos largo y una porción terminal, más gruesa, que se llama antera, soportada por aquel filamento (figs. 12 y 13).

La antera está formada por dos lóbulos simétricos unidos en toda su extensión o sólo en el centro. En estos lóbulos, cuando la antera ha llegado a su pleno desarrollo y madurez, existen una o dos cavidades llamadas tecas, cada una de las cuales encierra generalmente dos sacos polínicos o microsporangios. El tejido que rodea y limita estos sacos y forma toda la parte media de la antera se llama conectivo, y está recorrido por un hacesillo liberoleñoso que procede del filamento.

En las angiospermas la antera joven está constituida por un tejido celular homogéneo (con dotación cromosómica diploide por su procedencia esporofítica), en el cual se diferencian ciertas células subepidérmicas, en filas longitudinales, destinadas a formar los sacos polínicos y los granos de polen. Cada fila originará un saco polínico y generalmente se establecen dos a cada lado del plano medio de la antera. Estas células periféricas (epidermis o exotecio) de este macizo forman la pared del saco, cuya capa más interna (endotecio) es de células grandes, de citoplasma espeso y casi siempre de color amarillo, y está destinada a licuarse, esparciéndose su contenido, rico en sustancias grasas, entre los otros elementos del saco y sirviendo para la nutrición de las células madre del polen (microesporocitos), por lo que se llama capa nutricia o tapete; también en esta capa tienen su alojamiento los llamados cuerpos de Ubisch, de gran importancia en el metabolismo de la esporopolelina que es la sustancia que confiere tanta resistencia a la cubierta del grano de polen. Asimismo, el endotecio responde de la deshidratación del saco polínico llegado el momento de la madurez de la antera.

Las células madre del polen o arquesporio son las centrales de aquel macizo; su membrana es espesa y por gelificación parcial pueden quedar aisladas unas de otras, si bien lo general es que permanezcan reunidas.

Cada una origina cuatro granos de polen (figs. 14 y 15). Para ello experimentan las dos divisiones sucesivas de reducción cromática o meiosis, comenzando por la sinapsis de sus cromosomas (I y II), a la que sigue la primera división (III) nuclear, que separa las dos series cromosómicas homólogas (IV), e inmediatamente la segunda división (V). Las cuatro células resultantes son de núcleo haploide, es decir, poseen sólo la mitad del número de cromosomas propio de la especie, y su conjunto forma una tétrada (véase más adelante) hasta que maduran, momento en que generalmente se separan.

Estas células hijas haploides se redondean, diferencian membrana propia y, gelificándose la de la célula madre primitiva, quedan libres en el in-

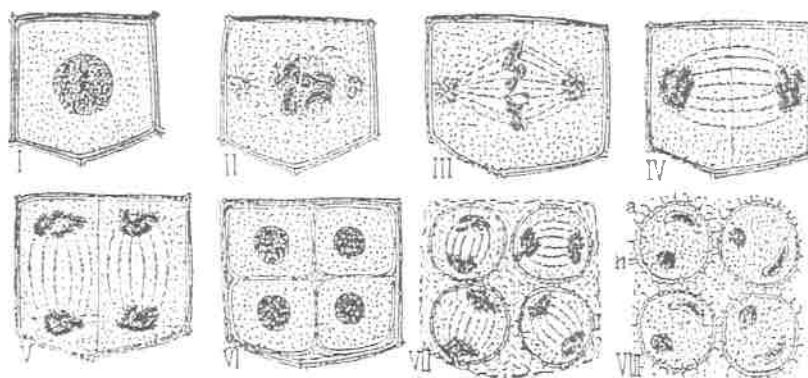


Fig. 14.- Dibujo esquemático para explicar la formación de los granos de polen.

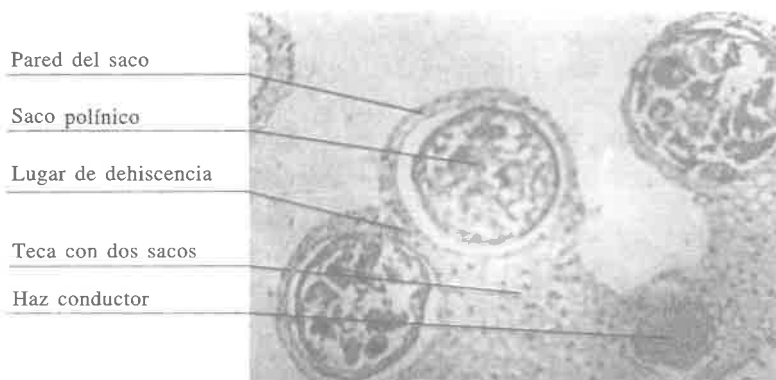


Fig. 15.- Microfotografía óptica de un corte transversal de antera madura de *Prunus amygdalus* (almendro).

terior del saco (I). Cada una se transformará en un grano de polen (VII), para lo cual espesan su membrana, diferenciándola en dos capas (esporodermis); la externa, llamada exina, y la interna o intina. La primera se origina con anterioridad a la segunda, por lo que se dice que el crecimiento es centrípeto. El núcleo del grano de polen experimenta aún una división por mitosis ordinaria (VII): mediante un tabique delgado separa una pequeña célula, casi reducida al núcleo, restando la mayor parte del citoplasma del grano con el otro núcleo. Después aquella pequeña célula, de forma lenticular, se aísla y queda libre, incluida en el citoplasma de la grande (VIII); ella (a) formará más tarde, durante el proceso de la fecundación, dos núcleos espermáticos. En las gimnospermas, la célula reproductora permanece, al menos durante cierto tiempo, unida a la pared de la vegetativa por medio de dos o tres pequeñas formadas por tabicación, cosa que no ocurre nunca en las angiospermas; sólo en algunos vegetales (*Vallisneria*, *Asclepias*) el núcleo generativo se halla envuelto de un estrato de citoplasma propio.

Durante el crecimiento de los granos de polen se forma, a partir del tapete, una sustancia viscosa que contiene lipoides y carotenoides: el cemento polínico. En las plantas de polinización zoófila se sitúa en la superficie de los granos y hace que éstos se adhieran entre sí y se fijen a los animales polinizadores.

Por tanto, cuando la micróspora tiene ya desarrollados los dos núcleos, el vegetativo y el generativo, corresponde llamarla propiamente grano polínico. En muchas familias (*Gencianaceae*, *Cucurbitaceae*, *Labiateae*, *Ericaceae*) la fase binuclear perdura, y en tal estado llega el grano de polen hasta el estigma y es capaz de germinar y producir el tubo polínico, originándose la división en dos del núcleo generativo sólo en este avanzado estado de germinación. Por el contrario, en otras familias (*Compositae*, *Apocinaceae*, *Rubiaceae*, *Valerianeaceae*, *Caprifoliaceae*) la división en dos del núcleo generativo es precoz y se produce ya durante la maduración del grano polínico, que por esta razón resulta trinucleado (fig. 16).

### 2.3. EL ESTADO DE TÉTRADA

Acabamos de indicar que cada célula madre del grano de polen sufre una reducción cromática o meiosis y forma una tétrada de granos, equivalente a cuatro micrósporas haploides que se rodean de una pared de

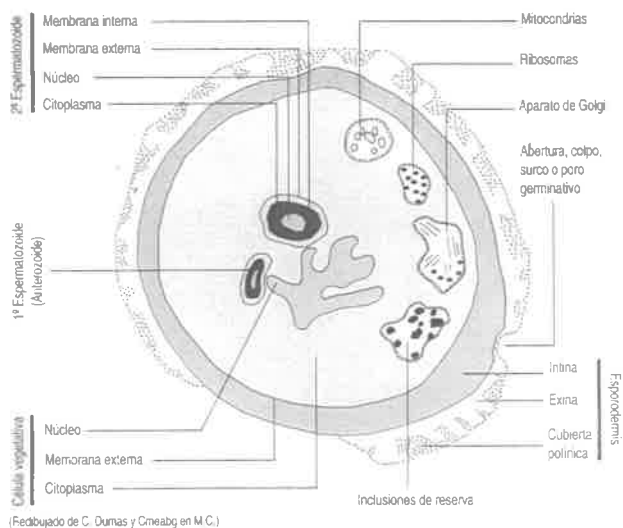


Fig. 16.- Dibujo esquemático de un grano de polen.

calosa. Cuando desaparece la pared de calosa desaparecen también las paredes del tapete y los cuerpos de Ubisch se sitúan en el interior del saco, comenzando entonces a cubrirse de esporopolenina y a intervenir en la formación de la cubierta polínica.

El estado de tétrada constituye un avance importante en el desarrollo del grano polínico, pues la tétrada es responsable de la disposición del grano, de su polaridad –consecuentemente de su forma– y, también, de la ubicación de las aberturas. El conocimiento de estos caracteres y el de la escultura del grano (pág 56) son elementos indispensables a la hora de la identificación polínica. En el Cuadro I resumimos los diferentes tipos de aberturas.

#### Cuadro I. Diferentes tipos de aberturas polínicas

Abertura	Forma	Disposición
Sulco meridiano .....	Alargada .....	Perpendicular al eje P
Sulco no meridiano .....	Alargada .....	Oblicuo al eje P
Colpo .....	Alargada .....	Ángulo recto con el plano ecuatorial
Ruga .....	Ondulada .....	Distribución regular
Poros .....	Circular .....	Distribución según el número
Úlcera .....	Redondeada .....	Polo distal

Según la forma que adopten las envueltas de calosa de las micrósporas dentro de la tétrada, se distinguen diferentes tipos de disposición de los granos de polen (fig. 17).

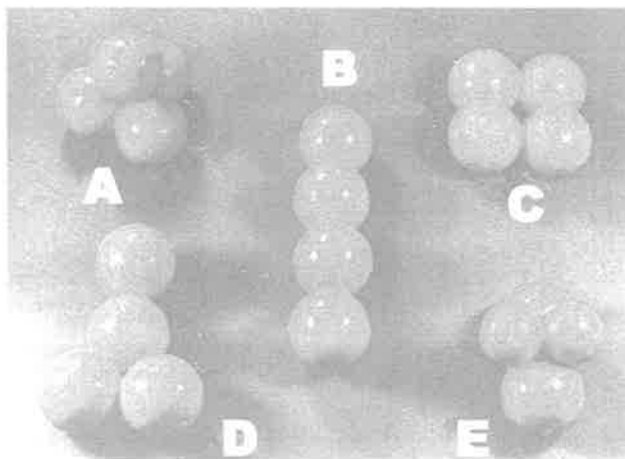


Fig. 17.- Modelos de diversos tipos de tétrada (explicación en el texto).

Si la tétrada es tetraédrica (A,E), cada grano está sometido a tensiones idénticas en todas las direcciones, y de ello resulta un grano de polen de forma globulosa o tetraédrica; si la tétrada es plana (B,C,D), cada grano sufre solamente tensión por la parte de los dos compañeros que lo flanquean, y el resultado es un grano alargado siguiendo un plano de simetría dominante.

Sin embargo la mayoría de los granos de polen de las Espermafitas (con excepción de la familia *Ericaceae*) abandona pronto el estado de tétrada y queda libre, por lo que resulta muy difícil en la práctica diferenciar en ellos las áreas polares. Por otro lado, y aunque en principio puedan considerarse los granos de polen como diminutas esferas, enseguida tienden a deformarse merced a la discontinuidad física de la pared que los recubre (aberturas) y a la acción del medio (natural o artificial) que los rodea, generalmente provocador de turgencias y plasmólisis que el mecanismo harmomegático de los granos no puede neutralizar.

En la Tabla I se recogen las variaciones del grano de polen referidas a su forma. El cociente P/E, en esta tabla simplificada, se expresa en ocho formas de granos a partir de la esferoidal, según el predominio del eje P o E.

TABLA I

P	E	P/E	Denominación del Polen
4	8	0,50	Peroblato
4-5,9	8	0,50-0,73	Oblato
6-6,9	8	0,75-0,86	Suboblato
7-7,9	8	0,86-0,99	Oblato-esferoidal
<b>8</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>Esferoidal</b>
8	7,9-7	1,01-1,14	Prolato-esferoidal
8	6,9-6	1,16-1,33	Subprolato
8	5,9-4	1,36-2	Prolato
8	4	2	Perprolato

En consecuencia, y dado que la forma del grano de polen, por otro lado tan susceptible de alteración, es un carácter importante en el análisis polínico, para evitar confusión en las descripciones los palinólogos acordaron referirla siempre a granos acetolizados (pág 67), y definir, al menos, dos formas observadas al microscopio óptico: una en *vista polar* (corte óptico ecuatorial), cuando el haz luminoso es paralelo al eje polar; y otra, en *vista ecuatorial* (corte óptico meridiano), cuando éste es perpendicular.

El plano ecuatorial, perpendicular al eje polar, divide al grano en dos partes iguales –los hemisferios–, o en dos partes distintas, que son las caras proximal y distal del grano en la tétrada.

Cuando los dos hemisferios son idénticos, el grano es isopolar; cuando son diferentes, aunque los polos sean idénticos, el grano es heteropolar. En este caso, para completar una vista meridiana son precisas dos vistas polares.

Como hemos dicho, en estado de tétrada temprana las micrósporas, generalmente, se asemejan a esferas. Pero las tensiones de vecindad desencadenadas, sobre todo en tétradas de tipo plano y conforme avanza el proceso de maduración, vienen a producir granos de polen de hechura más o menos alargada; ésto, junto a factores genéticos y ecológicos, les hace derivar hacia formas elipsoidales.

En la Tabla I podemos comprobar estas variaciones. Cuando  $P/E < 1$ , de esferoidal a peroblato, si es mayor, de esferoidal a perprolato.

El eje polar de cada grano, o eje de simetría, se dirige hacia el centro

de la tétrada a través del centro del grano. Sus límites quedan marcados por dos zonas o áreas (polos): la *proximal*, que mira hacia el centro de la tétrada; y la *distal*, que lo hace en la dirección opuesta. El eje polar se designa con la letra P y es uno de los principales parámetros usados en la identificación de las especies polínicas.

El eje ecuatorial de cada grano, también llamado diámetro ecuatorial, es la línea perpendicular al eje polar. Se designa con la letra E y, junto con P, es otro parámetro importante (fig. 18).

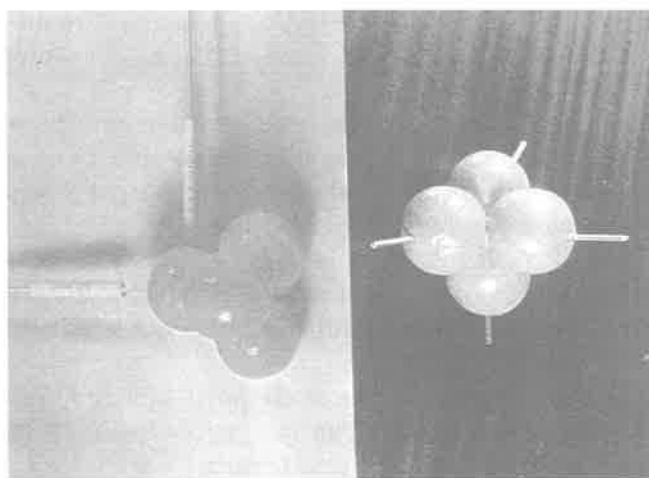


Fig. 18.- Las ilustraciones muestran cuatro granos de polen, todavía en estado de tétrada (tetraédrica). En una de ellas han sido representados los dos ejes imaginarios, polar y ecuatorial.

## 2.4. EL GRANO DE POLEN MADURO

Según Baño Breis (1990), los granos de polen son verdaderas «cajas de espermatozoides», hoy denominados núcleos espermáticos; verdaderos y minúsculos organismos pluricelulares que contienen una o dos células espermáticas rodeadas de una cubierta de protección: la pared polínica. Su tamaño, muy ligado al número cromosómico de la especie, oscila entre las 5  $\mu\text{m}$  del nomeolvides (fam. *Boraginaceae*) y las 250  $\mu\text{m}$  del calabacín (fam. *Cucurbitaceae*).

Las células espermáticas llevan a cabo la fecundación en el óvulo; como es sabido, en las angiospermas ésta es doble. Un núcleo espermá-



tico se fusiona con la célula huevo y el otro con la célula central. Hasta hace poco tiempo se creía que el destino de las dos células espermáticas era aleatorio, pero hoy se sabe que ambas difieren en el ADN de sus orgánulos citoplasmáticos (cloroplastos o mitocondrias). Es la célula espermática rica en plastos la que se fusiona con la célula huevo, mientras que la que es abundante en mitocondrias fecunda a la célula central.

La célula vegetativa, que representa el mayor volumen del grano, desempeña un papel nutricional para los núcleos espermáticos y contiene abundantes reservas de carácter lipídico; está fuertemente deshidratada, como corresponde a un organismo diseminador, y participa en la formación de la pared del tubo polínico cuando el grano de polen germina.

La pared polínica o esporodermis recubre y protege al grano contra la sequedad, radiación ultravioleta, etc. Así, mientras los pólenes de gramíneas (familia que comprende la mayoría de hierbas de los pastos y los cereales) pierden su viabilidad al cabo de unas tres horas a temperatura ambiente, el polen de colza la conserva por más de diez días. Al parecer, el polen de gramíneas tiene su cubierta (cuando existe) desorganizada incluso antes de su liberación en la antera, y desde ese momento no puede controlar el intercambio de agua (harmomegata) con el ambiente y se deshidrata rápidamente. Por el contrario, el polen de colza está dotado de una buena y organizada cubierta polínica.

La pared polínica posee asperezas (espinúlas, gemas) y cavidades (aberturas, poros), y se halla estratificada en dos paredes: la intina, que limita con la membrana plasmática de la célula vegetativa, y la exina, que la envuelve. La observación microscópica de los granos revela su variada forma: unos son redondos, otros ovales, elípticos, poliédricos, timbaliformes, arriñonados, etc., y también pone de manifiesto que la citada pared polínica no es lisa y sencilla, sino que ofrece espesamientos en arrugas o crestas paralelas o divergentes, o entrecruzamientos formando dibujos reticulares diversos; o bien presenta tubérculos salientes más o menos gruesos, o puntas, o espinas radiantes cortas o largas; y también accidentes en hueco en forma de largos surcos, o de cavidades ovales o redondas de tamaños característicos y constantes dentro de la misma especie. Las combinaciones entre todos estos caracteres morfológico-estructurales dan lugar a tan inmensa variedad que cada especie vegetal posee un polen de peculiaridades propias, lo que constituye una excelente ayuda para su identificación (figs. 19 y 20).

Fig.	Escultura	Forma	Exina
A	BACULO	Cilíndrica; de báculo; de bastón. Altura > anchura. Sinónimo de columela.	BACULADA
B	ESPINA	Puntiaguda, con el extremo inferior ensanchado. Altura > anchura.	EQUINADA
C	CLAVA	Globosa; de maza; de porra. Altura > anchura.	CLAVADA
D	PILO	Globosa por un solo extremo. Altura > anchura.	PILADA
E	GEMA	Globosa con un extremo encogido. Altura $\leq$ anchura.	GEMADA
F	GRANULO	Globosa, redondeada e isodiamétrica.	GRANULADA

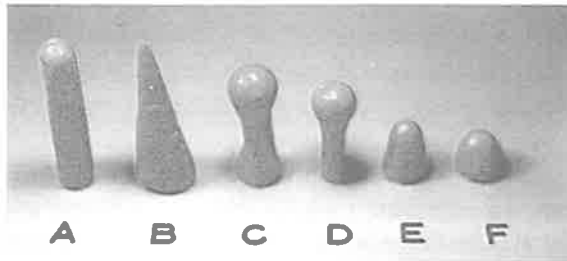


Fig. 19.- Tipos de escultura polínica. Modelos realizados en plastilina.

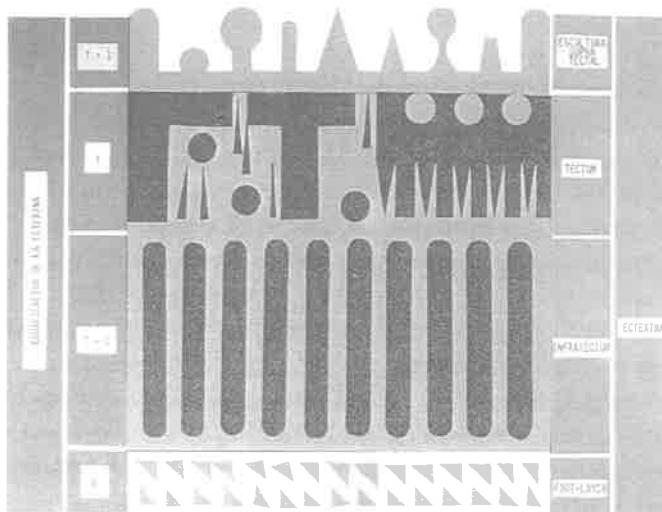


Fig. 20.- Esquema para explicar la estructura y la escultura de la pared polínica.

La exina, que durante el desarrollo del grano de polen se forma con antelación a la intina, exhibe su primer esbozo en estado de tétrada y, a partir de éste, queda subordinada al metabolismo de las células del tapete o capa nutricia de las células madre del polen que, como se recordará, alojan a los cuerpos de Ubisch.

La sustancia química esencial de la exina la constituye un conjunto de polímeros carotenoides óxido-esterificados, que se conoce con el nombre genérico de esporopoleninas. La fórmula molecular bruta varía de **C(90) H(134) O(31)** en los cereales a **C(90) H(158) O(34)** en el pino silvestre. La propiedad más común e interesante de la esporopolenina es la de ser imputrescible y completamente inalterable por los agentes naturales y por la acetólisis. Por consiguiente, esta cubierta externa de los granos de polen es muy resistente, lo que permite la conservación de sus características a través del tiempo, y reconocer la presencia de granos y esporas en sedimentos antiquísimos, ya que su misma pequeñez los defiende de la posible destrucción mecánica. De estas interesantes peculiaridades de la esporopolenina deriva el interés que pueden sentir por los pólenes los botánicos y los bioquímicos (biotecnología del polen), los arqueólogos, los prehistoriadores y los geólogos estratígrafos (palinoestratigrafía), los médicos (palinoalergología), los agrónomos (aeropalinología), y los apicultores (melisopalinología).

Las tabla II tomada de Serna, J et al (1989), ilustra sobre la composición química del polen y la influencia de la buena o mala manipulación del mismo. Esto puede tener gran interés cuando el polen se destina a la alimentación.

TABLA II. COMPOSICIÓN DEL POLEN

Parámetro	Valor medio	Valor máximo	Valor mínimo
Humedad (%) (estufa vacío 24 horas) .....	5,73	8,64	3,69
Humedad (%) (estufa a 90 °C 24 horas) ....	10,44	13,66	8,43
a-Aminoácidos libres totales (mg/gr) .....	37,43	50,64	21,90
Prolina (mg/gr).....	10,95	19,7	6
Proteínas (%).....	14,75	18,20	12,60
$\frac{\text{a - Aminoácidos libres}}{\text{Proteína}} \times 100$ .....	25,27	39,04	16,35
Azúcares (%).....	52,56	78,19	39,13
Grasa (%).....	4,78	6,58	3,50
Fibra bruta (%) .....	0,40	0,70	0,27
Sales minerales .....	1,85	2,20	1,50

RELACIÓN ENTRE PROLINA Y  
ÁCIDO GLUTÁMICO SEGÚN TRATAMIENTO

Polen	Bien tratado	Mal tratado
	G > 25 .....	G ≤ 20
Fresco .....	Pr < 8 .....	—
Envejecido 7 meses a .....	Δ G = -1,5/mes .....	G ≤ 20
temperatura ambiente .....	Pr ≥ 10 .....	Pr ≥ 10

G = ácido glutámico (mg/gr); Pr = Prolina (mg/gr)

### 3. ANÁLISIS MELISOPALINOLÓGICO



### 3.1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento del polen de las diversas especies vegetales de la zona en que se hallan ubicadas las colmenas es casi siempre imprescindible como material de referencia para un buen análisis melisopalinológico. Por ello, previo a todo análisis polínico cualitativo de mieles, procede la elaboración de una palinoteca, confeccionada con las plantas supuestamente melíferas, y que sirva de testigo en la identificación de las diferentes especies polínicas analizadas.

La melisopalinología (del gr. *melisa*, abeja) se ocupa del estudio del polen contenido en la miel y transportado por las abejas. Esta rama de la Palinología se ha desarrollado, porque afortunadamente –insistimos–, «la miel lleva en sí misma su certificado de origen bajo la forma de miles de granos de polen que se encuentran suspendidos en su masa». Éstos, al mantener intacta su exina por hallarse recubierta de esporopolenina, permanecen inalterados y, mediante técnicas adecuadas que veremos más adelante, permiten ser identificados (pág 70).

### 3.2. PALINOTECA DE REFERENCIA

Seguidamente vamos a detallar cómo se elabora una palinoteca de referencia o contraste. Desde la recogida de las muestras hasta la identificación y descripción de los taxones encontrados, haciendo hincapié en las manipulaciones físico-químicas y en la obtención de los parámetros característicos de las diversas especies polínicas halladas.

En cinco apartados hemos dividido la preparación de la palinoteca. Son éstos:

### 3.2.1. Características y recogida del material

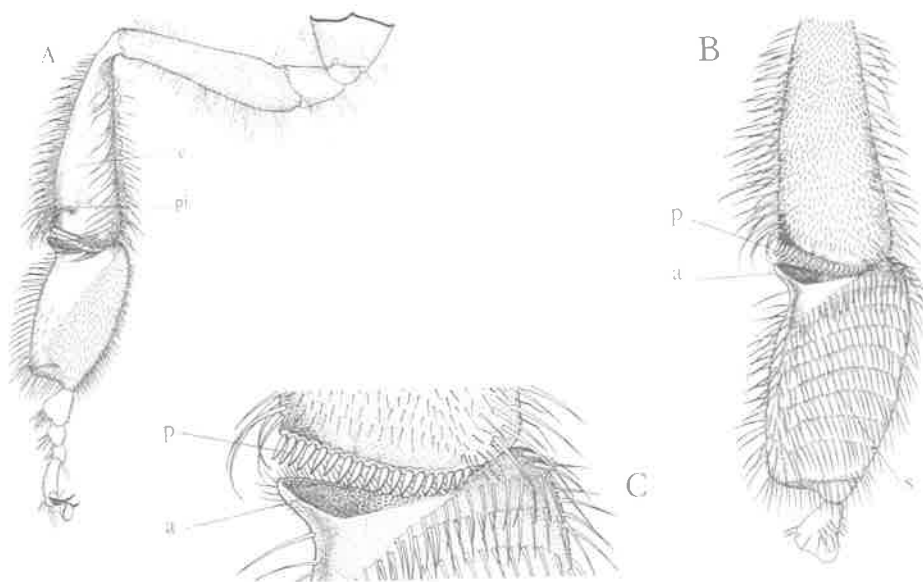
Como dejamos dicho más arriba, y es sabido, no todas las mieles tienen la misma tonalidad de color, ni el mismo aroma, gusto y grado de viscosidad; éstas, son diferencias que constituyen las peculiaridades de cada miel y en ellas, frecuentemente, estriba la distinta apreciación que del producto hace el consumidor. La principal causa de aquella real variabilidad depende, fundamentalmente, del material vegetal sobre el que han libado las abejas que, evidentemente, guarda una estrecha relación con la composición vegetal del paraje en el se hallan ubicadas las colmenas.

De acuerdo con Baño Breis et al (1993), para determinar el origen geográfico de una muestra de miel es necesario, en primer lugar, realizar el espectro polínico de la misma, afinando lo más posible en cuanto al rango taxonómico de sus componentes, ya que en áreas muy localizadas la presencia o ausencia de una determinada especie floral puede ser una característica concluyente. En segundo lugar, es muy conveniente (y hasta imprescindible) disponer de un muestrario de pólenes de referencia, confeccionado con los de la misma flora que sustenta al colmenar productor de la miel objeto del análisis melisopalinológico, es decir, habilitar una adecuada palinoteca de contraste.

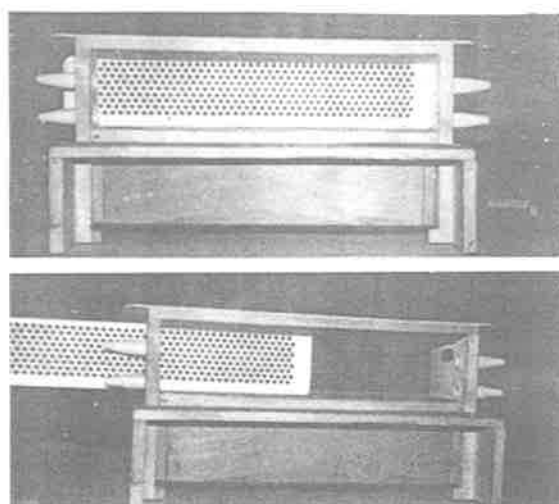
Como las abejas cuando entran en la colmena después de visitar las flores llevan adherido a su cuerpo y sobre todo en la cestilla del tercer par de patas, una gran cantidad de polen en forma de pequeñas y coloreadas pelotas, es posible, fácil y abreviado, colocar delante de la piquera de aquellas colmenas seleccionadas un cazapolen que permita arrebatárselas. El cazapolen es una trampa exterior, generalmente de madera, que se coloca delante de la piquera, sujeta o no por dos aldabillas o colgaderas. Es muy simple y consta de los siguientes elementos: rejilla, cajón-colector, tubos escapazánanos, malla fija, tejadillo y dos colgaderas.

La parte básica del cazapolen es la rejilla que generalmente es de material plástico. Esta pieza presenta unos angostos orificios a través de los cuales forzosamente han de pasar las abejas para penetrar en el panal. La estrechez de estos orificios y el afán apresurado de las abejas por entrar en la colmena les hace perder las pelotas de polen que son recogidas en cajón-colector para más tarde llevarlas al laboratorio (figs. 21 y 22). Los autores utilizaron este tipo de trampa en la recogida del material





**Fig. 21.-** Pata posterior de la abeja. A, lado externo; B, lado interno; C, prensa del polen. a=auricola, c=cestilla, p=peine, pi=pelo aislado de la cestilla, s=cepillo tarsal. (De A. Sensidoni, tomado de Ricciardelli-Persano (1981).



**Fig. 22.-** Cazapolen con cajón móvil.

La confección de la pelota de polen por la abeja implica a este insecto, como explica Frisch (1953), en una febril actividad. En efecto, con los cepillos de las patas posteriores la abeja desprende de su cuerpo el polvillo polínico, después, por medio del peine rasposo que se halla en la base de la tibia, saca el polen del cepillo de la pata opuesta, alternando la pata derecha y la izquierda; de este modo el polvo floral cuelga en el peine, pero sólo por un instante, ya que, por una hábil presión de la espuela, el polen es empujado a través de una hendidura hacia la parte exterior de la tibia y de ahí hasta la cestilla del polen. De esta manera, carga tras carga, la pelota aumenta su tamaño, siendo empujada cada vez más arriba, hasta que la cestilla está completamente llena (fig. 23).

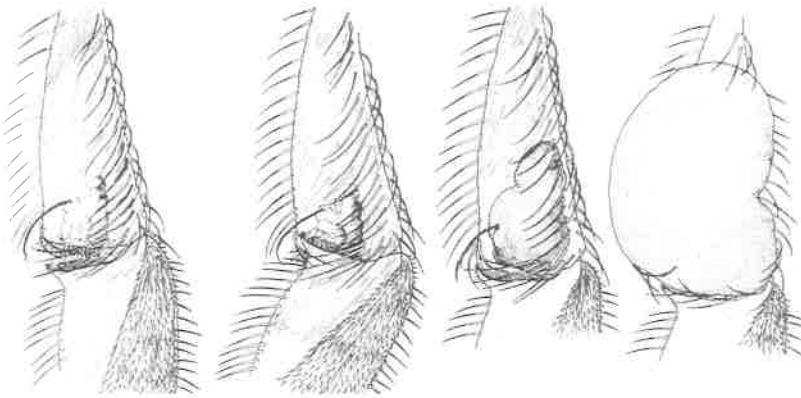


Fig. 23.- Diversos estadios en la formación de la pelota de polen. (De A. Sensidoni, tomado de Ricciardelli-Persano (1981).

Según Serra et al (1987), el tamaño, el color y el olor de las pelotas de polen es muy variable.

El tamaño puede oscilar entre 0,5 mm y 2 mm o más.

El color depende del contenido de elementos minerales del néctar y de la miel empleados por las abejas en la confección de las pelotas, pues se ha comprobado que cuanto más rico es el néctar en sales minerales, tanto más oscuro es el color del polen que las forman (fig. 24).

El olor, agradable o desagradable, puede ser persistente o de efímera duración.

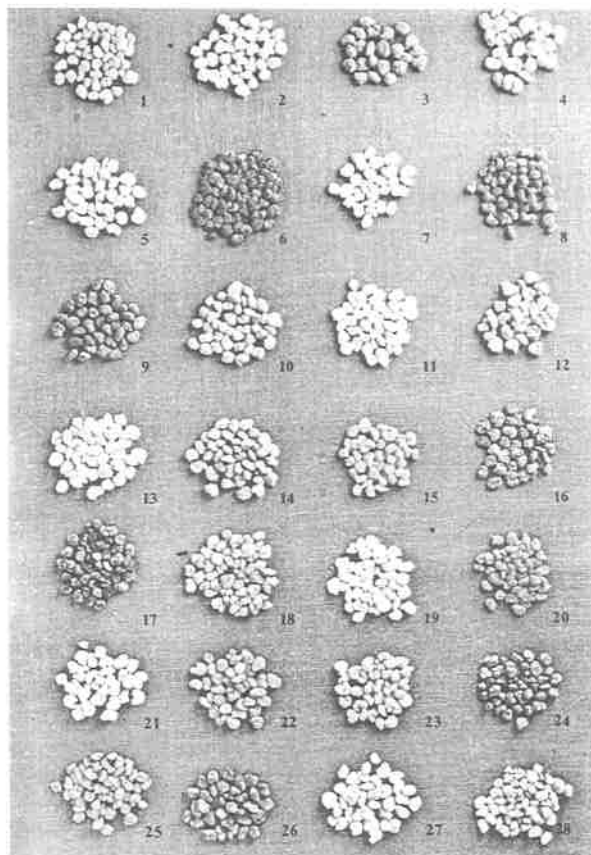


Fig. 24.- Pelotas de polen de diversas especies agrupadas según su color. 1, *Salix atrocinera* Brot. (*Sauce, sarga negra*). SALICACEAE. 2, *Viburnum tinus* L. CAPRIFOLIACEAE. 3, *Papaver rhoeas* L. (*Amapola*). PAPAVERACEAE. 4, *Helianthemum pilosum* L. (*Perdiguera*). CISTACEAE. 5, *Crataegus monogina* Jacq. (*Majuelo, espino albar*) ROSACEAE. 6, *Knautia arvensis* Coulter. DIPSACACEAE. 7, *Prunus persica* L. (*Melocotonero*). ROSACEAE. 8, *Onobrychis viciifolia* Scop. (*Esparceta, pipirigallo*) LEGUMINOSAE. 9, *Papaver hybridum* L. PAPAVERACEAE. 10, *Prunus avium* L. (*Cerezo*). ROSACEAE. 11, *Daucus carota* L. (*Zanahoria*) UMBELIFERAE. 12, *Verbascum thapsus* L. (*Tejo*) ESCROPHULARIACEAE. 13, *Hedera helix* L. (*Hiedra*) ARALIACEAE. 14, *Prunus dulcis* (Miller) D. A. Webb (*Almendro*) ROSACEAE. 15, *Picris echioides* L. COMPOSITAE. 16, *Epilobium angustifolium* L. ONAGRACEAE. 17, *Trifolium repens* L. (*Trébol blanco*) LEGUMINOSAE. 18, *Aesculus hippocastanum* L. (*Castaño de Indias*) HIPPOCASTANACEAE. 19, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh (*Eucalipto*) MIRTACEAE. 20, *Laurus nobilis* L. (*Laurel*). LAURACEAE. 21, *Verbascum thapsus* L. (*Tejo*) SCROPHULARIACEAE. 22, *Cistus mompeliensis* L. (*Jaguarzo*) CISTACEAE. 23, *Galega officinalis* L. LEGUMINOSAE. 24, *Echium plantagineum* L. (*Vivoreta, chupamieles*) BORRAGINACEAE. 25, *Crepis taraxacifolia* Thuil. (*Falsa achicoria*) COMPOSITAE. 26, *Muscari racemosum* Miller. LILIAEAE. 27, *Erica arborea* L. (*Brezo blanco*) ERICACEAE. 28, *Rubus ulmifolius* Schott. (*Zarzamora*) ROSACEAE. (De Ricciardelli-Persano (1981).

Las pelotas de polen que manifiestan un sabor ácido son copiosas en pólenes de ericáceas y cistáceas (*Helianthemum sp*); en las de sabor dulce predomina *Citrus sp*; el amargo es característico de crucíferas, y el salado no tiene significación precisa.

### 3.2.2. Manipulación físico-química

La palinoteca a que estamos refiriéndonos se realizó en los laboratorios de Biología Vegetal de la Facultad de Biología de la Universidad de Murcia, dentro de un proyecto dirigido a establecer la tipificación de algunas mieles de la Región.

En este trabajo, los autores, Baño Breis et al (1993), aprovecharon el polen acarreado por las abejas de un colmenar fijo seleccionado, utilizando el cazapolen.

El material recogido fue distribuido en cajas de Petri, desecado en estufa durante cinco días a 30 °C y mantenido un día más en desecador con cloruro cálcico, lo que permite su prolongada conservación.

Después, las pelotas de polen fueron extendidas sobre una cartulina satinada y clasificadas por colores, guardándolas por separado en viales secados en estufa y herméticamente cerrados. Para su ulterior manipulación y preparación micrográfica las pelotas fueron deshechas, unas veces, sobre portas horadados, y otras, sobre el fondo cónico de adecuados tubos de centrifuga, con auxilio de una varilla de vidrio.

Las técnicas utilizadas en el laboratorio para la observación, estudio, medida, comparación e identificación de los granos de polen, fueron:

- A) Polen montado simplemente sobre una gota de aceite de cedro, aceite de silicona, xileno o bálsamo de Canadá.
- B) Polen turgente o embebido con hidrato de cloral y teñido o no con fuchina alcohólica, verde de metilo o carmín borácico.
- C) Polen acetolizado (método según Erdtman, 1969).

Como es preceptivo, por las razones expuestas anteriormente, los autores realizaron todas las medidas en granos acetolizados. No obstante

ensayaron modificaciones del método clásico de Erdtman a fin de mejorarlo. En efecto, el tratamiento de los pólenes, antes de la tinción, con una disolución acuosa de alumbre potásico al 1% durante 15 minutos, mejora notablemente su observación y estudio, pues este reactivo, al actuar como mordiente, facilita mucho la fijación del colorante, y permite obtener preparaciones en las que los granos de polen exhiben con suma nitidez y mejor contraste las peculiaridades de sus aberturas y las singularidades de las superficies exínicas. A este respecto también ensayaron con éxito la doble tinción simultánea del verde de metilo y la safranina en distintas formulaciones.

### 3.2.3. Acetolisis

La acetolisis, con sus numerosas variantes, no sólo es uno de los mejores métodos de laboratorio para purificar muestras de polen y esporas de cualquier procedencia (herbario, fresco o fósil), sino que su aceptación se ha generalizado, lo cual ha permitido establecer entre los palinólogos criterios uniformes de referencia para el cálculo de los parámetros utilizados en el análisis polínico.

A continuación describimos la técnica acetolítica, técnica posible merced a las ya mencionadas y especiales propiedades de la esporopolequina, compleja sustancia química constituida por polímeros carotenoides, protectores de la superficie del grano de polen.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- a) La mezcla acetolítica se prepara –inmediatamente antes de su utilización– midiendo en una probeta (con las debidas precauciones) una parte de ácido sulfúrico concentrado, al que se adiciona lentamente nueve partes de anhídrido acético puro.
- b) Se disponen varios tubos de centrífuga con ácido acético glacial, sobre los que se deposita y lava el material polinífero. Se centrifuga a unas 3.000 revoluciones por minuto durante cinco minutos y se decanta.
- c) A cada tubo de centrífuga que contenga sedimento se añaden 5-10 ml de mezcla acetolítica. Se agitan con una varilla de vidrio y se llevan a un baño maria hasta 100° C durante 5-15 minutos sin dejar de agitar.

- d) Eventualmente, si los granos quedan muy oscuros pueden aclararse añadiendo a cada tubo 5 ml de ácido acético, unas gotas de solución acuosa de clorato sódico y otras tantas de ácido clorhídrico. La formación de cloro naciente aclara enseguida los granos de polen. Se centrifuga, se lava con agua destilada y se decanta, repitiendo estas operaciones dos o tres veces.
- e) Añadir al sedimento agua glicerizada al 50%. A los 15-20 minutos se centrifuga durante media hora y se decanta, dejando escurrir los tubos boca abajo sobre papel de filtro. Si se desea teñir los granos, adicionar al agua glicerizada unas gotas de colorante compatible.
- f) Montaje en gelatina glicerizada. Se toma sobre un porta limpio un pequeño grumo de gelatina glicerizada al que se transfiere un poco de sedimento con un asa de cromo y se incrusta en la gelatina. Se calienta el porta con suavidad hasta que funde el grumo, con lo cual los granos de polen se distribuyen homogéneamente ayudados por el asa. Se coloca el cubre cuidando de no aprisionar burbujas de aire y se cierra la preparación.

No obstante la general aceptación del método acetolítico descrito, en el trabajo rutinario del análisis polínico es muy conveniente disponer en el laboratorio de preparaciones microscópicas de los principales tipos de pólenes, realizadas con las mismas técnicas que se han de utilizar posteriormente. El tipo de preparación estándar que proponemos a continuación incorpora algunas modificaciones al ya citado método acetolítico.

El orden de ejecución es el siguiente:

1. Depositar en un tubo de centrifuga polen fresco o anteras aplastadas.
2. Añadir éter y agitar repetidas veces.
3. Suspender en alcohol caliente, remover y filtrar.
4. Centrifugar el filtrado.
5. Un tercio del sedimento constituye la fracción A.
6. Los dos tercios restantes se acetolizan.
7. Centrifugar y poner en suspensión con ácido acético glacial.
8. Dividir en dos fracciones, B y C.
9. B es centrifugado y lavado con agua destilada.
10. C es tratado con 0,5 ml de disolución acuosa de clorato sódico y tres gotas de ácido clorhídrico concentrado.

11. C es centrifugado y lavado con agua destilada.
12. Se reúnen B y C y se ponen a hervir en disolución acuosa de hidróxido potásico al 10%, se centrifuga y se lava con agua destilada.
13. Se incorpora la fracción A.
14. Se lava con agua destilada y se procede al montaje de las preparaciones microscópicas.

#### 3.2.4. Parámetros polínicos

La medida de los granos, de sus aberturas, ornamentaciones y cualquiera otra estructura de la superficie, tanto en vista polar (VP) como en vista meridiana (VM), se realizan, como ya se ha dicho, sobre granos acetolizados y tratados de idéntica manera, después de transcurridas –al menos– dos semanas de su montaje en gelatina glicerizada.

Los parámetros de uso común en el análisis polínico son:

Eje polar (P). Diámetro ecuatorial (E). Cociente de ambos (P/E), que proporciona información sobre la forma del grano (pág 54). Índice del área polar (IAP), que expresa la relación entre el lado del apocolpio del grano y el diámetro ecuatorial E. También se miden, el grosor de la exina, la longitud y aplitud de los colpos, el diámetro de los poros, la altura y el número de las espinas, la forma y anchura de los lúmenes, etc.

Para la mayoría de las aplicaciones estadísticas es suficiente con 160 medidas para cada carácter estudiado.

El factor de conversión a medidas estandar definido por la relación  $C/25$  (siendo C el tamaño de un grano bajo condiciones en las cuales *Corylus avellana* tiene un tamaño medio de 25,4  $\mu\text{m}$  para polen acetolizado y reciente montado en gelatina glicerizada es de 1,5 según Faegri & Iversen (1989).

Durante el proceso de identificación, los autores consultaron las descripciones de Belmonte (1984), Baño Breis (1986), Carretero (1989), Faegri & Iversen (1989) y Moore y Webb (1978), comprobando en algunas ocasiones que los términos «tectado», «intectado». etc, no son admitidos por algunos autores modernos Así mismo utilizaron la nomenclatura de Erdtman (1969) castellanizada por Saenz (1978).

### 3.2.5. Taxones encontrados

La Palinoteca elaborada siguiendo las directrices señaladas, hace mención a la morfología del grano, su tamaño, tipo de miel que titula, etc., y, en dos sendas tablas, una paramétrica y otra descriptiva, que se insertan al final del epígrafe, rezan los valores calculados y un resumen de los caracteres morfológicos observados respectivamente. De todos los taxones se citan sus nombres botánicos y vulgares y, la mayoría, cuentan con ilustración microfotográfica.

Los taxones encontrados son los siguientes:

*Lavandula latifolia* (espliego) (fig. 26)

Es un polen de tamaño medio, con seis aberturas colpoideas profundas y superficie exínica reticulada finamente punteada.

El néctar de esta planta constituye la base fundamental de la miel de espliego.

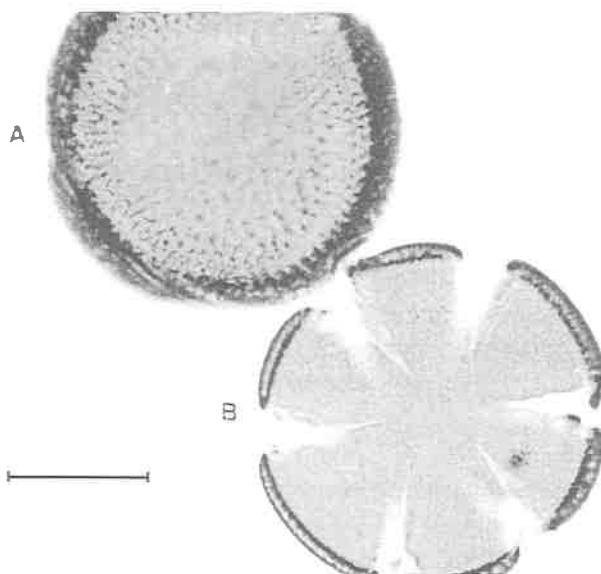


Fig. 26.- Polen de *Lavandula latifolia* (Espliego). A, vista ecuatorial; B, vista polar. (Escala: 10  $\mu$ m).



***Plantago coronopus*** (corónopo, estrellamar, pie de cuervo) (fig. 27)

Es un polen esférico, de tamaño medio, con seis-ocho poros circulares de 5  $\mu\text{m}$  de diámetro provisto de margen periférico de endexina.

***Echium plantagineum*** (vivorera) (fig. 28)

Es un polen tricolporado de superficie reticulada. Muchas veces es asiduo acompañante de mieles monoflorales.

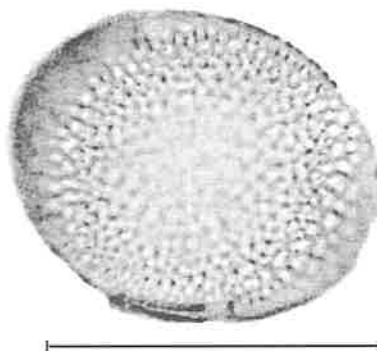


Fig. 27.- Polen de *Plantago coronopus* (Pie de cuervo). (Escala: 9,5  $\mu\text{m}$ ).

Fig. 28.- Polen de *Echium plantagineum* (Vivorera). (Escala: 24  $\mu\text{m}$ ).

***Taraxacum officinalis*** (diente de león) (figs. 41C y 42 B)

Se caracteriza este polen por el sistema de lagunas, crestas y espinas dispuestas en torno a tres aberturas colporoideas vestibulares.

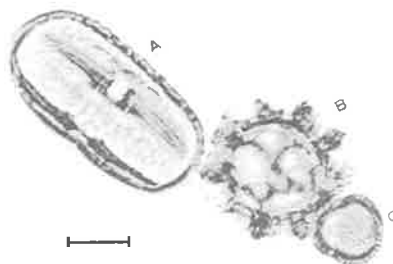
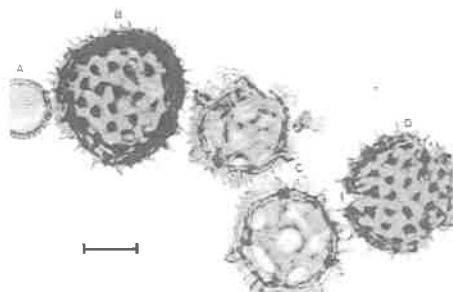


Fig. 41.- Pólenes de: A, *Brassica barrelieri* (Col); B, *Helianthus annuus* (Girasol); C, *Taraxacum officinalis* (Diente de león); D, *Chrysanthemum coronarium* (Crisantemo). (Escala: 14  $\mu\text{m}$ ).

Fig. 42.- Pólenes de: A, *Vicia faba* (Haba); B, *Taraxacum officinalis* (Diente de león); C, *Brassica barrelieri* (Col). (Escala: 17,5  $\mu\text{m}$ ).

***Oxalis pes-caprae*** (agrios) (fig. 29)

Polen tricolpado, de tamaño grande y superficie reticulada. En él es fácil distinguir minúsculas punteaduras en los centros de los muros que delimitan los lúmenes.

***Prunus dulcis*** (almendro) (fig. 31)

Es un polen tricolpado, provisto de vestíbulo y con la superficie exínica estriada. Por la temprana época de floración de esta especie, las abejas disponen de él para activar las colmenas al final del invierno.

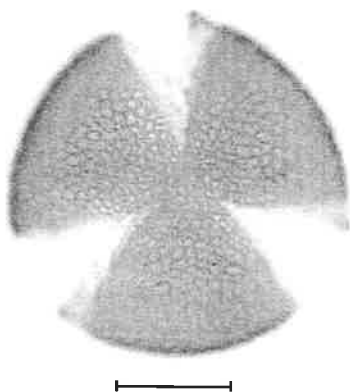


Fig. 29.- Polen de *Oxalis pes-caprae* (Agrios)  
(Escala: 10  $\mu$ m).



Fig. 31.- Microfotografía electrónica de un grano de polen de *Prunus dulcis* (Almendro). (x 2.500).

***Prunus armeniaca*** (albaricoquero) (fig. 32)

Polen tricolpado, provisto de espacio vestibular de superficie estriada filiforme en la que se observan abundantes microporos.

***Prunus persica*** (melocotonero) (fig. 33)

Es un polen tricolpado, sin vestíbulo, provisto de un gran apocolpio y con una superficie exínica estriada de tipo lagunar. Los autores encontraron en este taxón un 5,87% de granos tetracolpados.

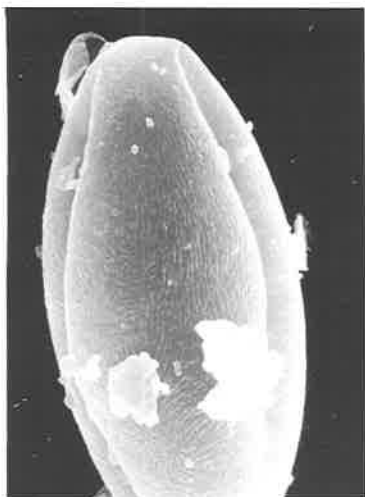


Fig. 32.- Microfotografía electrónica de un grano de polen de *Prunus armeniaca* (Albaricoquero). (x 2.500).

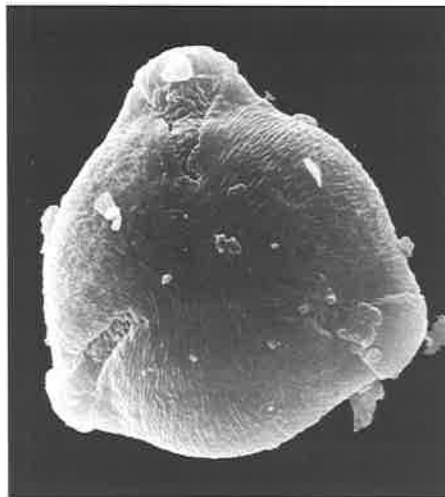


Fig. 33.- Microfotografía electrónica de un grano de polen de *Prunus persica* (Melocotonero). (x 2.500).

***Prunus domestica*** (ciruelo) (fig. 34)

Prolen tricolpado, desprovisto de vestíbulo y con superficie exínica estriada en el apocolpio.

***Prunus cerassus*** (guindo) (fig. 35)

Polen tricolpado, sin vestíbulo y con la superficie exínica estriada en la región del mesocolpio.



Fig. 34.- Microfotografía electrónica de un grano de polen de *Prunus domestica* (Ciruelo), en vista polar (x 2.000).



Fig. 35.- Microfotografía electrónica de un grano de un grano de polen de *Prunus cerassus* (Guindo), en vista meridiana (x 2.500).

***Echinops ritro*** (cardo yesquero) (fig. 30)

Polen de tamaño grande, tricolporado, con notable engrosamiento de la exina en la zona ecuatorial.

***Brassica barrelieri*** (col) (fig. 41A)

Polen tricolporado, no porado, de exina tectada, con la superficie reticulada en la cual son frecuentes lúmenes de 2  $\mu\text{m}$  de anchura con forma exagonal.



Fig. 30.- Polen de *Echinops ritro* (*Cardo yesquero*). (Escala: 22  $\mu\text{m}$ )

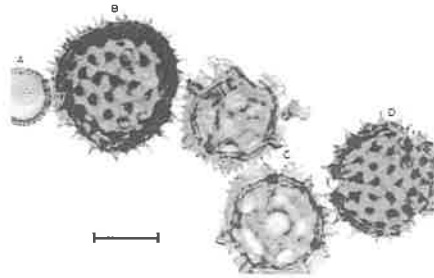


Fig. 41.- Pólenes de: A, *Brassica barrelieri* (*Col*); B, *Helianthus annuus* (*Girasol*); C, *Taraxacum officinalis* (*Diente de león*); D, *Chrysanthemum coronarium* (*Crisantemo*). (Escala: 14  $\mu\text{m}$ ).

***Quercus ilex*** (encina) (figs. 36 y 37)

Es un polen de tamaño medio, con tres aberturas colpoideas estructuradas en endoaberturas con forma de poro lolongado. Exina tectada de 2  $\mu\text{m}$  de espesor y microperforada. La observación de este polen al microscopio electrónico de barrido (MEB), revela que el relieve suprategal lo forman unos haces de espínulas entresoldadas y en disposición regulada, que confieren a la superficie un aspecto mamilífero. Este polen acompaña con frecuencia a la miel de mielato llamada de encina.

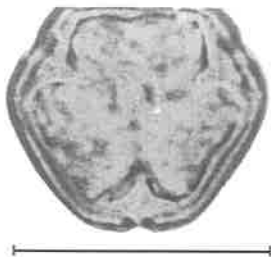


Fig. 36.- Microfotografía óptica de un grano de polen de *Quercus ilex* (*Encina, carrasca*) en vista polar. (Escala: 30  $\mu\text{m}$ ).

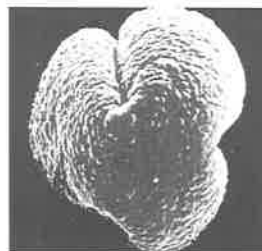


Fig. 37.- Microfotografía electrónica de un grano de polen de *Quercus ilex* (*Encina, carrasca*). (x 5.000).

*Vitis vinifera* (vid) (fig. 40)

Polen más o menos esférico, tricolporado, de poros medianos marginados de endexina, superficie foveolada y microreticulada irregularmente. Sin embargo, las aberturas sólo son visibles en el área polar, debido al mayor tamaño de los lúmenes en esta zona del grano. Colpos estrechos, ligeramente cilíndricos en ambos extremos. Es un polen intectado.

*Chrysanthemum coronarium* (crisantemo) (figs. 38, 39 y 41D)

Polen de forma esferoidal cuya sección ecuatorial tiende a la triangulación en los granos tricolpados, y a la cuadratura en los tetracolpados. Las cubiertas están constituidas por un estrato exinoso, de 5 a 6  $\mu\text{m}$  de grueso, del que sobresalen espinas de 2 a 4  $\mu\text{m}$  de altura; ectexina de superficie escasamente punteada; endosexina baculada con columelas bien diferenciadas que siguen el festón que determinan las bases de las espinas, las cuales son, prácticamente, tan anchas como largas. Se trata, por consiguiente, de un polen no lofado, equinado y baculado.

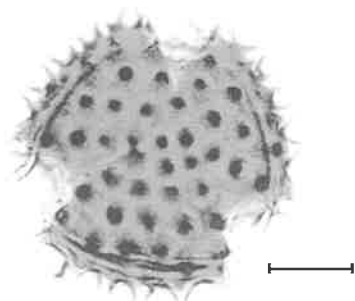


Fig. 38.- Polen tricolpado en vista polar de *Chrysanthemum coronarium* (Crisantemo). (Escala: 8  $\mu\text{m}$ ).

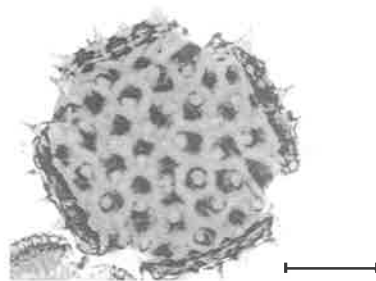


Fig. 39.- Polen tetracolpado en vista polar de *Chrysanthemum coronarium* (Crisantemo). (Escala: 8  $\mu\text{m}$ )

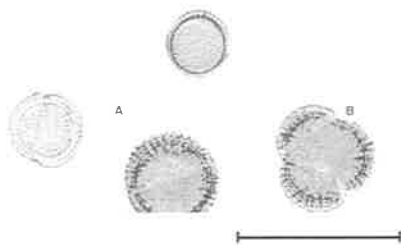


Fig. 40.- Polen de *Vitis vinifera* (Vid). A, vista meridiana; B, vista polar. (Escala: 20  $\mu\text{m}$ ).

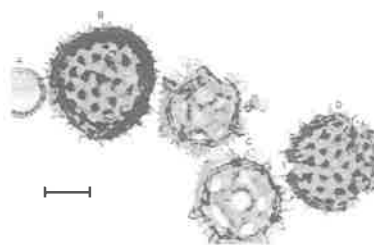
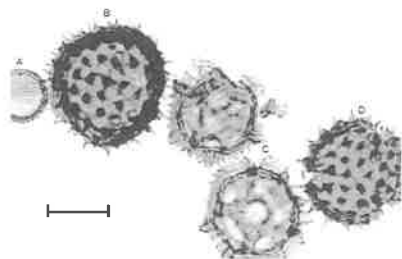


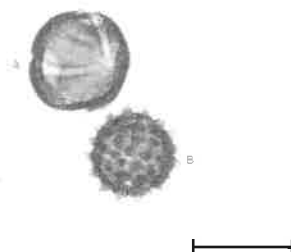
Fig. 41.- Pólenes de: A, *Brassica barleri* (Col); B, *Helianthus annus* (Girasol); C, *Taraxacum officinalis* (Diente de león); D, *Chrysanthemum coronarium* (Crisantemo). (Escala: 14  $\mu\text{m}$ ).

***Helianthus annuus*** (girasol) (figs. 41B y 58B)

Polen isopolar, generalmente, esférico, que en vista polar se presenta como subcircular, y en vista ecuatorial como oval. Apocolpio de 16-18  $\mu\text{m}$ , y mesocolpio de 25-30  $\mu\text{m}$ . Esporodermis equinada, con espinas cuya base microperforada mide entre 1,5 y 2  $\mu\text{m}$  y su altura entre 4 y 5  $\mu\text{m}$ . Este polen tipifica la miel monofloral de girasol, cuya producción en España se estima en un 40% del total.



**Fig. 41.-** Pólenes de: A, *Brassica barbelieri* (Col); B, *Helianthus annuus* (Girasol); C, *Taraxacum officinalis* (Diente de león); D, *Chrysanthemum coronarium* (Crisantemo). (Escala: 14  $\mu\text{m}$ ).



**Fig. 58.-** Granos de polen de: A, *Arbutus unedo* (Madroño) y B, *Helianthus annuus* (Girasol). (Escala: 30  $\mu\text{m}$ ).

***Pyrus communis*** (peral) (fig. 50)

Polen de forma esférica u oblada en grano no embebido. En vista polar presenta una forma triángulo circular y, en vista ecuatorial, la forma es elíptica. En vista ecuatorial, además, es posible distinguir el poro. Posee una esporodermis estriada, con estrias cortas y bífidas, las cuales se aprecian asociadas, paralelamente, en el mesocolpio y, anastomosadas, en el apocolpio. Es un polen de exina tectada y aberturas de tipo colpo. Éste, en número de tres por grano, tiene una anchura de 5-7  $\mu\text{m}$ , y una longitud que se extiende de polo a polo.

***Malus domestica*** (manzano) (fig. 51)

Polen de características muy semejantes a *Pyrus communis*, del que se diferencia por el tamaño, que es un poco mayor, y por la escultura de la esporodermis que es estriada fosulada. El número de perforaciones (fosulas) por unidad de superficie, así como la transformación de éstas en foveolas, puede ser un buen carácter taxonómico diferenciador por debajo del género. Aberturas de tipo colpo, que se extienden a lo largo del eje polar.



Fig. 50.- Microfotografía electrónica de polen de *Pyrus communis* (Peral). (x 2.000).



Fig. 51.- Microfotografía electrónica de polen de *Malus domestica* (Manzano). (x 3.000).

***Citrus limon*** (limonero) (figs. 43, 44, 45, 46, 49 y 52).

Morfológicamente, es un polen prolato esferoidal (P/E=1,01 - 1,14). Tectado, con tectum microperforado y exina foveolada con tendencia a reticulada. Aberturas de tipo colpo y número variable: (50,6%) tetracolpados; (48,1%) pentacolpados y (1,2%) hexacolpados. Las endoaberturas son alargadas, nomotremas y pantotremas, con costillas de 1-1,5  $\mu\text{m}$  y cámara vestibular de 4  $\mu\text{m}$  de anchura. Este polen (y el néctar) tipifican a la miel monofloral de azahar de limón, miel acogida a la denominación «Producto de calidad» de la Región de Murcia.



Fig. 43.- Polen de *Citrus limon* (Limonero) en corte óptico ecuatorial. (Escala: 13  $\mu\text{m}$ ).

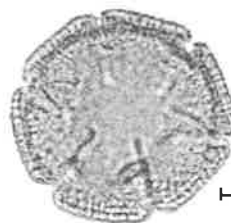


Fig. 44.- Grano de polen hexacolpado de *Citrus limon* (Limonero). (Escala: 14  $\mu\text{m}$ ).



Fig. 46.- Grano de polen tetracolpado de *Citrus limon* (Limonero). (Escala: 17,5  $\mu\text{m}$ ).

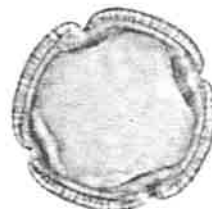


Fig. 45.- Grano de polen pentacolpado de *Citrus limon* (Limonero). (Escala: 15,5  $\mu\text{m}$ ).

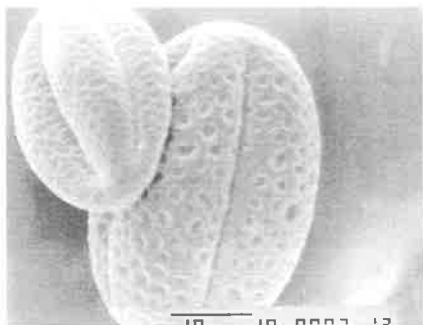


Fig. 49.- Microfotografía electrónica de polen de *Citrus limon* (Limónero) en vista meridiana.

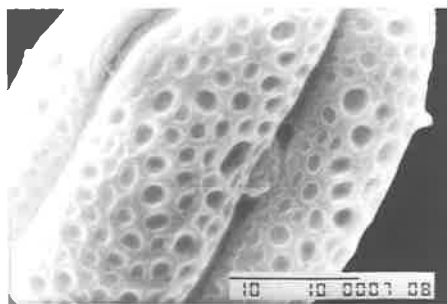


Fig. 52.- Microfotografía electrónica de barrido de un colpo vestibular con exina foveolada de un grano de polen de *Citrus limon* (Limónero). (x 10.000).

#### *Centaurea cyanus* (azulejo) (fig. 47)

Polen subprolato, isopolar, triangular en vista polar y oval circular en vista meridiana. Aberturas de tipo colpoporo, de 25-30  $\mu\text{m}$  de longitud por 5-10  $\mu\text{m}$  de ancho. La escultura de la esporodermis es intrareticulada, con verrugas de 0,5-1  $\mu\text{m}$  de superficie. El apocolpio, de 7-10  $\mu\text{m}$  de superficie, presenta un tipo de retícula cuyos lúmenes son de menor tamaño que los del mesocolpio, que tienen un área de 10-12  $\mu\text{m}$ .

#### *Cirsium arvense* (cardo) (fig. 48)

Polen de forma oblato-esferoidal, isopolar, subcircular en vista polar y oval en vista meridiana. Aberturas de tipo colpoporo con los extremos redondeados, de 20-25  $\mu\text{m}$  de longitud por 5-10  $\mu\text{m}$  de anchura. La escultura de la esporodermis es equinada, con espinas poco agudas, de 4-6  $\mu\text{m}$  de altura. Posee un pequeño apocolpio (10  $\mu\text{m}$ ) y un gran mesocolpio (35,7  $\mu\text{m}$ ).

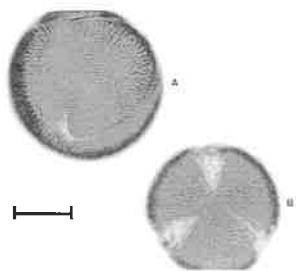


Fig. 47.- Polen de *Centaurea cyanus* (Tramaladro). A, vista meridiana; B, vista polar. Escala: 13,5  $\mu\text{m}$ .

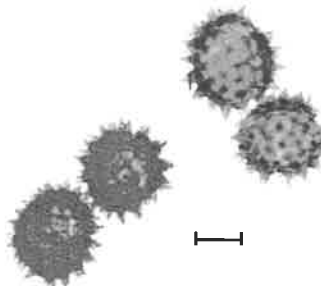


Fig. 48.- En doble tinción, polen de *Cirsium arvense* (Cardo corredero). (Escala: 42  $\mu\text{m}$ ).



***Vicia faba*** (haba) (fig. 42A)

Polen prolato. En corte óptico meridiano se presenta como marcadamente oblongo, mientras que en corte óptico polar lo es triángulo-circular. Aberturas de tipo colpo con poros de gran amplitud y forma diversa. Esporodermis foveolada con tendencia a reticulada. Polen de exina intacta.

***Phoenix dactylifera*** (palmera datilera) (fig. 53)

Polen prolato. Elipsoidal en corte óptico meridiano, y circular en corte óptico polar. Una sola abertura (típico polen de monocotiledónea) de tipo colpo, extendida a lo largo de todo el grano, de polo a polo. Esporodermis pantoporada, en la que el número de poros por unidad de superficie, así como su morfología, vienen a ser buenos caracteres taxonómicos diferenciadores.

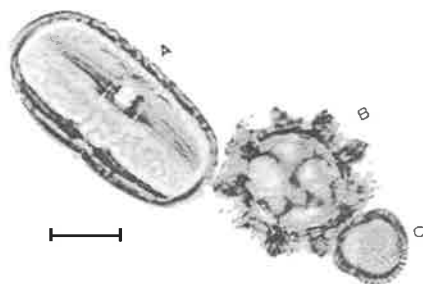


Fig. 42.- Pólenes de: A, *Vicia faba* (Haba); B, *Taraxacum officinalis* (Diente de león); C, *Brassica barleri* (Col). (Escala: 17,5  $\mu\text{m}$ ).

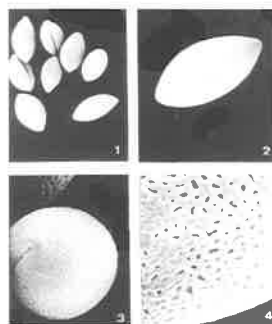


Fig. 53.- Microfotografías electrónicas de granos de polen de *Phoenix dactylifera* (Palmera datilera). 1, conjunto (x 800); 2, grano entero en vista ecuatorial (x 2.000); 3, vista polar (x 4.000) y 4, margen de la superficie reticulada (x 7.000).

***Salvia lavandulifolia*** (salvia fina) (fig. 54)

Es un polen de tamaño grande, de forma casi circular ( $P/E = 1,06$ ), con seis aberturas colpoideas recubiertas, cada una, por un reborde de endoexina, que dificulta notablemente la observación. Superficie esporodérmica reticulada de doble estrato. Exina tectada.

***Satureja cuneifolia*** (tomillo real)

Polen de forma hexagonal-circular, más concretamente oblato esferoidal en vista ecuatorial. Seis aberturas colpoideas de límites muy irregulares. Exina tectada, de grosor medio, en la que son visibles las columelas

cuando se consigue un corte óptico apropiado y la observación se hace con objetivos de inmersión en aceite.

***Anthyllis cytisoides*** (albaida) (fig. 60)

Polen prolato-esferoidal ( $P/E = 1,07$ ), de forma triangular-circular en vista polar, y ligeramente elíptica en vista ecuatorial. Tres aberturas colpoideas que, aproximadamente, se extienden hasta los  $2/3$  del apocolpio. Exina intactada, de menos de  $2 \mu\text{m}$  de grosor. Superficie microrreticulada en la mayor parte del mesocolpio, del cual, pequeñas áreas presentan asperezas. Este polen (y el néctar floral), constituyen la base fundamental de la apreciada miel monofloral de albaida.



Fig. 54.- Polen de *Salvia lavandulifolia* (*Salvia*). (Escala:  $22 \mu\text{m}$ ).

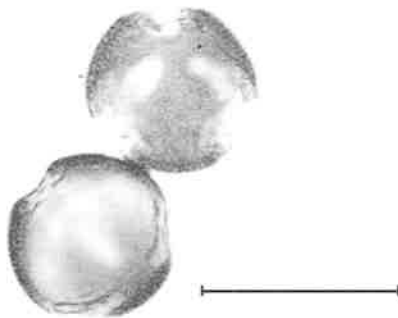


Fig. 60.- Pólenes de *Anthyllis cytisoides* (*Albaida*). (Escala:  $15 \mu\text{m}$ ).

***Malva sylvestris*** (malva) (fig. 62)

Polen de gran tamaño, próximo a las  $100 \mu\text{m}$  de diámetro; de forma esférica en vista polar y ecuatorial, por tanto se trata de un tipo de polen de ejes equiáxicos. Superficie equinada, sobre cuyas espinas se intercalan -en distribución regular-, extensas zonas de poros alternando con otras de microverrugas. Exina intactada de poco grosor.

Los granos de polen de malva son muy viscosos, por lo que se adhieren fácilmente al cuerpo de los insectos polinizadores que, en el caso de las abejas, curiosamente, se desprenden de ellos rápidamente después de libar afanosamente en los generosos nectarios de la planta.

***Trifolium repens*** (trébol de césped) (fig. 59)

Polen de tamaño medio; forma circular en vista polar y rectangular en vista ecuatorial; ejes longuiáxicos. Tres aberturas de tipo colpoporo, con el colpo largo, estrecho y con constricciones secundarias. Superficie

microreticulada, con lúmenes y muros de distribución regular y granulaciones interpuestas. Exina semitectada, de grosor medio, por lo que sólo en algunas zonas de la misma es posible distinguir los báculos.

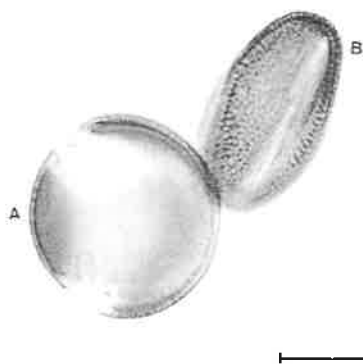


Fig. 59.- Polen de *Trifolium repens* (Trébol). A, vista polar; B, vista meridiana. (Escala: 14  $\mu\text{m}$ ).

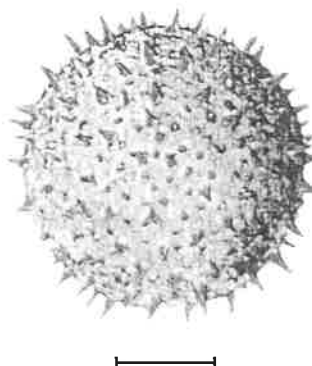


Fig. 62.- Polen de *Malva sylvestris* (*Malva* común). (Escala: 33  $\mu\text{m}$ ).

#### *Ceratonia siliqua* (algarrobo) (fig. 55)

Polen de tamaño medio y forma esférica o ligeramente elipsoidal: prolato-esferoidal ( $P/E=1,03$ ) de ejes equiáxicos. Algunas veces, en visión ecuatorial, se observa el contorno del grano ligeramente poligonal, pero siempre en visión polar es circular. Posee cuatro aberturas de tipo colpo, presentando el colpo largo, estrecho y con constricciones secundarias originadas por engrosamientos de endoexina. Superficie reticulada, con lúmenes muy pequeños distribuidos regularmente. Exina tectada de grosor medio en la que son visibles los báculos si la observación se hace con objetivo de inmersión en aceite.

#### *Diploaxis erucoides* (rabaniza) (fig. 56)

Polen de tamaño medio, forma triangular circular en vista polar y elipsoidal en visión ecuatorial. Es polen prolato-esferoidal con ejes longiáxicos. Tres aberturas de tipo colpo, largo y ancho. En muchas preparaciones microscópicas de estos granos se aprecia que los muros del retículo se desorganizan y los lúmenes quedan abiertos. Superficie reticulada, con retículo homogéneo, sobre todo en el mesocolpio. Exina tectada, de grosor medio, siendo las columelas visibles. Casi todas las especies del género *Diploaxis* son de gran importancia melífera dado su potencial polinífero y nectarífero.

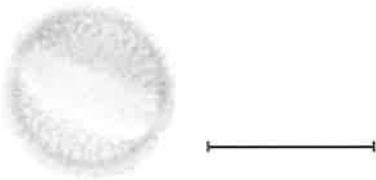


Fig. 55.- Polen de *Ceratonia siliqua* (Algarrobo). (Escala: 28  $\mu\text{m}$ ).



Fig. 56.- Polen de *Diplotaxis eruroides* (Rabanita); A, visión ecuatorial; B, margen. (Escala: 27  $\mu\text{m}$ ).

***Retama sphaerocarpa*** (retama de bolas) (fig. 61)

Polen de tamaño medio, de forma triangular en vista polar, rómbico-circular en visión ecuatorial y oblato esferoidal a tenor del valor medio del cociente P/E. Ejes equiáxicos. Tres aberturas de tipo colpoporo, de colpos largos, anchos y con constricción. Superficie reticular, con retículo fino de distribución regular, salpicado de pequeños micro relieves asociados en diminutos islotes (superficie insulada). Exina tectada.

***Rosmarinus officinalis*** (romero) (fig. 57)

Polen de tamaño grande, de forma hexagonal en visión polar y elíptica o ligeramente oblonga en visión ecuatorial. Por el valor medio del cociente P/E, se clasifica este polen como oblato esferoidal. Posee seis aberturas de tipo colpo, largas y penetrantes hasta más de la mitad del apocolpio, lo que origina un área polar pequeña. Superficie reticulada, dispuesta en doble estrato, que es visible durante el análisis L O. Este polen (y sobre todo el néctar floral de *Rosmarinus*) constituyen la base de la acreditada miel monofloral de romero, miel ya acogida a la denominación «Producto de calidad» en la Región de Murcia.

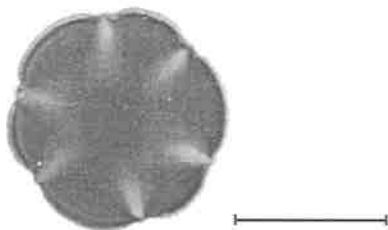


Fig. 57.- Granos de polen de *Rosmarinus officinalis* (Romero). (Escala: 40  $\mu\text{m}$ ).

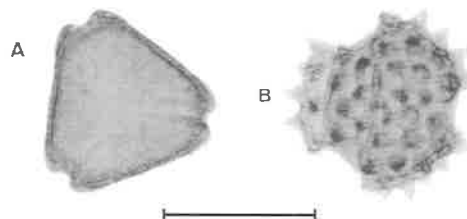


Fig. 61.- Pólenes de: A, *Retama sphaerocarpa* (*Retama vulgar*) y B, *Chrysanthemum coronarium* (*Crisantemo*). (Escala: 20  $\mu\text{m}$ ).

***Ulex parviflorus*** (aulaga) (fig. 63)

Polen de tamaño medio, de forma triangular con contornos convexos, en visión polar, y oblato esferoidal en visión ecuatorial. Ejes longuiáxicos. Posee tres aberturas de tipo colpoporo, grandes, de límites irregulares pero de distribución regular. Superficie reticulada con retículo fino. Exina tectada.

***Thymus vulgaris*** (tomillo) (fig. 64)

Polen de forma hexagonal en vista polar, y oblato-esferoidal en vista meridiana. Hexacolpado, de colpos muy alargados, tanto, que el área polar queda reducida a menos del 25%. Exina tectada y superficie reticulada.

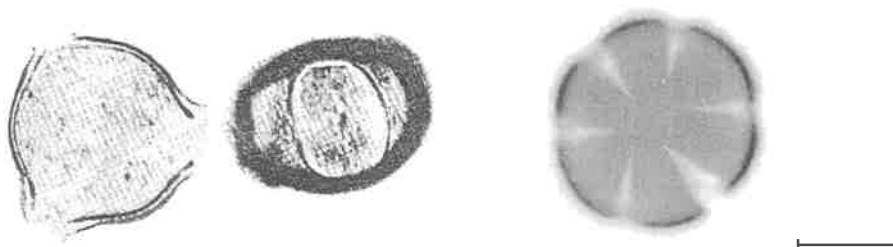


Fig. 63.- Pólenes de *Ulex parviflorus* (Aulaga). Fig. 64.- Polen de *Thymus vulgaris* (Tomillo). (Escala: 26  $\mu\text{m}$ ).

***Teucrium fruticans*** (salvia áspera) (fig. 65)

Polen de forma circular o triángulo circular convexo en vista polar, y elíptica en vista meridiana. Tricolpado, con colpos sin constricción ecuatorial, agudos, tapizados interiormente de un engrosamiento de endoexina y, algunos, provistos de opérculo. Superficie suprategal engrosada fuera del área polar, y esculpida de microverrugas.

***Genista scorpius*** (aulaga negra) (fig. 66)

Grano de polen de tamaño medio, de forma circular en vista polar y de forma elíptica en vista meridiana. Tricolporado, con amplias áreas poroideas, colpos largos y tan anchos que dejan muy reducido el mesocolpio. Exina muy fina, de 1  $\mu\text{m}$  o menos, que no permite distinguir las columelas. Ejes equiáxicos. Superficie reticulada.

***Prunus insititia*** (ciruelo silvestre) (fig. 67)

Grano de tamaño pequeño, de forma triángulo-circular en vista polar,

y elipsoidal en vista meridiana. Tricolporado sin vestíbulo. Superficie estriada irregularmente, con estrias más engrosadas en el apocolpio. Exina gruesa.

***Vicia sativa*** (arveja)

Polen prolato (P/E=1,42). De forma variable, triángulo-circular a circular en vista polar, y de forma ovoidea (a veces muy alargada) en vista meridiana. Ejes longuiáxicos. Tricolporado, con los colpos alargados, y el poro central que es elíptico, está marginado con un collarín de endoexina; el resto de los poros son muy visibles en el mesocolpio. Exina intactada de grosor medio. Superficie reticulada con tendencia a foveolada.

***Hypercoum imberbe*** (pamplina) (fig. 68)

Grano esférico, de tamaño medio, superficie microfosulada, ornamentación granulosa. Dicolpado, de colpos largos (de polo a polo), anchos y con gránulos sobre los bordes. Exina fina. Grano de ejes equiáxicos.



Fig. 65.- Polen de *Teucrium fruticans* (*Salvia áspera*). (Escala: 45  $\mu$ m).

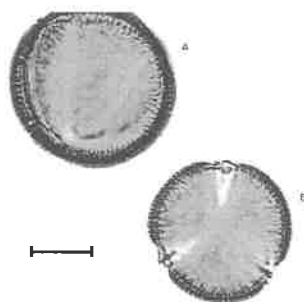


Fig. 66.- Polen de *Genista scorpius* (*Aulaga parda*). (Escala: 25  $\mu$ m).

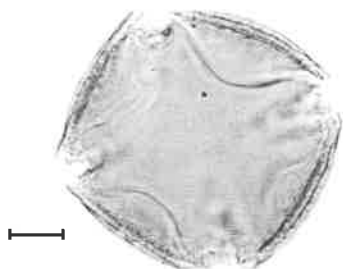


Fig. 67.- Polen tetracolpado de *Prunus insititia* (*Ciruelo silvestre*). (Escala: 20  $\mu$ m).

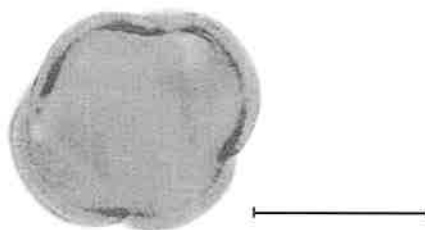


Fig. 68.- Polen de *Hypercoum imberbe* (*Zadorija, zapatilla santa*). (Escala: 15  $\mu$ m).

***Malva sp*** (malva) (fig. 62)

Polen esférico de gran tamaño, periporado, con poros de 3-5  $\mu\text{m}$  de diámetro alternando con otros de menor tamaño. Exina fina, intactada, de superficie equinada, con espinas más largas que anchas y claramente dimórficas. El número de poros y espinas por unidad de superficie, y su tamaño, pueden servir de elementos taxonómicos diferenciadores por debajo del género.

***Erica arborea*** (brezo blanco) (fig. 69)

Tétrada tetragonal, subglobular, de tamaño medio. Granos tetracolporados, intactados, con ornamentación variable: psilada, escábrida y granulosa, desigualmente distribuida. Colpos cortos, estrechos, de límites irregulares y con formaciones secundarias en forma de anillo. Exina de grosor medio, engrosada en las aberturas. Este polen (y el néctar) tipifican una clase de miel monofloral.

***Erica multiflora*** (brezo) (fig. 70)

Tétrada tetragonal, formada por cuatro granos de polen tetracolporados e intactados. Es una especie de características muy parecidas a *Erica arborea*, pero de menor tamaño.

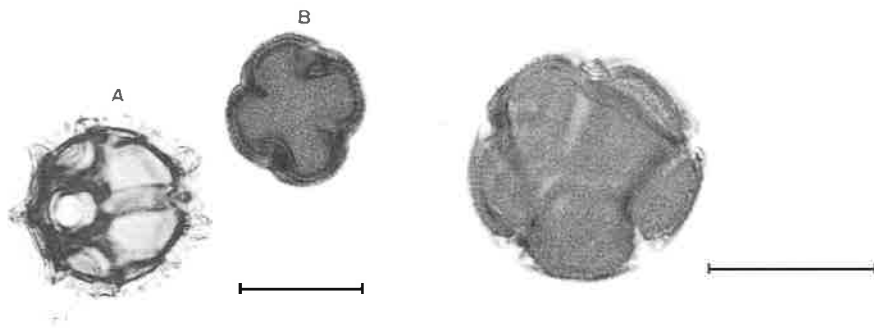


Fig. 69.- Pólenes de: A, *Taraxacum officinalis* (Diente de león) y B, *Erica arborea* (Brezo). (Escala: 18  $\mu\text{m}$ ).

Fig. 70.- Polen de *Erica multiflora* (Brezo común). (Escala: 17  $\mu\text{m}$ ).

***Arbutus unedo*** (madroño) (fig. 58A)

Grano compuesto configurando una tétrada, pero de forma casi esférica debido al escaso pronunciamiento de sus lóbulos. Los granos son tetracolporados, con colpos largos, lo que origina una zona apocálpica reducida (diferencia con el género *Erica*). Es una especie de gran interés

apícola por su riqueza nectarífera y polínifera pero, al florecer casi en pleno invierno, apenas es visitada por las abejas, que en esta estación son poco activas. No obstante, se han obtenido buenas producciones de miel, si bien con sabor amargo. Quizá a este sabor se refiere Pryce-Jones (1944), cuando asegura que el arbolillo *Arbutus unedo* elabora una toxina, la arbutina, glucóxido dañino para las abejas aunque inocuo para las personas. (v. «Mieles tóxicas»).

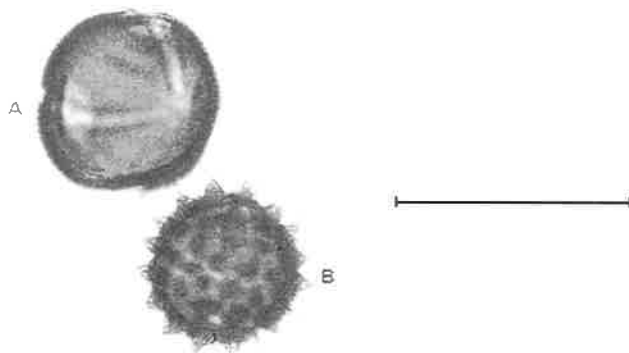


Fig. 58.- Granos de polen de: A, *Arbutus unedo* (Madroño) y B, *Helianthus annuus* (Girasol). (Escala: 30  $\mu\text{m}$ ).



TABLA III

Especie	P		Rango	E		Rango	P/E	IAP	Exina		Colpo	
	X $\mu$ m	on	P $\mu$ m	X $\mu$ m	on	E $\mu$ m			X $\mu$ m	on	X $\mu$ m	on
Lavandula latifolia	26,24	2,60	31,54-23,24	27,90	2,62	23,20-24,90	0,93	0,31	2,07	0,63	20,00	2,31
Plantago coronopus <sup>(1)</sup>	26,56	2,55	28,22-24,90	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Echium plantagineum	23,34	2,19	24,90-21,58	21,78	2,06	23,24-19,92	1,07	0,60	2,17	0,14	—	—
Taraxacum officinale	28,01	2,65	33,20-24,90	27,18	2,62	31,54-23,24	1,03	0,25	1,66	0,38	3,32	0,33
Oxalis pes-caprae	48,24	3,32	58,10-43,16	44,40	2,95	53,12-36,52	1,08	0,16	3,32	0,73	—	—
Prunus dulcis	30,37	3,64	40,64-13,97	22,98	2,64	27,94-11,43	1,32	0,93	1,36	0,34	6,47	0,49
Prunus armeniaca	27,18	2,62	39,37-20,32	19,89	2,46	25,40-12,70	1,36	0,82	1,01	0,17	4,40	0,71
Prunus pérsica <sup>(2)</sup>	22,54	2,26	30,48-13,97	17,27	3,11	24,13-12,70	1,30	1,07	1,64	0,38	2,60	0,18
											3,77	0,31
Prunus doméstica	18,73	1,42	21,59-13,97	14,12	1,62	17,78-10,16	1,32	0,93	2,31	0,14	2,90	0,57
Prunus cerassus	17,37	2,40	24,13-12,70	12,23	1,90	17,78-8,89	1,42	1,10	1,31	0,27	2,24	0,32
Echinops ritro	63,85	3,21	66,33-60,55	47,33	3,12	50,31-42,1	1,34	1,17	9,15	1,03	—	—
Brassica barrelieri	31,64	2,27	34,86-26,56	23,91	1,36	26,56-21,58	1,32	0,76	2,17	0,40	14,42	1,20
Quercus ilex	32,66	2,49	34,17-20,75	—	—	—	—	—	1,95	0,55	—	—
Vitis vinifera <sup>(1)</sup>	19,09	1,36	21,58-16,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Chrysantemum coronarium	28,32	2,55	33,20-26,56	24,69	2,02	28,22-23,24	1,14	1,06	5,91	0,91	—	—
Helianthus anuus	34,54	3,64	36,52-33,20	40,35	3,70	41,50-38,18	0,85	0,68	1,95	0,39	—	—
Pyrus communis	29,37	2,60	33,75-24,22	27,12	3,15	40,12-23,14	1,08	0,99	1,66	0,48	5,37	1,01
Malus doméstica	31,44	2,95	37,91-25,25	29,17	3,33	41,07-24,91	1,07	0,98	2,01	0,55	6,05	1,51
Citrus limón	35,35	2,97	42,55-27,55	32,69	3,18	37,50-22,50	1,07	0,88	1,80	0,22	30,12	2,16
Centaurea cyanus	37,55	2,70	41,44-30,51	29,33	2,65	31,33-24,57	1,29	1,15	2,22	0,13	6,43	0,47
Cirsium arvense	42,15	3,01	48,80-36,70	47,33	2,67	52,72-40,41	0,89	0,99	7,31	1,23	—	—

(Continúa en la página siguiente) ↓

<i>Vicia faba</i>	47,32	2,99	59,30-44,42	32,22	2,12	38,43-27,16	0,91	0,88	1,66	0,39	—	—
<i>Phoenix dactylifera</i>	27,18	2,62	30,85-25,55	14,42	1,62	19,25-13,22	1,92	—	1,64	0,27	23,65	2,15
<i>Salvia lavandulifolia</i>	44,44	3,21	51,30-39,91	41,55	2,33	43,49-40,15	1,06	—	2,30	0,11	—	—
<i>Satureja cuneifolia</i>	29,51	2,43	35,61-26,22	31,29	2,14	36,17-27,18	0,94	—	2,43	0,17	—	—
<i>Anthyllis cytisoides</i>	30,33	3,04	36,52-24,81	28,14	2,88	29,11-23,90	1,07	1,09	1,58	0,13	6,10	1,11
<i>Malva sylvestris</i> <sup>(1)</sup>	97,52	3,33	98,75-80,16	—	—	—	—	—	1,97	1,06	3,79	1,88
<i>Trifolium repens</i>	27,47	2,13	35,10-24,60	25,06	2,73	27,79-23,10	1,09	1,03	1,79	0,80	2,05	0,95
<i>Ceratonía siliqua</i>	28,38	2,10	36,15-24,98	27,40	2,05	35,18-23,19	1,03	1,14	1,98	0,92	2,10	1,11
<i>Diplotaxis erucoides</i>	27,97	1,37	32,90-25,18	25,92	2,33	30,66-24,71	1,07	1,30	2,05	1,15	3,97	2,01
<i>Retama sphaerocarpa</i>	20,76	2,65	24,62-18,14	28,05	2,01	30,02-24,14	0,74	1,05	1,62	0,83	2,33	1,91
<i>Rosmarinus officinalis</i>	39,43	2,95	46,22-35,16	51,66	3,21	55,11-41,15	0,76	1,42	1,5	1,11	4,10	2,75
<i>Ulex parviflorus</i>	24,86	2,11	28,13-22,33	23,67	2,95	24,15-21,70	1,05	1,86	1,5	1,04	6,15	2,10
<i>Thymus vulgaris</i>	25,59	1,55	30,58-23,16	34,10	2,01	36,56-30,14	0,75	0,60	1,55	0,13	20,00	2,15
<i>Teucrium fruticans</i>	46,15	3,60	53,51-43,17	40,11	2,22	45,46-38,15	1,15	1,06	1,05	0,88	3,32	0,35
<i>Genista scorpius</i>	25,18	2,71	28,11-22,33	24,02	2,10	23,44-20,71	1,04	1,88	1,00	1,05	6,44	2,51
<i>Prunus insititia</i>	18,73	1,42	21,59-13,97	14,12	1,62	17,78-10,16	1,32	1,23	2,31	0,14	2,90	0,57
<i>Vicia sativa</i>	40,15	2,65	55,30-40,01	28,22	2,12	33,72-23,16	1,42	0,88	1,55	0,38	6,50	1,64
<i>Hypocoum imberbe</i> <sup>(1)</sup>	21,33	3,13	26,26-17,18	—	—	—	—	—	1,50	0,10	15,75	2,02
<i>Malva cretica</i> <sup>(1)</sup>	96,87	3,17	121,50-94,90	—	—	—	—	—	1,88	0,37	—	—
<i>Erica arborea</i> <sup>(1)</sup>	D=31,54 µm: F=1,50 µm											
<i>Erica multiflora</i> <sup>(2)</sup>	D=28,50 µm: F=1,57 µm											
<i>Arbutus unedo</i> <sup>(2)</sup>	D=43,43 µm: F=1,50 µm											

(1) Polen esférico. Valor de P = Diámetro

P = eje polar; E = diámetro ecuatorial en µm (micrometros); P/E = cociente de ambos parámetros; IAP = índice del área polar y o = desviación típica

TABLA IV

Especie	Familia	Forma	Tamaño	N.º Aberturas	Tipo	Superficie	Exina	Color	Valor apícola
Lavandula latifolia	Labiatae	Hexagonal (VP) oblato-esferoidal	Medio (>1C)	Seis	Colpo profundo	Reticulada	Semi-tectada	Amarillo	Néctar-polen
Plantago coronopus	Plantaginaceae	Esférica	Medio (>1C)	Seis-ocho	Poros con margen	Microverrugosa	Semi-tectada	Amarillo-naranja	Polen
Echium plantagineum	Borraginaceae	Ovalada prolato-esferoidal	Medio (>1C)	Tres	Colpoporo	Microreticulada	Semi-tectada	Violáceo	Néctar-polen
Taraxacum officinale	Compositae	Esférica	Medio (>1C)	Tres	Colpoporo	Espinosa	Semi-tectada	Anaranjado	Polen
Oxalis pes-caprae	Oxalidaceae	Esférica prolato-esferoidal	Grande (>2C)	Tres	Colpo	Reticulada	Tectada	Amarillo-naranja	Polen
Prunus dulcis	Rosaceae	Triangular (VP) Subprolato	Medio (>1C)	Tres	Colpo con vestíbulo	Estriada estrías bifidas	Tectada	Amarillo-marrón	Néctar-polen
Prunus ameniaca	Rosaceae	Triangular (VP) prolato	Medio (>1C)	Tres	Colpo con vestíbulo	Estriada estrías filiformes	Tectada	Amarillo	Néctar-polen
Prunus pérsica	Rosaceae	Triangular (VP) subprolato	Medio (>1C)	Tres	Colpo sin vestíbulo	Estriada estrías lagunares	Tectada	Amarillo	Néctar-polen
Prunus cerasus	Rosaceae	Elipsoidal (VM)	Pequeño (1C)	Tres	Colpo sin vestíbulo	Estriada	Tectada	Amarillo-naranja	Polen
Echinops ritro	Compositae	Elipsoidal (VM)	Grande(>2C)	Tres	Colpoporo	Rugulada-equipada	Tectada	Blanco	Néctar-polen
Brassica barrelieri	Cruciferae	Triangular circular (VP)	Medio (>1C)	Tres	Colpo	Reticulada Retículo sin margen	Tectada	Amarillo	Polen
Quercus ilex	Fagaceae	Esférica	Medio (>1C)	Tres	Poros	Microgranulosa	Semi-tectada	Amarillo-grisáceo	Polen
Vitis vinifera	Vitaceae	Esférica	Pequeño (1C)	Tres	Colpoporo	Microreticulada	Intectada	Amarillo pálido	Néctar-polen
Chrysanthemum coronarium	Compositae	Elipsoidal prolato-esferoidal	Medio (>1C)	Tres	Colpoporo	Espinosa	Tectada	Amarillo	Polen
Helianthus annuus	Compositae	Elipsoidal oblato-esferoidal	Medio (>1C)	Tres	Colpoporo	Espinosa	Intectada	Amarillo	Polen
Pyrus communis	Rosaceae	Triangular (VP)	Medio (>1C)	Tres	Colpoporo	Estriada	Tectada	Blanco-amarillo	Néctar-polen
Malus doméstica	Rosaceae	Triangular	Medio (>2C)	Tres	Colpoporo	Estriada-foveolada	Tectada	Amarillo	Néctar-polen
Citrus limón	Rufaceae	Circular (VP)	Medio (>1C)	Cuatro-seis	Colpo con vestíbulo	Foveolada	Tectada	Amarillo claro	Néctar-polen
Centaurea cyanus	Compositae	Circular (VP)	Medio (>1C)	Tres	Colpoporo	Verrugosa	Tectada	Amarillo claro	Néctar-polen
Cirsium arvense	Compositae	Elipsoidal	Medio (>1C)	Tres	Colpoporo	Espinosa- microperforada	Tectada	Blanco rosado	Néctar-Polen
Vicia faba	Leguminoseae	Triángulo- circular (VP)	(VP) Grande	Tres	Colpoporo	Microfoveolada	Intectada	Blanco grisáceo	Néctar-polen
Phoenix dactylifera	Palmeaceae	Elipsoidal (VM)	Medio (>1C)	Una	Colpo	Foveolada	Tectada	Blanco	Escaso

(Continúa en la página siguiente) ↓

<i>Salvia lavandulifolia</i>	Laviatae	Hexagonal-circular Oblonga (VE)	Grande (>2C)	Seis	Colpo	Reticulada	Tectada	Blanco grisáceo	Néctar-polen
<i>Satureja cuneifolia</i>	Laviatae	Hexagonal-circular Oblato-esferoidal (VE)	Medio (>1C)	Seis	Colpo	Reticulada	Tectada	Amarillo	Néctar-Polen
<i>Anthyllis cytisoides</i>	Leguminosae	Triangular- circular (VP)	Medio (>1C)	Tres-cuatro	Colpoporo	Foveolada Microreticulada	Intectada	Amarillo-Blanco	Néctar
<i>Malva sylvestris</i>	Malvaceae	Esférica	Grande (>2C)	Muchas	Poro	Equinada Micro-verrugada	Intectada	Blanco-Grisáceo	Néctar-Polen
<i>Trifolium repens</i>	Leguminosae	Esférica-elipsoidal	Medio (>1C)	Tres	Colpoporo	Micro-reticulada	Semitectada	Amarillo claro	Néctar
<i>Ceratonija siliqua</i>	Leguminosae	Esférica-elipsoidal	Medio (>1C)	Tres-cuatro	Colpoporo	Reticulada	Tectada	Amarillo	Néctar-Polen
<i>Diploxaxis erucoides</i>	Cruciferas	Esférica-elipsoidal	Medio (>1C)	Tres	Colpo	Reticulada	Tectada	Amarillo	Néctar-Polen
<i>Retama sphaerocarpa</i>	Leguminosae	Oblato-esferoidal Triangular (VP)	Medio (>1C)	Tres	Colpoporo	Reticulada	Tectada	Amarillo	Néctar-Polen
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Laviatae	Oblato-esferoidal Hexagonal (VP)	Grande (>2C)	Seis	Colpo	Reticulada	Tectada	Blanco-grisáceo	Néctar
<i>Ulex parviflorus</i>	Leguminosae	Oblato-esferoidal	Medio (>1C)	Tres	Colpoporo	Reticulada	Tectada	Amarillo	Polen
<i>Thymus vulgaris</i>	Labiatae	Hexagonal (VP) Oblato-esferoidal	Medio (>1C)	Seis	Colpo profundo	Reticulada	Semitectada	Blanco-grisáceo	Néctar-Polen
<i>Teucrium fruticans</i>	Labiatae	Triángulo-circular (VP) Circular (VM)	Medio (>2C)	Tres	Colpo	Microfosulada	Tectada	Blanco-Grisáceo	Néctar-Polen
<i>Genista scorpius</i>	Leguminosae	Circular (VP) Elíptica (VM)	Medio (>1C)	Tres	Colpoporo	Reticulada	Intectada	Amarillo	Polen
<i>Prunus insititia</i>	Rosaceae	Triángulo-circular (VP) Elíptica (VM)	Pequeño (>1C)	Tres	Colpoporo	Estrizada	Tectada	Amarillo	Néctar-Polen
<i>Vicia sativa</i>	Leguminosae	Triángulo-circular (VP) Oblongo	Medio (>1C)	Tres	Colpoporo	Reticulada	Intectada	Amarillo-grisáceo	Néctar-Polen
<i>Hypecoum imberbe</i>	Papaveraceae	Esférica	Medio (>1C)	Dos	Colpo	Microfosulada	Intectada	Amarillo	Polen
<i>Malva cretica</i>	Malvaceae	Esférica	Grande (>3C)	Muchas	Poro	Equinada	Intectada	Amarillo-grisáceo	Néctar-Polen
<i>Erica arborea</i>	Ericaceae	Tétrada Decusada	Medio (>1C)	Cuatro	Colpoporo	Microverrugosa	Intectada	Blanquecino	Polen
<i>Erica multiflora</i>	Ericaceae	Tétrada Decusada	Medio (>1C)	Cuatro	Colpoporo	Microverrugosa	Intectada	Blanquecino	Polen
<i>Arbutus unedo</i>	Ericaceae	Tétrada	Grande (>2C)	Cuatro	Colpoporo	Psilada	Intectada	Blanquecino	Polen

## 4. EL SEDIMENTO DE LA MIEL



## **4.1. EL SEDIMENTO DE LA MIEL**

Durante el complejo proceso de elaboración y posterior manipulación de la miel, con frecuencia, se incorporan al producto cierto número de partículas, generalmente de tamaño microscópico, de origen vegetal, animal y mineral, que permanecen suspendidas en la masa viscosa. Estas partículas, pueden separarse mediante una centrifugación adecuada y su conjunto constituyen lo que se denomina sedimento melero. Sobre él pueden realizarse dos tipos de análisis: cualitativo y cuantitativo.

El análisis cualitativo permite conocer: los distintos tipos de polen (espectro polínico), si contiene pelos y tejidos vegetales, granos de almidón, fibras de celulosa y sintéticas, escamas de mariposa, restos de abeja, hollín, levaduras, cristales de oxalato cálcico, esporas e hifas de hongos, algas verdes, elementos céricos, etc.

El cuantitativo según el «Manuel Suisse des denrées Alimentaires» (1974), la «Comisión Internacional de Botánica Apícola» (1978) y los «Métodos Oficiales de análisis españoles», al evaluar el sedimento y establecer la proporción de residuo sólido por peso de miel permite, de una parte, fijar un grado de pureza y el método de extracción utilizado, de otra, conocer la riqueza polínica de la muestra analizada.

En cuatro apartados dividimos este estudio. Son estos:

### **4.1.1. Impurezas microscópicas**

La miel, como otros alimentos, es susceptible de contener impurezas de variada procedencia que son adquiridas durante cualquiera de las fases de su elaboración. Generalmente suelen encontrarse en baja concentración y, excepto que alcancen carácter de toxicidad, exceso o alteren las

cualidades organolépticas su normal presencia no debe ser determinante para rechazarla. Sin embargo, una miel limpia es, indudablemente preferible, y salvo los granos de polen cuyo aporte es natural y altamente beneficioso para la calidad de la miel, todas las restantes partículas deberían ser retiradas; con ello se daría cumplimiento al artículo 1.03.05 del «Código Alimentario Español».

La miel, después del desoperculado del panal, suele obtenerse por prensado, escurrido o centrifugado. La eliminación de aquellas impurezas exige una adecuada filtración, y ésta debería hacerse, al menos, a través de dos tamices: uno con malla de 1,5-7,5 mm colocado inmediatamente a la salida del recipiente extractor, y otro de 0,2 mm de luz, generalmente con forma de bolsa alargada, situado en la entrada del tanque de maduración.

Sin embargo una filtración excesiva también puede ser un inconveniente. Peris (1984) señala que en el proceso tecnológico final de la miel en Estados Unidos y Canadá se usan filtros prensa con tierra de diatomeas por lo que la miel queda, incluso, desprovista de polen. En España y en el resto de Europa esta práctica está prohibida y tal proceder sería considerado como una adulteración.

Es posible que las impurezas microscópicas halladas en la miel tengan relación con la higiene y limpieza seguidas durante su obtención, almacenamiento y trasvases sucesivos. El estudio de estas impurezas también nos facilita conclusiones sobre el medio en que viven las abejas, y no pocas veces detectar otros defectos de la producción.

Estas impurezas, agrupadas según su origen mineral, vegetal y animal son:

- Cristales de oxalato cálcico, diatomeas, hollin y granos de arena.
- Pelos y tejidos vegetales, granos de almidón, levaduras, mohos, bacterias (masa de grano fino) y algas.
- Restos de abejas, mariposas, polillas, larvas, moscas y ácaros.

La bibliografía sobre este aspecto del sedimento de la miel es escasa. De la consultada, hemos extraído los criterios de algunos autores.



Los cristales de oxalato cálcico son muy abundantes en la miel, y no deberían considerarse como impurezas, sino más bien como componentes naturales de ciertos néctares como el de *Mentha sp.* (Maurizio, 1963) (fig. 71).

Las diatomeas pueden provenir de los filtros-prensa, que utilizan tierra de infusorios, usados para filtrar la miel (Peris, 1984).

Si el hollín se encuentra en abundancia es evidente el uso excesivo de humo en el tratamiento de los panales o la proximidad de las colmenas a centros industriales (Zander, 1949) (fig. 77).

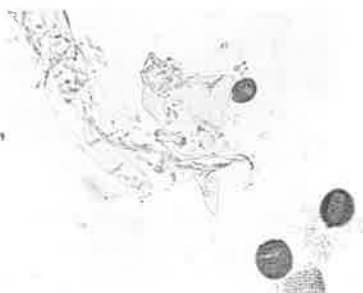


Fig. 71.- Cristal de oxalato cálcico.

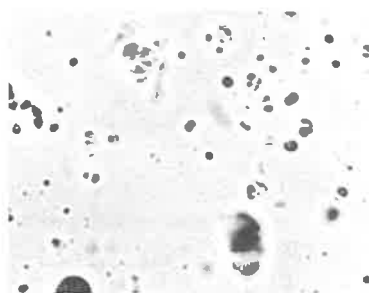


Fig. 77.- Partículas de hollín.

Aditivos tan inofensivos como los cocimientos de plantas, utilizados por algunos apicultores en la alimentación de apoyo o estímulo, pueden hacer aumentar considerablemente en la miel el contenido de pelos y tejidos vegetales (figs. 74, 75 y 76).

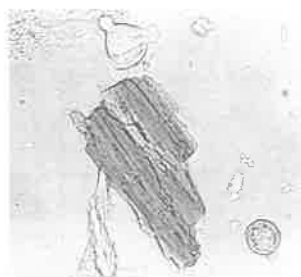


Fig. 74.- Tejidos vegetales.



Fig. 75.- Fibra vegetal y granos de polen.



Fig. 76.- Fibras vegetales, fibras sintéticas, talo de alga y granos de polen.

Abundantes granos de almidón o de aleurona encontrados en el sedimento, inducen a pensar que las colonias de abejas han sido alimentadas de modo artificial, con cocimientos de plantas, azúcares en medios sólidos, mezcla de harinas y salvados, etc. (Vorwohl, 1966).

La presencia de algas, levaduras y cuerpos fructíferos de mohos, pueden ser indicadores de fermentación o de mielada (Baño Breis et al, 1995) (figs. 72 y 78).



Fig. 72.- Conidiospora de un hongo del género *Alternaria*.

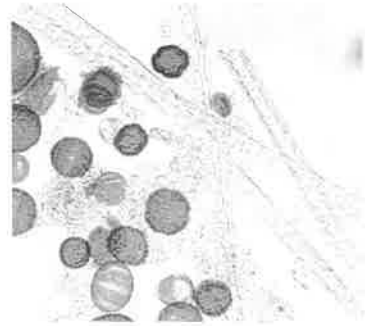


Fig. 78.- Talos de algas pluricelulares. Pueden tener forma de filamento, cinta o lámina y ser ramificados.

La denominada «masa de grano fino» o «materia finamente granulada» parece estar constituida por un conglomerado de bacterias (Evenius, 1933 y Zander, 1935) (fig. 79 y 90).

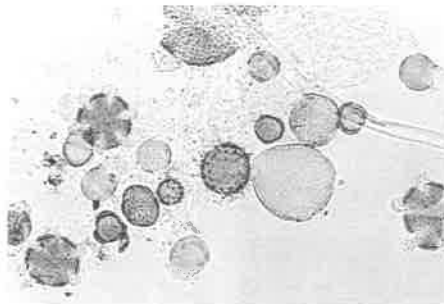


Fig. 79.- «Masa de grano fino», fibra de celulosa y granos de polen.

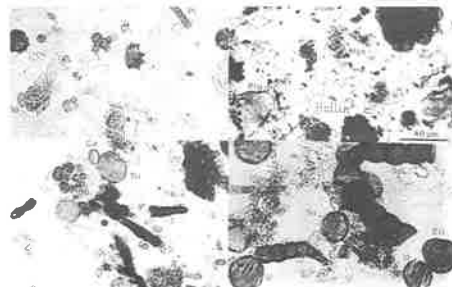


Fig. 90.- Indicadores de mielatos. Pl, Tejido vegetal; Sp, microesporas; Pru, Prunus. Ca, Castanea; Tri, Trifolium; Spi, esporas de hongos; U, Ulex; Eri, Erica.

También es frecuente que el sedimento de la miel contenga pelos de abejas; su presencia abundante señala una violenta expulsión de las abejas de la colmena. No obstante es una impureza natural e inofensiva (fig. 73).

Escamas de mariposas, de polillas, moscas y sus crisálidas, así como ácaros, nematodos, etc., son indicios significativos de colmenas parasitadas y de miel de baja calidad, aunque las escamas de mariposa puedan haberse incorporado a la miel junto al néctar acarreado por las abejas pecoreadoras (Evenius y Focke, 1967) (fig. 80).

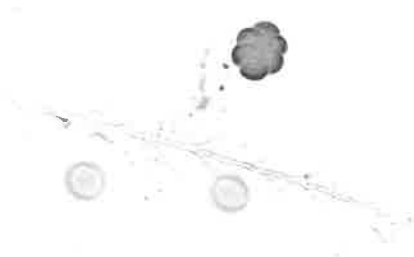


Fig. 73.- Pelo de abeja entre granos de polen.

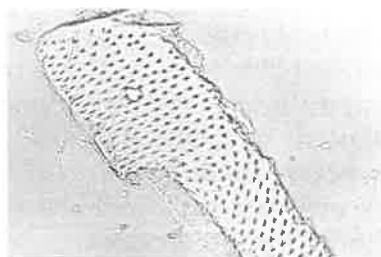


Fig. 80.- Escama de mariposa.

Finalmente cabe subrayar que la mayoría de los autores opinan que las mieles obtenidas por prensado además de presentar un acentuado sabor a polen y cera poseen el mayor índice de impurezas microscópicas, lo que en muchos casos las hace inviables para la comercialización y el consumo. Por ello este procedimiento de extracción, afortunadamente, está en vías de desaparición en todo el mundo.

#### 4.1.2. El espectro polínico

En la «Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos», Baño Breis et al (1993), publicaron un trabajo encaminado a caracterizar algunas de las mieles denominadas comerciales que se producen en la Región de Murcia. Como por aquel entonces, la Comunidad Europea (CE) ya había adoptado, para armonizar las leyes relativas a la miel, unos factores esenciales de composición y calidad y, entre ellos, el del origen botánico, el referido trabajo de tipificación floral, hizo hincapié en el estudio analítico melisopalinológico. A partir del sedimento obtenido por centrifugación de las muestras de miel, los autores consiguieron un completo espectro polínico, siguiendo las recomendaciones de la Comisión Internacional de Botánica Apícola indicadas por Louveaux et al (1978).

A continuación resumimos la técnica utilizada y una sinopsis de las conclusiones.

Las muestras de mieles (tarros de 1 a 2 kg) fueron solicitadas por los autores a apicultores profesionales, semiprofesionales y aficionados de la Región de Murcia. Para cada una de ellas se cumplimentó un cuestionario con los datos facilitados por el apicultor, referentes al tipo de miel, fecha de la cosecha, origen geográfico y prácticas de la trashumancia de sus colmenas.

Se disolvieron 30 gramos de cada muestra de miel en 100 mililitros de agua destilada y se centrifugaron a 2.500 revoluciones por minuto. El precipitado se lavó y centrifugó 3 veces con agua destilada. El último sedimento se mantuvo durante 10 minutos y en agitación constante en una mezcla hidroalcohólica (11,5 gramos de hidrato de cloral disueltos en 12,5 mililitros de etanol absoluto, 1 mililitro de agua destilada y 0,5 mililitros de éter etílico). Se centrifugó y decantó la fase líquida. El precipitado se mantuvo durante 20 minutos en 5 mililitros de una disolución de alumbre potásico (disolución acuosa al 1%). Se centrifugó y lavó con agua destilada, se decantó y tiñó con una disolución alcohólica glicerinaada, saturada de verde de metilo. Una vez teñido, se montaron las preparaciones microscópicas con alícuotas de 10 microlitros de la disolución. Cada muestra se hizo por triplicado, tomando como valor final la media de las tres determinaciones.

El estudio micrográfico y la identificación de los taxones encontrados se hizo con el apoyo y consulta de la misma base bibliográfica que se cita en el número cuatro del epígrafe titulado «Palinoteca de referencia» (pág 61).

En los siguientes puntos podrían resumirse las conclusiones en este trabajo:

- Número de géneros botánicos encontrados = 15
- Valor de **K** (valor medio) = 1,962
- Sedimento (valor medio) = 7,83 microlitros
- Conductividad en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (valor medio) = 265
- Un sexto del número de muestras contenía hasta el 50% de pólenes de *Citrus sp.*
- La sexta parte de las muestras alcanzó el 62% de pólenes de *Prunus-Pyrus*.

- Las mieles de azahar de limón y de frutal podrían considerarse como características de la Región de Murcia.
- No se demostró una correlación entre los contenidos de polen y la conductividad eléctrica.
- El 45% de las muestras arrojó una tasa baja de cenizas.

#### 4.1.3. Riqueza polínica

El contenido polínico natural de muchas mieles florales puede verse modificado por diversos factores que provocan un aumento o una disminución de la riqueza polínica de las mismas.

La incorporación del polen al néctar y a la miel puede llevarse a cabo por distintas vías pero, generalmente, se realiza durante el pecoreo y la melificación y casi siempre en algunos de estos lugares:

- a) En la misma flor, allí donde el insecto se encuentra, simultáneamente, con los nectarios y las anteras. Si melificando en esta recóndita zona se produce un ajustado sincronismo entre la máxima secreción nectarífera y la deshincencia completa de las anteras, como consecuencia, debe aumentar el número de cargas de néctar y el correspondiente enriquecimiento polínico de éste.
- b) Néctar y polen llegan a la colmena cuando las celdillas del panal llenas ya de miel están operculadas. En este supuesto, el enriquecimiento polínico del néctar, quizá, tenga lugar en la bolsa melífera de la abeja a expensas del polen adherido a sus pelos y patas; todo dependerá de la cantidad de néctar y polen que el insecto –durante su frenética y pulcra actividad– consiga poner en contacto y mezclar mientras dura la obstaculizada melificación.
- c) Enriquecimiento polínico de la miel, durante el proceso de su extracción, con el polen almacenado en algunas dependencias de la colmena (cámara de cría). Es otra posibilidad muy verosímil de aumentar la riqueza en polen de la miel sobre todo cuando ésta es extraída de los panales por el procedimiento de centrifugación.

Los tres aspectos citados no son únicos; pueden considerarse algunos otros. Por ejemplo, hay abejas recolectoras de polen y abejas recolectoras

de néctar. A este respecto Rallo (1986) ha demostrado que al realizar estas abejas funciones distintas su comportamiento también es distinto, ignorando las recolectoras de polen el néctar y las de néctar el polen. Igualmente cabe considerar que unas flores son susceptibles de aportar néctar y polen (las llamadas plantas «masculinas») y otras únicamente polen o néctar («femeninas» cuando sólo son secretoras de néctar), por tanto, el grado de enriquecimiento polínico del néctar y de la miel estará, en esta ocasión, íntimamente ligado a las características de la flora melíficable y a la actitud de las abejas pecoreadoras, las cuales cuando visitan un cultivo y se encuentran con plantas morfológicamente distintas pueden comportarse –y de hecho se comportan– como si visitaran dos cultivos diferentes.

Al considerar los efectos de la acción combinada de estas circunstancias y algunas otras más que pudieran considerarse, ciertamente, surge la idea de que la Melisopolinología, igual que otras ciencias que estudian el fenómeno biológico, y cuya variabilidad es difícilmente controlable, no posee aún los requisitos de una ciencia exacta.

La riqueza polínica de una miel se define por un coeficiente convencional **K**, equivalente al número absoluto de granos de polen contenidos en un gramo de miel. Esta relación sirve de base para clasificar las mieles según los valores establecidos por Demianowicz (1962) y Ricciardelli-Persano (1981). Las cinco primeras clases, de las diez y ocho establecidas por el primero de estos autores, son:

Clase	K	Especie
I	112,5	<i>Cucumis sativus</i> , <i>Robinia pseudacacia</i>
II	225	<i>Centaurea jacea</i> , <i>Salvia nemorosa</i> , <i>Tilia cordata</i>
III	450	<i>Lamium album</i> , <i>Ribes vulgare</i> , <i>Salvia officinalis</i>
IV	900	<i>Allium cepa</i> , <i>Centaurea cyanus</i> , <i>Sinapis alba</i>
V	1.800	<i>Malus domestica</i> , <i>Onobrychis vicifolia</i> <i>Taraxacum officinalis</i> , <i>Trifolium repens</i>

Como pueden observarse, los sucesivos valores de K siguen una progresión geométrica de razón 2.

#### 4.1.4. Valoración volumétrica

Según el «Manuel Suisse des denrées alimentaires» (1974), el volumen de sedimento (recordemos que sedimento = residuo/peso de miel) proporcionado por una muestra de miel, permite juzgar la pureza de ésta y, en muchos casos, diagnosticar el método utilizado en su extracción. El sedimento puede obtenerse fácilmente, disolviendo 10 gramos de la miel bien homogeneizada en 25 mililitros de agua destilada calentada a 35-40° C, y agitando hasta total disolución. A continuación se toman 10 mililitros de la disolución y se centrifugan en un tubo Trommsdorff a 3.000 revoluciones por minuto durante diez minutos. El volumen de sedimento, expresado en microlitros, se lee inmediata y directamente en el tubo capilar graduado. Cada muestra debe hacerse por duplicado, tomando como valor último la media de ambas determinaciones.

Muchos autores estiman que valores menores de 10 microlitros de sedimento por 10 gramos de miel indican una extracción por centrifugación y, mayores, por prensado.

La cantidad de sedimento de una miel prensada, virgen o escurrida es casi siempre significativamente mayor que el sedimento obtenido de una miel extraída por centrifugación, filtrada o fermentada; en este último caso el sedimento de la miel estaría constituido fundamentalmente de células de levaduras.

## 4.2. COMPOSICIÓN CENTESIMAL Y FUENTES FLORALES

El fundamento de este cálculo porcentual está basado en los estudios realizados por Demianowicz (1961) y otros autores, según los cuales, en una muestra de miel, la cantidad de ésta procedente de cada fuente floral no es directamente proporcional al porcentaje polínico de la misma, sino que depende de los pólenes asociados a ella. De modo, que si la asociación de pólenes está hiperrepresentada, el porcentaje de polen de un determinado tipo podría verse infravalorado; por el contrario, si la citada asociación está hiporepresentada, un porcentaje polínico dado podría ser supervalorado. Estas acertadas consideraciones aconsejaron a los autores a combinar, en el cálculo de la composición centesimal de una miel en función de sus fuentes florales, dos aspectos: el espectro polínico y el coeficiente polínico.

Por medio del espectro polínico se determinan todos los tipos de pólenes presentes en la muestra y sus porcentajes. Por otro lado, el coeficiente polínico introduce en el cálculo un número significativamente representativo de la producción polínica de las plantas que constituyen las fuentes florales de la miel que se analiza.

Bajo estas condiciones, y según los autores consultados, se obtiene un valor porcentual de la composición melífica de la muestra más ajustado a la realidad floral de la zona donde pecorean las abejas.

Antes nos hemos referido a las técnicas seguidas en el laboratorio para realizar el espectro polínico de una muestra de miel que no vamos a repetir aquí; no obstante sí queremos insistir qué, el cálculo a que nos estamos refiriendo obliga a expresar el espectro en porcentaje y, a ser posible, tomar como resultado promedio el de dos determinaciones.

Demianowicz (1961) y Faegry e Iversen (1989) establecieron que, en una muestra de miel cualquiera, se hallan presente tantas y diversas fuentes de miel como variedad de especies florales tuvieron a su disposición las abejas pecoreadoras que la elaboraron. Así mismo observaron que a cada fuente de miel le corresponde —y generalmente le acompaña— un determinado número de granos de polen, que resulta ser constante, dentro de límites razonables, en cada tipo miel floral pura. Los citados autores designaron a esta correspondencia con los nombres de «coeficiente polínico» y «frecuencia polínica absoluta» respectivamente. En todo caso, ambos conceptos expresados en términos cuantitativos equivalen igualmente al «número de granos de polen contenidos en un gramo de miel unifloral».

La tabla de «coeficientes polínicos» (CP) que sigue, tomada de Sawyer (1988), es un amplio resumen de la elaborada por Demianowicz (1961). Recoge los valores del CP correspondiente a las especies botánicas melíficas más importantes junto a sus nombres vulgares. Conviene, para simplificar los cálculos, expresar en miles los granos de polen por 10 gramos de miel unifloral pura. De esta Tabla se han excluido aquellas especies productoras de pólenes anemófilos como *Alnus*, *Cistus*, *Filipendula*, Gramineae, *Hypocoum*, *Olea* y *Sambucus*, porque producen poco néctar y aunque algunos de sus pólenes aparezcan en la muestra de miel no deben ser tenidos en cuenta.



## TABLA DE COEFICIENTES POLÍNICOS

Coeficiente polínico (CP) 1.000 granos /10 gramos	Especies
0.3	<i>Asclepias syriaca</i> (Algodoncillo)
	<i>Epilabium angustifolium</i> (Adelfa)
1	<i>Oxydendrom arboreum</i>
5	<i>Acacia dealbata</i> (Mimosa, Zarzo)
	<i>Labiatae</i> (Tomillo, Romero)
	<i>Medicago sativa</i> (Alfalfa)
10	<i>Cirsium sp</i> (Pincho burrero)
	<i>Erica sp</i> (Brezo)
	<i>Helianthus annuus</i> (Girasol)
	<i>Robinia pseudoacacia</i> (Acacia)
	<i>Tiliaceae</i> (Tilo)
12	<i>Calluna vulgaris</i> (Brosa)
20	<i>Nyssa ugeche</i>
	<i>Liriodendrum tulipifera</i> (Tulipero)
25	<i>Citrus sp</i> (Naranja, Limonero)
	<i>Ligustrum</i> (Aligustre, Olivereta)
	<i>Laties</i>
	<i>Prunus, Pyrus</i> (Melocotonero, Albaricoquero, Peral)
	<i>Trifolium incarmanunt</i> (Trébol)
	<i>Trifolium pratense</i> (Forraje borde)
35	<i>Vicia faba</i> (Haba común)
50	<i>Ilex sp</i> (Acebo)
	<i>Rubus sp</i> (Zarzamora)
	<i>Trifolium repens</i> (Trébol blanco)
75	<i>Burseraceae</i>
	<i>Eucalyptus</i> (Eucalipto)
	<i>Fagopyrum esculentum</i> (Alforfón, Trigo negro)
	<i>Melilotus</i> (Corona de rey)
	<i>Mimosa pudica</i> (Sensitiva)
	<i>Onobrychis</i> (Cresta de gallo)
150	<i>Brassica</i> (Berza, Colza)
250	<i>Echium</i> (Vivorera)
	<i>Leptospermium scorparium</i>
1000	<i>Castanea sativa</i> (Castaño común)
	<i>Eucryphia lucida</i>
5000	<i>Myosotis</i> (Nomeolvides)

El cálculo de la composición porcentual de una muestra de miel, en función de sus fuentes florales, una vez que se conoce el valor del espectro polínico (en porcentaje) y el CP correspondiente (según la tabla), se reduce a dividir el primero por el segundo y expresar el resultado obtenido en tanto por ciento.

Por ejemplo, supongamos que de una determinada muestra de miel conocemos su espectro polínico expresado en tanto por ciento, y en la Tabla de los CP encontramos los correspondientes valores numéricos de las especies que integran las diferentes fuentes florales presentes en la muestra. Dispondríamos los datos de la siguiente manera:

<b>Especie</b>	<b>Espectro</b>	<b>CP</b>	<b>Espectro/CP</b>	<b>Composición miel (%)</b>
<i>Rubus</i>	36	50	0,72	22,2
<i>Castanea</i>	26	1000	0,026	0,8
<i>Tilia</i>	21	10	2,1	64,2
<i>Trifolium</i>	9	50	0,18	5,5
<i>Ligustrum</i>	3	25	0,12	3,7
Otros	5	50	0,1	3,1
Total	100		3,24	100

La última columna nos proporciona la composición porcentual de las diversas fuentes florales de la muestra de miel. Si deseáramos titularla lo haríamos como de «miel de tilo», por ser esta fuente (*Tilia*) la que mayor porcentaje arroja.

#### 4.3. MARCADORES POLÍNICOS DE ALGUNAS MIELES DEL MUNDO

El amplio campo abierto actualmente al comercio internacional de la miel en tantas partes del mundo, justifica abrir en este trabajo un epígrafe que incluya, al menos, una descripción somera de los caracteres fundamentales de los pólenes vernáculos que aquella alberga. Disponer de una palinoteca cosmopolita de referencia, que ayude a la identificación de los pólenes nativos, permitirá más fácilmente la certificación del lugar geográfico de la miel que los acoge. Esto puede ser muy importante y de gran utilidad en las transacciones mercantiles, porque, no olvidemos, que «la miel lleva en sí misma su certificado de origen bajo la forma de miles de granos de polen que se encuentran suspendidos en su masa».

Los marcadores polínicos de las mieles producidas en Africa, América Central, Argentina, Brasil, Canadá, China, Estados Unidos, Europa Oriental, Mediterráneo y Reino Unido, y cuyas características melisopalinológicas describimos a continuación, han sido extractados del magnífico trabajo de Sawyer (1988), y al que remitimos al lector. En muchas ocasiones, las mieles de estos países ofrecen, a través de su espectro polínico tipos de polen único, característico, como es el caso de China; en otras, las diferencias y peculiaridades se aprecian al considerar el conjunto polínico contenido en la miel de cada lugar.

Sin embargo, el espectro polínico de estas mieles, —como no podía ser de otra manera—, registra muchos tipos polínicos comunes a los encontrados, catalogados e ilustrados en la Palinoteca descrita en páginas anteriores (v. pág 61).

#### AFRICA (fig. 81)

##### *Brachystegia*

Polen de tamaño medio, 30-50  $\mu\text{m}$  y de forma poliédrica irregular. Superficie reticular o granulosa en la que se abren una o dos aberturas de difícil identificación. Exina delgada y no tectada.

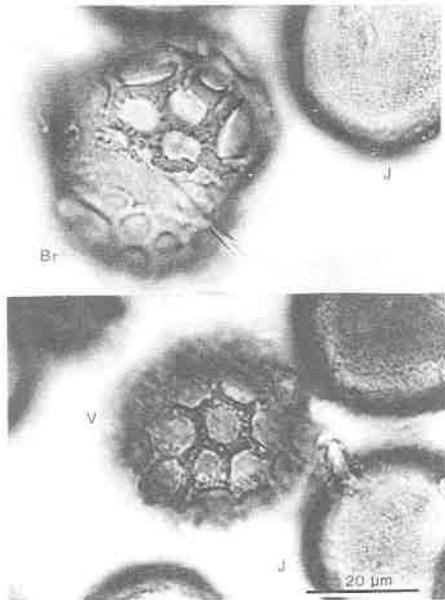


Fig. 81.- Pólenes de Africa. Br, Brachystegia; J, Julbernardia; V, Vernonia. ( $\times 1250$ ).

***Eucalyptus sp.***

Polen de tamaño pequeño, 20-30  $\mu\text{m}$  y de forma triangular. Tricolpado. Superficie lisa. Exina intactada.

***Julbernaria sp.***

Polen de tamaño medio, 30-40  $\mu\text{m}$ , de forma circular más o menos irregular. Tricolpado. Superficie lisa. Exina intactada.

***Vernonia sp.***

Polen de tamaño medio, 30-50  $\mu\text{m}$  y de forma circular más o menos deformada. Triporado. Superficie ornamentada con pequeñísimas espinas o verrugas. Exina delgada y tectada. Tectum provisto de gruesas columelas.

**AMÉRICA CENTRAL (fig. 82)*****Acacia sp.***

Es un grano de polen compuesto, de tamaño entre mediano y grande, 30-100  $\mu\text{m}$ . De forma elipsoidal-circular. Inaperturado. Superficie lisa. Exina delgada.

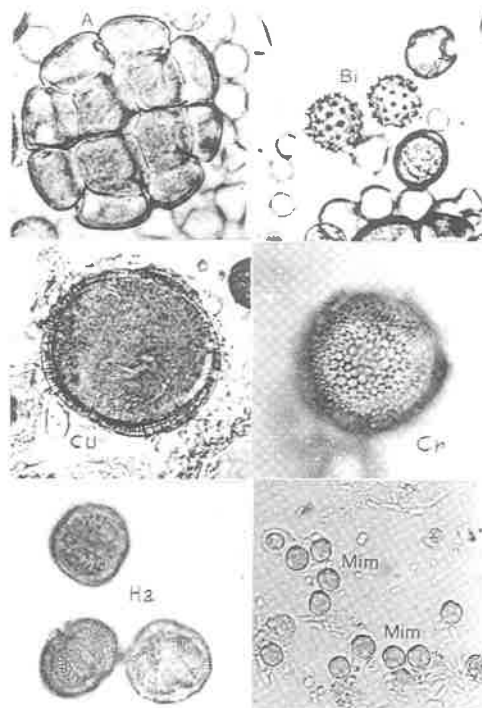


Fig. 82.- Pólenes de América Central. A, *Acacia dealbata*; Bi, *Bidens*; Cu, *Convolvulus*; Cr, *Croton*; Ha, *Haematoxylon*; Min, *Mimosa pudica*.

***Bidens sp.***

Es un polen de tamaño pequeño, 20-30  $\mu\text{m}$ , de forma esférica u ovoidea. Tricolporado. Superficie punteada, espinosa o con otro tipo de ornamentación, pero siempre con grandes espacios de separación entre los elementos ornamentales. Exina gruesa.

***Convolvulus sp.***

Polen de tamaño grande, 50-100  $\mu\text{m}$ , de forma circular triangular. Superficie granulosa. Exina tectada con tectum de finas columelas.

***Croton sp.***

Polen de tamaño medio, 30-50  $\mu\text{m}$ , de forma circular irregular. Monoaberturado. Superficie granulosa o reticular. Exina tectada de un tectum grueso.

***Eucalyptus sp.******Haematoxylon sp.***

Polen de tamaño medio, 20-30  $\mu\text{m}$ , de forma circular u ovoidea. Tricolpado, con los colpos revestidos de capas de endoexina. Superficie reticulada o estriada. Exina tectada.

***Mimosa pudica***

Grano de polen compuesto, de tamaño muy pequeño, < 20  $\mu\text{m}$ , y de forma poliédrica irregular. Superficie lisa. Exina delgada.

**ARGENTINA (fig. 83)*****Echium plantagineum******Eucalyptus sp.******Helianthus annuus******Lotus sp.***

Polen de tamaño muy pequeño, < 20  $\mu\text{m}$ , de forma circular más o menos ovoidea. Tricolporado. Superficie lisa o reticular. Exina delgada.

***Trifolium repens******Vernonia sp.***

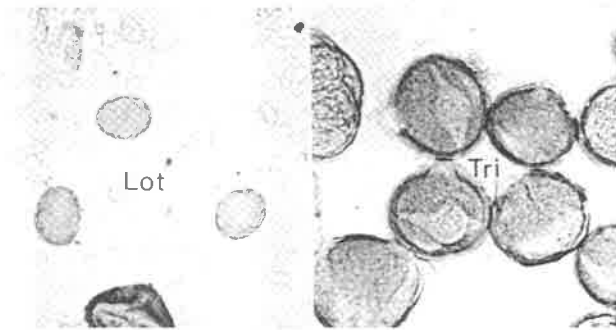


Fig. 83.- Pólenes de Argentina. Lot, Lotus; Tri, Trifolium repens.

#### BRASIL (fig. 84)

##### *Borreria sp.*

Polen de tamaño pequeño, 20-30  $\mu\text{m}$ , de forma circular. Aberturas colpoideas, en número variable de 7 a 12. Superficie reticular. Exina tectada.

##### *Mimosa bimucronata*

Polen de grano compuesto, de tamaño muy pequeño, < 20  $\mu\text{m}$  y de forma poliédrica irregular. Inaperturado. Superficie lisa. Exina delgada.

##### *Richardia sp.*

Polen de tamaño grande, 50-100  $\mu\text{m}$ , de forma circular irregular. Multicolpado, en número de colpos mayor a 12. Superficie granulosa, espinosa o con otros elementos ornamentales muy dispersos. Exina tectada. Téctum de finas columelas.

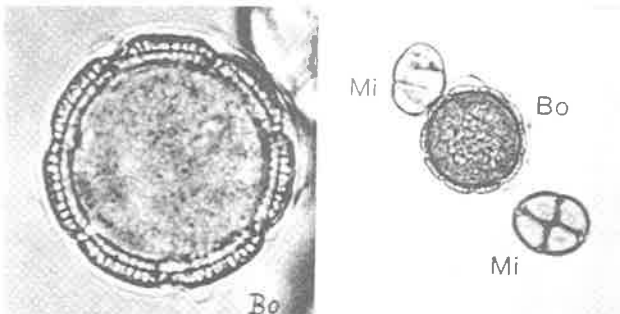


Fig. 84.- Pólenes de Brasil. Bo, Borreria; Mi, Mimosa bimucronata.

## CANADÁ (fig. 85)

### *Acer sp.*

Polen de tamaño mediano, 30-50  $\mu\text{m}$ , de forma ovoide-triangular. Tricolpado. Superficie estriada. Exina semitectada.

### *Brassica barrelieri*

### *Epilobium sp.*

Polen de tamaño grande, 50-100  $\mu\text{m}$ , de forma circular-triangular. Triporado. Superficie lisa. Exina intactada.

### *Melilotus sp.*

Polen de tamaño pequeño, 20-30  $\mu\text{m}$ , de forma ovoidea. Tricolporado. Superficie lisa. Exina delgada.

### *Trifolium pratense*

Polen de tamaño mediano, 30-50  $\mu\text{m}$ , de forma circular-ovoidea. Tricolporado, con pequeños gránulos dispersos en los bordes de las aberturas. Superficie reticular o estriada. Exina delgada y tectada. Tectum sostenido por finas columelas.

### *Trifolium repens*

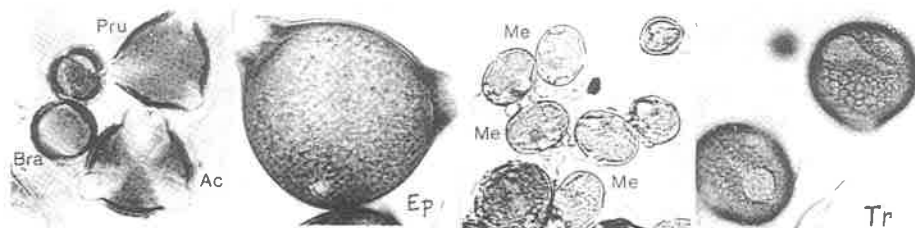


Fig. 85.- Pólenes de Canadá. Ac, Acer; Bra, Brassica; Pu, Prunus; Ep, Epilobium; Me, Melilotus; Tr, Trifolium pratense.

## CHINA (fig. 86)

### *Alnus sp.*

Polen de tamaño pequeño, 20-30  $\mu\text{m}$ , de forma oval o poliédrica. Aberturas poradas con los bordes recubiertos de endoexina, y en número de 4 a 6 poros. Superficie lisa. Exina intactada.

***Astragalus sinicus***

Polen de tamaño muy pequeño, < 20  $\mu\text{m}$ , y de forma ovoidea. Tricolpado, con los colpos provistos de vestíbulo. Superficie lisa. Exina delgada.

***Brassica barrelieri******Castanea sp.***

Polen de tamaño muy pequeño, < 20  $\mu\text{m}$ , de forma oval-triangular. Tricolporado. Superficie lisa. Exina delgada.

**«Chinese» *sp.***

Polen de tamaño muy pequeño, < 20  $\mu\text{m}$ , de forma circular irregular. Tricolpado. Superficie lisa. Exina delgada.

***Epilobium sp.******Fagopyrum sp.***

Polen de tamaño variable y de forma ovoidea. Tricolporado. Superficie granulosa o reticular. Exina semitectada.

***Helianthus annuus******Ilex sp.***

Polen de tamaño variable entre pequeño y mediano, 20-50  $\mu\text{m}$ , de forma oval achatado. Tricolporado. Superficie reticular. Exina tectada con tectum sostenido por gruesas columelas.

***Protea sp.***

Polen de tamaño mediano, 30-50  $\mu\text{m}$ , de forma triangular. Triporado. Superficie lisa. Exina delgada y semitectada.

***Robinia pseudoacacia***

Polen de tamaño variable entre pequeño y mediano, 20-50  $\mu\text{m}$ , y forma triangular. Tricolpado. Superficie lisa. Exina delgada e intactada.

***Tilia sp.***

Polen de tamaño mediano, 30-50  $\mu\text{m}$ , de forma oval triangular. Tricolporado, con finas capas de endoexina tapizando el fondo de las aberturas. Superficie reticular o estriada. Exina delgada y semitectada.



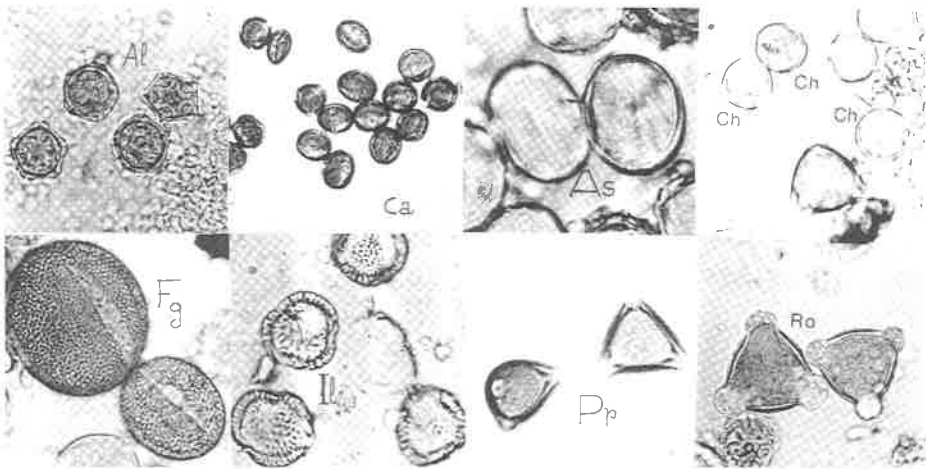


Fig. 86.- Pólenes de China. Al, Alnus; As, Astragalus sinicus; Ca, Castanea; Ch, «Chinese»; Fg, Fagopyrum; Il, Ilex; Pr, Protea; Ro, Robinia.

### *Vicia faba*

#### *Zea sp.*

Polen de tamaño grande o muy grande,  $> 100 \mu\text{m}$ , de forma circular. Porado, con uno o dos poros tapizados sus bordes con sendas capas de endexina. Superficie lisa. Exina delgada.

### ESTADOS UNIDOS (fig. 87)

#### *Asclepias sp.*

Polen de tamaño pequeño o muy pequeño,  $< 20\text{-}30 \mu\text{m}$ , y forma circular. Tricolporado. Superficie reticular o estriada. Exina semitectada.

#### *Citrus limon*

#### *Ilex sp*

#### *Liriodendron tulipifera*

Polen de tamaño medio,  $30\text{-}50 \mu\text{m}$ , y de forma circular. Monocolpado. Superficie lisa o granulosa. Exina semitectada.

#### *Nyssa ogeche*

Polen de tamaño mediano,  $30\text{-}50 \mu\text{m}$ , y de forma ovoidea achatada o triangular. Tricolporado. Superficie lisa. Exina delgada e intacta.

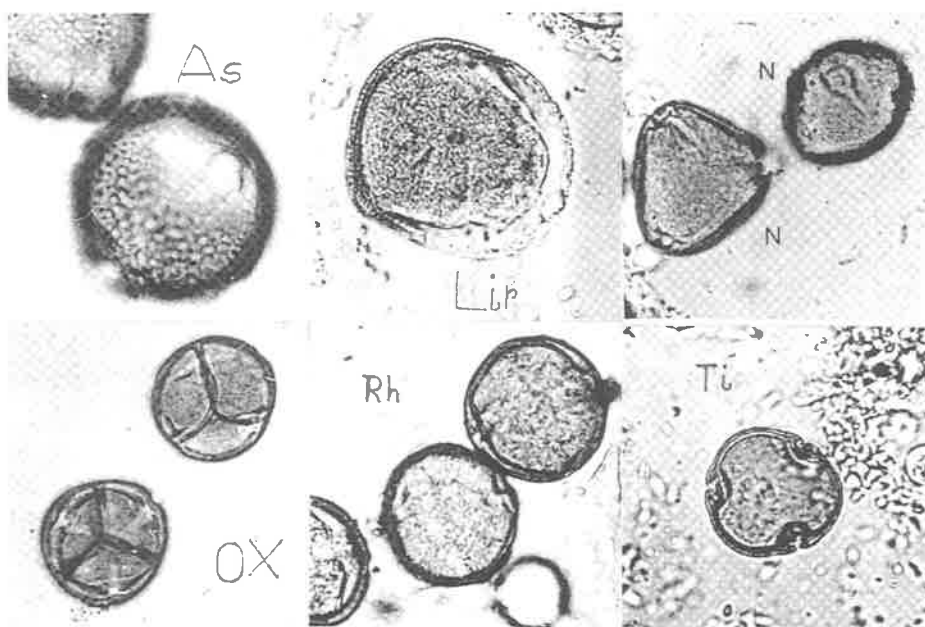


Fig. 87.- Pólenes de Estados Unidos. As, Asclepias; Lir, Liriodendron; N, Nyssa; Ox, Oxydendron; Rh, Rhus; Ti, Tilia.

***Oxydendron arboreum***

Grano de polen compuesto de tamaño mediano, 30-50  $\mu\text{m}$ , y de forma circular. Tricolporado, Superficie granulosa. Exina delgada y semitectada.

***Rhus sp.***

Polen de tamaño mediano, 30-50  $\mu\text{m}$ , y de forma elipsoidal alargada. Tricolporado. Superficie reticular o estriada. Exina semitectada.

***Tilia sp.***

**EUROPA ORIENTAL (fig. 88)**

***Castanea sp.***

***Fagopyrum sp.***

***Helianthus sp.***

***Loranthus europaeus***

Polen de tamaño pequeño, 20-30  $\mu\text{m}$ , y de forma triangular. Tricolpo-

rado, con los colpos y poros desigualmente distribuidos. Superficie lisa. Exina intactada.

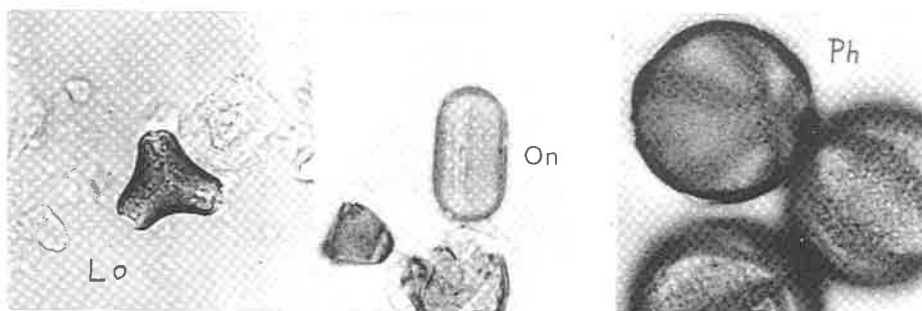


Fig. 88.- Pólenes de Europa Oriental. Lo, *Loranthus europaeus*; On, *Onobrychis viciifolia*; Ph, *Phacelia tanacetifolia*.

***Onobrychis sp.***

Polen de tamaño mediano, 20-30  $\mu\text{m}$ , y de forma ovoidea muy alargada. Tricolpado, con los colpos tapizados de endoexina. Superficie reticular. Exina delgada y tectada.

***Phacelia sp.***

Polen de tamaño pequeño, 20-30  $\mu\text{m}$ , y de forma circular. Tetracolpado o hexacolpado, con gránulos dispersos en los colpos. Superficie lisa. Exina delgada e intactada.

***Robinia pseudoacacia***

***Tilia sp.***

***Trifolium pratense***

**MEDITERRÁNEO (fig. 89)**

***Acacia dealbata***

***Castanea sp.***

***Cirsium arvense***

***Cistus sp.***

Polen de tamaño entre mediano y grande, 30-100  $\mu\text{m}$ , y de forma circular. Tricolporado. Superficie reticular o estriada. Exina delgada y semitectada.

*Citrus limon*

*Echium plantagineum*

*Erica arborea*

*Eucalyptus sp.*

*Hypocoum imberbe*

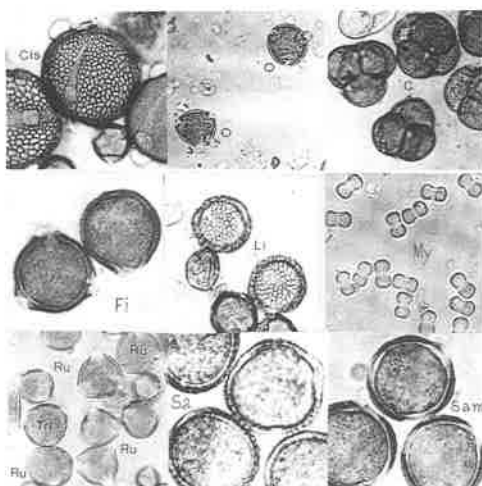


Fig. 89.- Pólenes de la Región Mediterránea y Reino Unido. Cis, Cistus; O, Olea; C, Calluna; Fi, Filipendula; Li, Ligustrum; My, Myosotis; Ru, Rubus; Tri, Trifolium repens; Sa, Salix; Sam, Sambucus.

*Olea sp.*

Polen de tamaño pequeño, 20-30  $\mu\text{m}$ , y de forma circular. Tricolpado, con los bordes internos de las aberturas tapizados de endoexina. Superficie reticular o estriada. Exina delgada y semitectada.

*Onobrychis sp.*

*Rosmarinus officinalis*

*Ulex parviflorus*

*Vicia faba*

REINO UNIDO (fig. 90)

*Acer sp.*

*Brassica barrelieri*

***Calluna sp.***

Grano de polen compuesto, de mediano tamaño, 30-50  $\mu\text{m}$ , y de forma poliédrica irregular. Tricolporado. Superficie lisa o granulosa. Exina delgada e intacta.

***Castanea sp.******Cirsium arvense******Epilobium sp.******Erica arborea******Filipendula sp.***

Grano de polen de tamaño muy pequeño, < 20  $\mu\text{m}$ , y de forma circular. Tricolporado, con los bordes de los colpos tapizados por endoxina. Superficie lisa. Exina delgada.

***Ilex sp.******Ligustrum sp.***

Polen de tamaño pequeño, 20-30  $\mu\text{m}$ , y de forma circular más o menos achatada. Tricolporado, con los bordes de las aberturas tapizados con endoxina. Superficie reticular o estriada. Exina tectada, y tectum de gruesas columelas.

***Myosotis sp.***

Polen de tamaño pequeño, 20-30  $\mu\text{m}$ , y de forma poliédrica más o menos alargada. El número de aberturas puede oscilar entre cuatro y doce colpos porados. Superficie lisa. Exina delgada.

***Prunus / Pyrus******Rubus sp.***

Polen de tamaño pequeño, 20-30  $\mu\text{m}$ , y forma oval o poliédrica algo achatada. Tricolporado o triporado. Superficie lisa. Exina delgada e intacta.

***Salix sp.***

Polen de tamaño muy pequeño, < 20  $\mu\text{m}$ , y de forma circular u ovalada. Tricolporado, con las aberturas protegidas por endoxina. Exina tectada.

*Sambucus sp.*

Polen de tamaño muy pequeño, < 20  $\mu\text{m}$ , y de forma circular o triangular. Tricolporado. Exina delgada y semitectada.

*Tilia sp.**Trifolium repens**Ulex parviflorus**Vicia faba*

## 5. GLOSARIO





**Almidón.** Fécula, especialmente la de las semillas de los cereales.

**Amida.** Compuesto químico que se deriva del amoniaco o de otra amida.

**Aminoácido.** Cuerpo químico que posee simultáneamente las funciones ácido y amina, y que son los principales constituyentes de la materia viva.

**Anastomosado, a.** Trazado que presenta cualquier estructura que se divide en numerosos brazos cortos que se separan y reunen con frecuencia.

**Anemófilo, a.** Se refiere a las plantas en las que la diseminación del polen se hace por intermedio del viento, y de la vegetación formada por plantas de esta modalidad o en que ellas dominan.

**Antropología.** Ciencia que trata de los aspectos biológicos del hombre y la relación de los mismos con los aspectos históricos y culturales de éste.

**Apocolpio.** Área polar del grano de polen, comprendida entre los límites de los mesocolpios\*. Áreas situadas en los polos distal y proximal, que comprenden zonas sin aberturas.

**Baculado, a.** Se refiere al grano de polen provisto de báculos\*.

**Báculo.** Elemento escultural del grano de polen en forma de bastoncillo. V. columela\*.

**Carbohidrato.** Hidrato de carbono. Es un nombre en desuso.

**Columela.** Dim. de columna. Sin. de báculo\* o columnilla situada debajo del téctum\*

**Costilla.** Engrosamiento en torno a una abertura, generalmente formado por un repliegue de endexina\*.

**Diatomea.** Cualquiera de las algas unicelulares, vivientes en el mar, en el agua dulce o en la tierra húmeda, que tienen un caparazón silíceo formado por dos valvas de tamaño desigual, de modo que la más pequeña encaja en la mayor. La acumulación de estos caparazones en cantidades enormes constituye el trípoli.

**Diploide.** Se refiere al número de cromosomas doble del arquetipo normal de cada especie y que se corresponde con el número existente en todas las células de un organismo.

**Endexina.** Parte interna de la exina\* de un grano de polen.

**Enzima.** Sustancia proteínica que producen las células vivas y que actúa como catalizador en los procesos de metabolismo. Es específica para cada reacción o grupo de reacciones.

**Epífito, a.** Se refiere al vegetal que vive sobre otra planta, pero sin alimentarse a expensas de ésta, como los musgos y líquenes.

**Equiáxico.** Grano de polen con los ejes iguales.

**Equinado.** Grano de polen con espinas o aguijones. Sin. de espinoso.

**Escábrido, a.** Se aplica a la superficie del grano de polen cuyos elementos esculturales no sobrepasan 1µm de longitud.

**Espermatófito, a.** Fanerógamo.

**Esporodermis.** Cubierta muy resistente que rodea y protege la espora y el grano de polen. Está compuesta por exina e intina.

**Esporófito.** En la alternancia de generaciones típicas de las plantas, generación que presenta esporas asexuales. En las fanerógamas constituye la planta normal.

**Estípula.** Cada uno de los apéndices foliáceos filiformes, espinosos o escamosos, que tienen algunas hojas a uno y otro lado de la base del peciolo.

- Exina.** Pared externa de la esporodermis del grano de polen.
- Floema.** Conjunto de haces liberianos formados por células cribosas, que recorren paralelamente al eje todo el conjunto de las plantas vasculares.
- Fosulado, a.** Se refiere al grano de polen sin relieve escultural en la superficie, la cual, sin embargo, presenta diminutas hendiduras o fosulas.
- Foveolado, a.** Se refiere a los granos de polen sin relieve cuya superficie presenta diminutas lagunas generalmente redondas, mayores de  $1\mu\text{m}$  de diámetro y dispuestas más o menos irregularmente.
- Fronda.** Hoja de una planta. Hoja de los helechos. Conjunto de hojas o ramas que forman espesura.
- Glúcido.** Componente de la materia viva que, contiene carbono, hidrógeno y oxígeno. Un glúcido importante es la glucosa\*, indispensable para el trabajo muscular.
- Glucosa.** Azúcar de color blanco, cristalizable, de sabor muy dulce, muy soluble en agua y poco en alcohol, que se halla disuelto en las células de muchos frutos maduros, como la uva, la pera, etc., en el plasma sanguíneo normal y en la orina de los diabéticos.
- Harmomegattia.** Acomodación del grano de polen a los cambios de volumen.
- Hemíptero.** Orden de insectos con pico articulado, y por tanto chupadores, casi siempre con cuatro alas, las dos anteriores coriáceas por completo y sólo en la base, y las otras dos membranosas, y a veces las cuatro membranosas, y con metamorfosis sencilla; como la chinche, la cigarra y los pulgones.
- Infusorio.** Célula o microorganismo que tiene cilios para su locomoción en un líquido. La *Tierra de infusorios*, es una roca formada por los restos de caparazones de infusorios fósiles o diatomeas.
- Intina.** Cara interna de la esporodermis\* del grano de polen.
- Isopolar.** Grano de polen o espora en que no hay diferencias en sus caras polar y proximal. Con los colpos agrupados a pares.

**Lalongado, a.** En aberturas colporadas cuando los ora –o boca de los colpos–, están alargados transversalmente.

**L. O.** Luz. Oscuridad. En sentido general significa el análisis de la superficie a niveles sucesivos de enfoque.

**Lofado, a.** Aplícase al polen cuya superficie presenta crestas anastomosadas\* o libres.

**Lolongado, a.** Grano de polen con los ora –o boca de los colpos–, alargados en sentido longitudinal.

**Longuiáxico.** Con ejes largos.

**Lúmen.** En los granos reticulados aplícase a los espacios rodeados por los muros.

**Melificar.** Hacer las abejas la miel.

**Mesocolpio.** Área limitada por dos colpos adyacentes y las líneas transversales que unen los ápices de dichos colpos. V. Apocolpio\*.

**Mesolítico.** Periodo prehistórico comprendido entre el paleolítico y el neolítico.

**Metabolismo.** Conjunto de reacciones químicas que transcurren en todos los seres vivos, en orden al mantenimiento de la vida, al crecimiento de los individuos y a la reproducción de los mismos.

**Mitosis.** Proceso de división indirecta de la célula, que se caracteriza por la duplicación de todos sus elementos y un reparto por igual entre las dos células hijas

**Muros.** Anillos o costillas que separan los lúmenes\* en un retículo.

**Nematodos.** Clase de nematelmintos (seres vermiformes), generalmente endoparásitos.

**Nomotremo, a.** Grano de polen con aberturas regulares.

**Palinología.** Tratado del polen y esporas.

**Pantoporado, a.** Con los poros en número mayor de cuatro, distribuidos más o menos regularmente por toda la superficie.

**Pantotremo, a.** Con las aberturas distribuidas más o menos regularmente por toda la superficie.

**Pecoreo.** Salir las abejas a recoger el néctar de las flores.

**Plancton.** Conjunto de los seres pelágicos. Son seres pelágicos los animales y las plantas que flotan o nadan en el mar.

**Psilado.** Grano de polen de cuya superficie están ausentes toda clase de elementos esculturales y cuyos poros, si existen, tienen un diámetro menor de 1  $\mu\text{m}$ .

**Rupestre.** Algunas cosas pertenecientes o relativas a las rocas.

**Sacarosa.** Azúcar.

**Sinapsis.** Apareamiento de cromosomas.

**Vestíbulo.** En el grano de polen, pequeña cámara situada entre la ectexina\* y la endexina\*.



## 6. BIBLIOGRAFÍA





- AGTHE, C. (1951). «Über die physiologische Herkunft des Pflanzennktr». Ber. Schwiz. Bot. Ges. 61 : 240 - 77.
- BAÑO BREIS, F. DEL (1982). «Diccionario de Ciencias Naturales». Ed. Consejería de Cultura y Educación. Editora Regional de Murcia. 233 pp.
- BAÑO BREIS, F. DEL (1986). «Clave determinativa genérica de pólenes tricolpados». Anales de Biología, 9 (Biología vegetal, 2), pp. 3-20. Secretariado de publicaciones. Universidad de Murcia.
- BAÑO BREIS, F. DEL (1990). «Atlas del polen». Ed. Consejería de Cultura, Educación y Turismo. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. 232 pp y numerosas ilustraciones.
- BAÑO BREIS, F. DEL; CANDELA CASTILLO, M.E.; EGEA GILABERT, C y PÉREZ SANCHEZ, C. (1993). «Espectro polínico y cuantificación del sedimento y cenizas de mieles producidas en la Región de Murcia». Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 33(1) pp. 71-65.
- BAÑO BREIS, F. DEL; PÉREZ SANCHEZ, C; CANDELA CASTILLO, M.E. y EGEA GILABERT, C. (1995) «Estudio al microscopio óptico del sedimento de mieles producidas en la Región de Murcia. I. Indicadores de mielada». Vida apícola, 79 : 38-43.
- BELMONTE, J.; PÉREZ-OBÍOL, R. y ROURE, J.M: (1984). «Introducción a la determinación de pólenes de las principales especies melíferas de la Península Ibérica». II Congs. Nac. Apicultura, pp 93-108.
- CARRETERO, J.L. (1989). «Análisis polínico de la miel». Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

- CRANE, EVA. (1985). «El libro de la miel». Breviarios del Fondo de Cultura Económica. N° 349.
- CRANE, E. (1990). «Bees and beekeeping». Heinemann Newnes. England.
- DEMIANOWICZ, Z. (1961). «Pollekoefizienten als grundlage der quantitativen Pollenanalyse des honigs». Psel. Zesz. Nauk., 5(2), 95-107
- DEMIANOWICZ, Z. (1962). «La caratterizzazione dei mieli uniflorali di tiglio con metodo dei coefficienti pollinici», Pscelnieze Zesz Nark, 6(1), 25-45.
- ERDTMAN, G., (1969). «Handbook of Palynology». Munksgaard, Copenhagen.
- ESPADA, T. (1984). «Espectro polínico de la miel de alfalfa (*Medicago sativa*) catalana». II Congr. Nac. Apicultura : 50-55. Gijón.
- EVENIUS, J. (1933). «Die des sedimentgehaltes Norddeuscher honige im zusammenhang mit ihren chemtsch-biologischen eigenschaften». Festschrit Zander, S.23.
- FAEGRI & IVERSEN (1989). «Textbook of pollen analysis», IV ed. John Wiley & Sons.
- FAHN, A. (1974). «Anatomía Vegetal». H. Blume. Madrid.
- FOREL, A. (1923). «Le monde social des fourmis, comparé a celui de l'homme». Gêneve, Kundig.
- FRISCH, K., von. (1953). «Aus dem leben der Bienen». Springer-Verlag, Berlín.
- GÓMEZ PAJUELO, A. (1979). «Notas sobre la vegetación de la Sierra de San Pedro (Cáceres, España), estado de su apicultura y posibilidades de desarrollo». 27 Cong. Inter. Apicultura. Atenas.
- GÓMEZ PAJUELO, A. (1997). «Análisis sensorial de mieles». Vida Apícola n° 8,pp 18-21.

- HERRERA, J., (1985). «Nectar secretion patterns in southern spanish mediterranean scrublands». *Israel. J. Bot.* 34: 47-58.
- DOMINGUEZ, E.; UBERA, J.L. y GALAN, C., (1984). «Polen alergógeno de Córdoba». Monte de Piedad y Caja de Ahorros. Córdoba.
- LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, A. y VORWOHL, G. (1978). «Methods of Melissopalynology». *Bee World*, 59(4) : 139-157.
- MAETERLINCK, M. (1929). «La vie des abeilles» París. Bibl. Charpentier.
- MANUEL SUISSE DES DENRÈES ALIMENTAIRES. (1974). Service federal de l'hygiene publique, 23. Berna.
- MOORE, P.D. y WEBB, J. A. (1978). «An illustrated guide to pollen analysis». Holder & Stoughton. Londres.
- ORTEGA SADA, J.L., (1987). «Flora de interés apícola y polinización de cultivos». Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- PERIS, J., (1984). «Producción y comercio de los productos apícolas en España». *El Campo*, 93:40-68.
- PRYCE - JONES, J., (1944). *Pro. Linn. Soc. London*.
- RALLO GARCIA, JUAN B., (1986). «Frutales y abejas». Madrid.
- RICCIARDELLI, G. ; PERSANO, L., (1981). «Flora apística italiana». Roma.
- RUTTNER, F., (1988). «Biogeography and taxonomy of honeybees». Springer Verlag. (Alemania).
- SAENZ, C., (1978). «Polen y esporas». H. Blume. Madrid.
- SAWYER, R., (1988). «Pollen identification for beekeepers». University College Cardiff Press. Cardiff.
- SERNA, J.; GONELL, J. y PAJUELO, A. G. (1989). « El polen de abejas producido en España». *Rev. Ap. Barcelona*.

SERRA, J.; GÓMEZ, A. y GONELL, J. (1987). «Composición, propiedades físico químicas y espectro polínico de algunas mieles monoflorales de España». Alimentaria.

VORWOHL, G. (1966). «Das mikroskopische Bild der Pollenersatzmittel und des Sediments von Futterteigen». Z. Bienenforsch. 8(7):222-228. Citado en E. Crane (1979)

ZANDER, E. (1935). «Beiträge zur hertkunftsbestimmung bei honei». I. Berlin.

ZANDER, E. (1949). «Beiträge zur hertlkunftsbestimmung bei honei». II. Leipzig.



