

FACULTAD DE FARMACIA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

TRABAJO FIN DE GRADO
EL POLEN APÍCOLA COMO
HERRAMIENTA EN EL DECLIVE DE LAS
ABEJAS

Autores: Isabel Gómez Cerezo y Manuel Esteban Rubio
Rosillo

D.N.I.: 50621482T, 47531360C

Tutor: José Antonio Molina Abril

Convocatoria: Febrero 20

Resumen

La abeja doméstica, *Apis mellifera*, se encarga no solo de la polinización del 30% de las plantas, tanto silvestres como cultivadas, sino también supone una fuente económica de recursos, fruto de los productos apícolas como la miel, la jalea, los propóleos, la cera o el polen, con actividades terapéuticas y nutricionales. Sin embargo en los últimos años las poblaciones de abejas se han reducido considerablemente, lo que supone su colapso. Los principales factores que influyen en ello son: el uso indiscriminado de productos fitosanitarios, los parásitos propios de las abejas, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad florística de su entorno y su nutrición. Por otro lado, estos factores están, en ocasiones, relacionados entre sí. Es el caso del cambio climático que influye en la pérdida de biodiversidad florística, en la disminución de la calidad del polen, alimento fundamental de la dieta apícola, y en la debilitación del sistema inmune lo que conlleva a un aumento de los parásitos. Ante esta crisis de las abejas se ha creado el grupo de trabajo denominado CSI Pollen (dentro del proyecto COLOSS), que establece unos protocolos de análisis de la biodiversidad polínica como fuente de alimento de las abejas. Como ejemplo para demostrar la relación entre el clima y la floración, se ha procedido a analizar comparadamente la diversidad de colores, la biodiversidad polínica y los factores climáticos (temperatura, humedad y precipitaciones), de seis muestras de polen apícola pertenecientes a tres colonias de un mismo apiario, localizado en el Centro Agrario de Marchamalo IRIAF (Guadalajara). En dicho estudio se ha podido poner de manifiesto la pérdida de diversidad de colores y biodiversidad polínica de mayo de 2015 con respecto al mismo periodo de 2014. Este hecho puede estar relacionado con una mayor temperatura media y menor precipitación en mayo de 2015.

INTRODUCCIÓN

El polen apícola: concepto e interés en Farmacia

La abeja doméstica, *Apis mellifera* L., es uno de los insectos más importantes en la polinización de las magnoliófitas o plantas con flores. Se calcula que son responsables de la polinización de aproximadamente el 30% de las especies de cultivo

destinadas a la alimentación humana. Además elabora productos como la miel y el polen, así como jalea real, propóleos, veneno, que son la base del sustento económico de los apicultores. La miel y el polen presentan una importante utilidad terapéutica, entre las que destaca su actividad antiinflamatoria o, a largo plazo, antidepresiva (KomosinskaVassev *et al.*, 2015), prevención de problemas de próstata, desensibilización a la alergia, arteriosclerosis y tumores (Nogueira *et al.*, 2012).

La miel además de sus propiedades emolientes y calmantes, induce la apoptosis en los cultivos celulares (JaguaGualdrón, 2012). El único mecanismo estudiado fue la disminución del potencial de membrana mitocondrial. Las mieles con propóleos presentan sinergismo en su actividad antimicrobiana y antiinflamatoria debido a los flavonoides y otros compuestos fenólicos (JaguaGualdrón, 2012) El propóleo se emplea por su citotoxicidad ya que induce la apoptosis por activación de rutas de caspasas (JaguaGualdrón, 2012) Por último, la jalea real, presenta efecto sobre las células a la acción de la insulina y podría mejorar el perfil lipídico, popularmente se emplea como laxante y vigorizante (JaguaGualdrón, 2012) y antioxidante

El polen apícola (pelotas, bolas, cargas de polen apícola o polen corbicular) es la agrupación del polen de plantas recolectadas por las abejas y aglomeradas con gotas de néctar de plantas y secreciones salivares de las abejas. Una pelota de polen está normalmente constituida por miles de granos de polen de una o varias especies botánicas. El polen es imprescindible en la alimentación y desarrollo de la colonia, principalmente para la producción de cría. Suministra los nutrientes necesarios tales como proteínas, hidratos de carbono, vitaminas, lípidos, minerales, etc. Para recoger una carga de polen (8 mg), una abeja visitará unas 200 flores diferentes (Bogdanov, 2012). En los últimos años distintos factores han ocasionado un importante declive en las poblaciones de abejas a nivel mundial, dando lugar a lo que ya se denomina como colapso de las abejas (J.D. Ellis *et al.*, 2009)

Causas del declive de las abejas

1. Uso indiscriminado de productos fitosanitarios

El uso de herbicidas en amplias extensiones de cultivos producen la muerte de plantas silvestres favoreciendo los monocultivos pero también afectando al polen ya que los pesticidas se acumulan en su superficie (Pohorecka *et al.*, 2013) y en el néctar

(Rortais *et al.*, 2005). El uso de los pesticidas, principalmente nicotínicos tales como el tiametoxam (GonzálezPorto *et al.*, 2014), afectan al sistema nervioso de la abeja, causando pérdida de memoria y desorientación, (aunque no se sabe el mecanismo de daño en la memoria y la psicomotricidad), ponen en entredicho la viabilidad de las colonias ya que depende de la supervivencia en todos los estadios (Cresswell, 2011) y ello supone una gran letalidad en las colonias o en ocasiones efectos crónicos o subletales (Cutler *et al.*, 2014), principalmente en la época estival (Naggar *et al.*, 2015).

Experimentos en los que se empleó semillas de colza recubiertas con “Elado”, un insecticida que contiene una combinación de la clotianidina, un neonicotinoide y el piretroide no sistémico bciflutrina, que reduce la densidad de abejas silvestres, la anidación de la abeja solitaria y del abejorro, afectando así al crecimiento de la colonia. Por lo tanto, tal uso de insecticidas puede suponer un riesgo importante para las abejas silvestres en paisajes agrícolas, y la contribución de los pesticidas a la disminución global de las abejas puede haber sido subestimada (Rundlöf *et al.*, 2015).

Resaltar que las larvas, al ser seres inmaduros y no tener desarrollados sus sistemas, son las más vulnerables a los efectos nocivos de los pesticidas, lo que supone poner en entredicho la supervivencia de la colonia. Sin embargo, al ser un organismo que depende de sus individuos para funcionar como un todo, se ha demostrado que las abejas obreras pecoreadoras ven afectado su comportamiento ante la búsqueda de alimento natural y aumenta su mortalidad, lo que conduce a una reducción significativa en el desarrollo de la cría y en el éxito de la colonia. A bajas concentraciones, o ausencia, de pesticidas las pecoreadoras recogen el polen con eficiencia sin embargo, en presencia de pesticidas se reduce el número de pecoreadoras así como su capacidad de trabajo (Thomson, 2003).

2. Parásitos de las abejas

También hay que destacar las malas praxis en el cuidado de la colmena, debido a que los tratamientos no se dan en el momento de máxima población en la colmena, ya que en ocasiones supone para los apicultores alargar su jornada laboral sin que esta sea remunerada, ni en la dosis aconsejada. El principal problema patológico de la apicultura actual es la parasitosis provocada por el ácaro *Varroa jacobsoni* Oud. (Flores *et al.*, 1998). Y la nosemosis causada por *Nosema ceranae*. La varroasis afecta en todos los

estadios de su desarrollo porque la hembra de *V. jacobsoni* pone huevos en celdillas de machos y obreras, haciéndose necesaria la realización de tratamientos sistemáticos anualmente, para asegurar la viabilidad de las colonias. La especie más dañada es *Apis mellifera*. Se nutre de la hemolinfa de las abejas en desarrollo, causándoles mutilaciones en alas y patas por lo que produce su muerte. Es una parasitosis de Declaración Obligatoria. (Aula virtual de prácticas de entomología ambiental y aplicada bloque III. entomología médicoveterinaria).

Desde la aparición de este ácaro en 1985 en España, los tratamientos para combatirla han sido diversos. Como nueva alternativa de tratamiento se está estudiando el comportamiento conocido como grooming. (Se da en diferentes razas de abejas capaces de detectar, morder y eliminar los parásitos). Se ha descrito este comportamiento en *Apis mellifera* ibérica, la raza de abeja habitualmente usada en nuestra apicultura. Los parásitos eran recogidos en bandejas situadas en el fondo de las colmenas. El 5,07 % de los parásitos recogidos vivos y el 50,85 % de los muertos presentaron daños, principalmente en los apéndices y el idiosoma. Esto podría usarse para mejorar la respuesta de autodefensa en la mencionada raza frente al parásito. (Flores *et al.*, 1998). La nosemosis contribuye a la despoblación de las colmenas de *Apis mellifera*. Al introducir hace unos cincuenta años colonias de *A. mellifera* en Asia, ésta entró en contacto con la abeja autóctona *A. cerana* y por consiguiente con sus parásitos; sin embargo, no es hasta 1996 cuando con técnicas genéticas se detecta la existencia de un nuevo parásito mucho más agresivo llamado *Nosema ceranae*. (MartínHernández *et al.*, 2007). Detectada en España por primera vez en 2004, la infección provoca la migración de las obreras, disminuyendo las labores de cría, lo que debilita la colonia que no resistirá la llegada del invierno. La patogeneicidad de *N. ceranae* se demostró al estudiar dos colmenas españolas con despoblamiento en la que solo se encontraron esporas de nosema, sin presencia de ningún otro patógeno o pesticida (Higes *et al.*, 2009).

3. Cambio climático

El cambio climático puede repercutir sobre otros factores como la pérdida de diversidad floral (GonzálezPorto *et al.*, 2014; Matthias *et al.*, 2015), la fragmentación y cambio del hábitat en la época de floración (Breed *et al.*, 2012); la aparición de

parásitos nuevos como *Nosema cerenae* y *Varroa destructor*, para los que la abeja melífera europea no ha desarrollado mecanismos de defensa (Monceau *et al.*, 2014), o la proliferación de especies foráneas depredadoras como *Vespa mandarinia* o *V. velutina*, vulgarmente conocida como avispon asiático o avispon gigante (Monceau *et al.*, 2014).

4. Pérdida de biodiversidad florística de su entorno

La pérdida de diversidad floral y los cambios en la época de floración son los factores que interesan para el desarrollo del presente trabajo. Es en la época de floración cuando las abejas recolectan todo el polen posible, ya que es la base de su alimentación, y al recolectar de flor en flor es cuando llevan a cabo su labor ecológica como polinizadores. La pérdida de especies vegetales o la floración a destiempo, provocan que la diversidad de pólenes recolectados sea menor lo cual repercute en su alimentación y, por consiguiente, en la salud de toda la colonia.

Diferentes estudios han demostrado que la diversidad de pólenes es esencial para un buen estado de salud de la colonia. Aquellas colonias capaces de recolectar una mayor cantidad de pólenes de orígenes botánicos distintos son las que mayor esperanza de vida presentan, debido a que su estado de salud será más óptimo y podrán hacer frente con mayor éxito a parásitos o condiciones medioambientales adversas (Alaux *et al.*, 2011).

5. Nutrición de la abeja

Al igual que el resto de seres vivos, la abeja melífera, no puede desarrollarse y llevar a cabo sus funciones vitales sin una alimentación adecuada. En el caso que nos ocupa, la alimentación tiene mayor importancia en el desarrollo y estado de salud, no solo del individuo, sino también de la colmena, especialmente de la cría, dado que la gran mayoría de los nutrientes que necesitan los adquieren del consumo de un único alimento, el polen; por tanto debe considerarse la base de la alimentación de la colmena. A la hora de evaluar la importancia del polen en la nutrición apícola, se debe hacer un análisis de la composición del polen. Una mayor o menor concentración de diferentes nutrientes en cada tipo polínico, marcará su calidad nutritiva y, por tanto, su beneficio para la salud y desarrollo de la colonia.

Políticas frente al colapso de las colonias

Como se ha adelantado anteriormente, fruto de la preocupación por la desaparición de las abejas y por su papel en la polinización, surge en Europa un proyecto para concienciar de este problema, estudiar y definir sus causas y, si es posible, reducirlas o solventarlas. Es el proyecto COLOSS (Prevention of honey bee COlony LOSSes), cuyo objetivo es mejorar el bienestar de las abejas a nivel global mediante la cooperación, a todos los niveles y estamentos, como clave para comprender mejor las causas que amenazan a las poblaciones de abejas en el mundo, dedicándose a prevenir la pérdida de colonias de abejas, con el fin de garantizar la polinización y poder mantener la economía mundial agrícola. Analiza los distintos parámetros que podrían afectar a las abejas como parásitos, pérdidas de inmunidad y de biodiversidad, siendo esto último nuestro tema central de estudio. Para ello se vale del proyecto denominado C.S.I. Pollen (Citizen Scientist Investigation on Pollen) que tiene como objetivo ser el mayor grupo europeo de investigación sobre la biodiversidad del polen a disposición de las colonias de abejas melíferas. Ello se lleva a cabo mediante un enfoque internacional y con participación de los apicultores como ciudadanos científicos. La duración del proyecto es de 2014 a 2015.

OBJETIVOS

El objetivo fundamental de este TFG –que incluye revisión bibliográfica y un trabajo práctico– es establecer la relación entre la diversidad polínica y la disminución de las colonias de abejas. Los objetivos específicos se centran en: a) conocer el papel de las abejas en la polinización b) entender la importancia del polen en la dieta de la abeja c) analizar las relaciones entre la biodiversidad polínica y su calidad nutricional sobre la salud de la colonia d) establecer las causas de la pérdida de biodiversidad y cambios de floración debido al cambio climático

MATERIAL Y MÉTODOS

Revisión bibliográfica

Para la realización de este trabajo se ha recurrido a numerosos artículos científicos como referencias bibliográficas. También se han utilizado los recursos electrónicos aportados en las páginas web de los proyectos COLOSS y CSI Pollen.

La recopilación de las distintas fuentes bibliográficas utilizadas se ha realizado bien a través del tutor, quien ha facilitado buena parte de la información científica, bien a través de las búsquedas realizadas en Google Scholar, Web of Science, Scopus, Mendeley, World Cat, Pub Med y Paperity. Posteriormente se realizó una selección de la información suministrada por todas las fuentes, excluyendo aquella que fuera irrelevante para el trabajo.

Análisis de muestras

Las muestras de polen apícola analizadas corresponden a un apiario participante en el proyecto CSI Pollen, ubicado en el Centro Regional Apícola de Marchamalo (Guadalajara), y relativas a 3 colonias del mes de mayo de 2014 (PC 364, PC365 y PC366) y 2015 (PC1113, PC1114, PC1115). Con el fin de evitar su degradación y la contaminación por microorganismos, las muestras fueron congeladas inmediatamente después de su recogida.

Primeramente, se procedió a la separación de las pelotas de polen de cada una de las muestras por sus diferentes colores. La separación se realizó sobre un fondo oscuro y con ayuda de pinzas y lancetas. Para ello, los colores se van clasificando del más abundante (A), al menos abundante (O) y, una vez separados, se pesa y contabiliza el número de pelotas por color y se almacena en tarros separados, debidamente etiquetados. Cada color se identifica con un código de la guía PANTONE, el cual corresponde con un determinado color, o tonalidad.

Posteriormente se realizó una preparación microscópica para cada uno de los colores identificados, analizándose 3 pelotas por color (con excepción de aquellos colores representados por un número inferior de pelotas) y, en un microscopio óptico con objetivo X40, se identificaron los tipos polínicos utilizando la bibliografía recomendada (Valdés *et al.*, 1987).

Con el fin de correlacionar los resultados palinológicos con los datos climáticos, se han utilizado los datos meteorológicos de los meses de abril (mes anterior a la recolección del polen por las abejas) y mayo (época de recolección del polen) de 2014 y 2015, suministrados por la estación meteorológica de Armuña de Tajuña, situada a 30 km de la ubicación de las colmenas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. El papel de las abejas en la polinización

Para la reproducción vegetal se necesita el traslado del polen desde las anteras, o partes masculinas de una flor, hasta los estigmas o partes femeninas, ya sea de la misma planta o, más generalmente, de otras plantas del entorno. Muchas especies de insectos visitan las flores para buscar su néctar, o su polen, y mientras lo hacen, transportan los gránulos que contribuirán a la polinización. Las abejas melíferas son insectos polinizadores altamente eficaces: tienen el cuerpo cubierto de pelos que recogen fácilmente miles de gránulos de polen cuando se mueven al interior de las flores; generalmente visitan solo una especie de flor durante cada uno de sus viajes, cada abeja recoge la cantidad suficiente de polen para su propio alimento y también para las necesidades de la colonia. En una sola jornada una abeja puede visitar miles de flores de una misma especie, recogiendo el néctar y el polen y esparciendo los gránulos de polen por todas las flores (Bondanov, 2012)

Generalmente visitan solo una especie de flor durante cada uno de sus viajes. En una sola jornada una abeja puede visitar miles de flores de una misma especie, recogiendo el néctar y el polen y esparciendo los gránulos de polen por todas las flores. De este modo, cada abeja recoge la cantidad suficiente de polen para su propio alimento y también para las necesidades de la colonia.

La polinización mediada por las abejas se debe en gran medida a una comunicación química, la cantidad de feromonas que perciben las abejas son imperceptibles para los seres humanos, percibiendo además las abejas aromas y colores por los cuales se sienten atraídas. (Anaya, 2003) Aun así, la polinización biológica cuyo mayor exponente es la abeja es en la actualidad un misterio, ya que en raras ocasiones se detalla. (Anaya, 2003)

Las abejas polinizan alrededor de 40.000 especies de plantas, de ahí que su importancia en la polinización, un ejemplo de su importancia en la economía estadounidense es que, en 1973 está declarado que dio unos beneficios de 18,9 millones de dólares (Bondanov, 2012).

2. Importancia del polen en la dieta de la abeja

Diversos estudios se han centrado en este punto, con la intención de demostrar el importantísimo papel que juega el polen sobre el bienestar de la colmena. El polen es la principal fuente hidratos de carbono, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales (Zn, Cu, Fe, y alta K / Na) para las abejas melíferas (Bogdanow, 2012). La concentración de estos nutrientes representan un importante factor responsable de la cantidad de progenie, la longevidad y la salud de los adultos; lo que tiene un impacto directo sobre la supervivencia y la productividad de la colonia.

Aquellas colonias que se enfrentan a una limitación nutricional, bien por escasez de polen o bien por la limitación en algún elemento esencial de este (macronutrientes, amino ácidos, vitaminas), disminuirá su progenie y, finalmente, morirán si no se aporta el nutriente que falta (Brodschneider *et al.*, 2010).

Se ha observado que la malnutrición no afecta del mismo modo a todos los individuos de la colmena, siendo las larvas, los individuos más afectados en caso de inanición. Ante una situación de estrés, generada por escasez de alimento, se reducirá el número de larvas en beneficio de la colonia, lo cual, a la larga, será negativo ya que deteriorará la colmena (las obreras se comen a las larvas más jóvenes para producir alimento para las mayores) (Brodschneider *et al.*, 2010).

Al evaluar la calidad nutricional del polen se ha demostrado que el principal indicador de su calidad es el contenido en proteínas (Bogdanow, 2012), ya que es el que más afecta al desarrollo de la abeja melífera. Tanto el polen recolectado de manera natural por las pecoreadoras, como los suplementos aportados por el apicultor (30% 35% de riqueza proteica), son los más adecuados para el desarrollo de las abejas, la pupación y la puesta de huevos (Chengcheng *et al.*, 2012).

3. Biodiversidad polínica y calidad nutricional

La buena alimentación de la abeja melífera, no sólo radica en el consumo de un polen de calidad nutricional adecuada, sino que también debe existir una variedad en el origen botánico del mismo. Aquellas colmenas que sean capaces de recolectar una mayor variedad de pólenes distintos serán las que gocen de mejor salud, debido a que una alimentación polifloral tiene beneficio directo sobre la actividad del sistema inmune de la abeja. Al igual que el de los humanos, sistema inmune requiere de una dieta variada para la síntesis de las proteínas encargadas de la función inmune (Di Pasquale *et al.*, 2013).

El sistema inmune es fundamental en la defensa de la abeja melífera frente a uno de los principales factores causantes de la actual crisis, la presencia de parásitos apícolas. Una dieta variada en pólenes de distintos orígenes botánicos (las denominadas poliflorales), y aquellas que a pesar de ser monoflorales, tienen un alto contenido proteico, aumentan la supervivencia de la colmena debido al incremento en la actividad de determinadas enzimas. Estas enzimas son: la glutatión Stransferasa que aumenta la actividad detoxificante de las abejas; la fenil oxidasa, que ve incrementada su actividad en el caso de aquellas abejas que ya han sido parasitadas por *Nosema cerenae*, lo que supone una mejora en la inmunidad y por tanto un aumento en la supervivencia y por último la fosfatasa alcalina es la que sufre un incremento de actividad cuando se trata de abejas sanas, traducándose en una mejora de la actividad metabólica de la abeja y, por consiguiente, en un mejor desarrollo de ésta (Di Pasquale *et al.*, 2013).

Otras enzimas, como la vitelogenina o la transferrina, cuya actividad se ve afectada significativamente por la dietas, se expresan en mayor medida en aquellas abejas cuya dieta es polifloral (Di Pasquale *et al.*, 2013), siendo mayor su expresión en dietas con gran presencia de polen de *Erica* o *Rubus*,

A partir de estudios de transcripción de las abejas obreras mediante técnicas de expresión génica digital, se ha observado que una alimentación polínica de calidad nutritiva y variedad botánica, es importante para la activación de vías de expresión de genética, fundamentales en la transcripción de proteínas implicadas en la inmunidad de la abeja. Algunas de ellas con actividad antimicrobiana y otras simplemente necesarias para el desarrollo y correcta actividad del organismo de la abeja. El parásito *Varroa destructor*, que se caracteriza por reducir la actividad inmune de *Apis melífera*, causa el

desarrollo de poblaciones virales y una disminución de metabolismo, específicamente inhibiendo el metabolismo de proteínas esenciales para la salud de las abejas, disminuyendo su supervivencia. La alimentación con polen no revierte el efecto de la *Varroa* una vez ha parasitado a la abeja. Por lo tanto se puede decir que la alimentación, a pesar de no revertir el efecto de la parasitación por *Varroa*, influye en la homeostasis de la abeja y puede ayudar a reducir la susceptibilidad a los patógenos, menos virulentos (Alaux *et al.*, 2011).

La diversidad del polen garantiza las proteínas, ácidos grasos y minerales esenciales para las abejas (Nogueira *et al.*, 2012). La pérdida de la diversidad es un factor para la disminución de la vitalidad colonia. Para investigar sobre la correcta alimentación de las abejas, el proyecto de C.S.I. Pollen pretende hacer un inventario internacional de la diversidad de polen vinculado a la utilización del suelo y la temporada de su recolecta por la abeja melífera. Tal estudio solo es posible con la ayuda de los apicultores, los principales interesados En el proyecto están incluidos 21 países europeos, con un coordinador internacional (Universidad de Graz, Austria) y un coordinador nacional (Centro Apícola Regional de Marchamalo, CAR), responsable de la captación de los apicultores. La metodología a seguir es la siguiente: a) los apicultores colaboradores se dan de alta en la web y reciben una clave personal, necesaria para la introducción posterior de datos; b) seleccionarán 3 colmenas de un mismo apiario para la recogida de muestras, que realizarán según un calendario preestablecido, el mismo en toda Europa, de abril a septiembre, cada 3 semanas; c) el apicultor realizará la separación de muestras por colores y, por un lado, enviará a la base de datos central (coordinador internacional) la reseña del número de colores por muestra junto con los datos sobre la ubicación de las colmenas: uso, características geográficas y de vegetación de la zona de proximidad del apiario y, por otro lado, enviará las muestras separadas al coordinador nacional; quien d) determinará el color, mediante la guía PANTONE color report, identificará los tipos polínicos (diversidad botánica) y correlacionará color/tipo polínico.

Como ejemplo de este apartado, y tal como se ha indicado anteriormente, se ha realizado un trabajo experimental de comparación de la biodiversidad polínica en muestras de 3 colonias de un mismo apiario y de dos años (2014 y 2015). Las muestras

separadas por colores se observan en el anexo 1 y la caracterización de colores de cada muestra se observa con detalle en el anexo 2

RESULTADOS ANALISIS DE PELOTAS DE POLEN (Mayo, 2014)

PC 365

POLEN	PESO MUESTRAS (g)	NÚMERO PELOTAS	IDENTIFICACIÓN
A	1,6	204	<u>Compuestas tubulifloras</u> Cistáceas
B	1,8	190	<u>Plantago</u> <i>Cystusladanifer</i> , Leguminosas, Compuestas tubulifloras
C	1,3	154	<u>Compuestas tubulifloras</u>
D	1,1	104	<u>Epilobium</u> Onagráceas, Rosáceas, Compuestas tubulifloras
E	0,5	85	<u>Compuestas tubulifloras</u> Epilobium
F	0,4	62	<u>Rosáceas</u>
G	0,3	54	<u>Cistáceas</u>
H	0,4	38	<u>Leguminosas</u> Compuestastubulifloras, Helianthemum
I	0,4	33	<u>Leguminosas</u>
J	0,4	31	<u>Cystusladanifer</u> Compuestas ligulifloras
K	0,2	23	<u>Oxalidáceas</u> Compuestas ligulifloras
L	0,2	14	<u>Leguminosas</u>
M	0,1	8	<u>Leguminosas</u> Rosáceas
N	0	3	<u>Plantago</u> <i>Cystusladanifer</i>
Ñ	0	2	<u>Gramíneas</u>
O	0	1	<u>Malváceas</u>

PC 366

POLEN	PESO MUESTRAS (g)	NÚMERO PELOTAS
A	1,6	206
B	1,4	191
C	1,4	157
D	2,1	146
E	1,2	79
F	0,9	60
G	1	59
H	0,6	31
I	0,6	27

J	0,5	23
K	0,4	14
L	0,6	11
M	0,1	7
N	0,3	6

PC 367

POLEN	PESO MUESTRAS (g)	NÚMERO PELOTAS
A	4,4	420
B	2,9	228
C	1,8	180
D	1,2	154
E	0,7	83
F	0,7	78
G	0,6	45
H	0,3	36
I	0,3	26

PC 1113

POLEN	PESO MUESTRAS (g)	NÚMERO PELOTAS	IDENTIFICACIÓN
A	6,8	550	<u>Cistáceas</u>
B	1,4	143	<u>Compuestas tubulifloras</u>
C	1,4	105	<u>Epilobium</u>
D	0,7	68	<u>Compuestas tubulifloras</u>
E	0,7	58	<u>Plantago</u>
F	0,5	49	<u>Epilobium</u>
G	0,6	42	<u>Cistus</u> Rosáceas
H	0,7	24	<u>Cistáceas</u> Rosáceas, <i>Vitis</i>
I	0,6	23	<u>Helianthemum</u>
J	0,5	14	<u>Leguminosas</u>
K	0,5	10	<u>Cistusladanife</u> Liliáceas
L	0,5	8	<u>Plantago</u>
M	0,4	3	Rosáceas Cistáceas
N	0,4	1	<u>Leguminosas</u>

PC 1114

POLEN	PESO MUESTRAS (g)	NÚMERO PELOTAS
A	5,28	735
B	3,92	312
C	3,64	141
D	1,46	83
E	1,09	60
F	0,89	50
G	0,37	14
H	0,2	12
I	0,06	8
J	0,04	4
K	0,028	3

PC 1115

POLEN	PESO MUESTRAS (g)	NÚMERO PELOTAS
A	5,28	735
B	3,92	312
C	3,64	141
D	1,46	83
E	1,09	60
F	0,89	50
G	0,37	14
H	0,2	12
I	0,06	8
J	0,04	4
K	0,028	3

4. Cambio climático

El fenómeno de afectación mundial conocido como cambio climático, tiene su origen y causa en la actividad humana sobre la tierra, que ha generado en el último siglo elevadas emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. El CO₂ es un gas de efecto invernadero, por lo que este se ha visto incrementado. Las consecuencias directas de dicho incremento del efecto invernadero han sido, un aumento generalizado de la temperatura global, cambio en los patrones de precipitación y aumento en la frecuencia de expresión de sucesos climatológicos extremos (González *et al.*, 2003).

Todos estos cambios a nivel climático están teniendo consecuencias directas sobre los ecosistemas. Estos responden de distintas maneras para adaptarse a las nuevas condiciones. En el caso de las especies que lo componen, las opciones que tienen a la hora de enfrentarse al nuevo cambio es adaptarse o extinguirse. Las adaptaciones son de diversa índole. Pueden migrar hacia los polos o zonas más elevadas, buscando temperaturas menores. También desarrollan cambios en su fisiología (fotosíntesis, respiración, crecimiento, uso eficiente del agua, etc.) y cambios en su fenología (adelantos o retrasos en los eventos del ciclo de vida (González *et al.*, 2003).

Al verse modificadas las características fisiológicas y fenológicas, las relaciones interespecíficas también cambian. En el caso que nos ocupa, la relación de mutualismo entre la abeja melífera y las distintas especies florales de las que se alimenta y a las que poliniza, los cambios también han llegado. Como se ha comentado anteriormente, son estos cambios uno de los posibles causantes del colapso de las abejas al verse modificadas las épocas de floración de ciertas especies y por tanto los hábitos de recolección de las abejas (González *et al.*, 2003).

Todo lo anteriormente comentado tiene como resultado final un cambio en la estructura y composición de las poblaciones (empobrecimiento progresivo de algunas comunidades e incremento relativo de las especies oportunistas como la *Varroa* en el caso de la abeja) y un impacto directo sobre la biodiversidad (González *et al.*, 2003).

A la vista de los resultados obtenidos, tanto bibliográficos como experimentales, tanto la multifloralidad polínica como la riqueza en macronutrientes son factores desencadenantes de problemas para la salud de *Apis mellifera*, y están

relacionados con las modificaciones fenológicas y fisiológicas derivadas de las adaptaciones de las distintas especies vegetales al cambio climático. Basándonos en los resultados experimentales de identificación polínica obtenidos, y teniendo en cuenta que los datos solo representan a una pequeña área geográfica de Guadalajara; se puede comprobar que, a pesar de que las muestras analizadas a estudio presentan multifloralidad en ambos casos, las especies de origen del polen son distintas, siendo la añada (2014 y 2015) el único factor diferenciador entre ambas. Analizando los datos meteorológicos de la zona de estos dos años podemos ver como las temperaturas y las precipitaciones en los meses de recolección fueron diferentes lo que provocó la floración de distintas especies influenciadas por la meteorología (anexo 3).

Si esta muestra representativa la llevamos a un terreno mundial, teniendo en cuenta la magnitud de los cambios climáticos a largo plazo y de las previsiones futuras; podemos determinar que el clima es un factor desencadenante, aunque en acción sinérgica con otros factores (parásitos, pesticidas), del colapso de la apicultura a nivel mundial, teniendo siempre como puente de unión la producción polínica.

CONCLUSIONES

a) Las abejas proveen servicios de polinización importantes a los cultivos y plantas silvestres. El uso agrícola de insecticidas sistémicos, tales como los neonicotinoides puede condicionar la viabilidad de las colonias ya que afecta a la supervivencia de la abeja en todos los estadios.

b) El polen es la única fuente de nutrientes de las abejas. Por ello requieren de una gran variedad de polen para hacer frente a sus demandas nutricionales y estimular su sistema inmune frente a parásitos.

c) El polen apícola da información de las plantas que se encuentran cercanas a la colmena de forma que se puede establecer una estimación de la diversidad vegetal del entorno de la colmena.

d) Las temperaturas y las lluvias afectan de modo importante el pecoreo de la abeja. El caso de estudio efectuado por nosotros muestra que la diversidad floral se reduce con la disminución de precipitación.

Como epílogo cabe referirse a algunas posibles soluciones para frenar la pérdida de especies florales. Entre ellas se pueden citar las siguientes: a) ayudas a los apicultores y jornadas remuneradas nocturnas; b) cargas financieras a través de esquemas agroambientales, como los de Europa y los Estados Unidos, de compensación a los agricultores que soliciten estrategias de manejo para la conservación de la biodiversidad. (Klein et al., 2007); c) más estudios sobre los efectos de los insecticidas y pesticidas; y d) concienciación, no solo de los apicultores y personas dedicadas a las abejas, sino también de la sociedad, no tanto por la carga económica que supone su desaparición sino de las consecuencias biológicas que suponen.

AGRADECIMIENTOS Agradecemos al Centro Agrario de Marchamalo IRIAF (Guadalajara), y en especial a la Dra. Amelia Virginia González Porto (coordinadora española del grupo CSI Pollen), por la cesión de la muestra de polen apícolas analizadas en el presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alaux, C., Dantec, Ch., Parrinello, H. & Le Conte, Y. (2011). Nutrigenomics in honeybees: digital gene expression analysis of pollen's nutritive effects on healthy and varroa-parasitized bees. **BMC Genomics**, 12:113.
- Anaya, A.L. (2003). *Ecología química* 209.
- Bodanov, S. (2012). Bee Pollen Book **BeeProductScience**, 1: 113.
- Breed, M. F., Marklund, M.H.K., Ottewell, K.M., Gardner, M., Harris, J.B.C & Lowe, A.J. (2012). Pollen Diversity Matters: Revealing The Neglected Effect Of Pollen Diversity On Fitness In Fragmented Landscapes. **Molecular Ecology** doi: 10.1111/mec.12056 114.
- Brodschneide, R, Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honeybees*. *Apidologie*, SpringerVerlag, **INRA/DIBAGIB/EDP Sciences**, 41:118.
- Chengcheng, L., Baohua, X., Yuxi, W., Qianqian, F, Weiren, Y. (2012). Effects of dietary crude protein levels on development, antioxidant status, and total midgut protease activity of honey bee (*Apis mellifera* ligustica). **Apidologie**, 43 (5):576586.
- Cresswell J.E. (2011). A metaanalysis of experiments testing the effects of a neonicotinoid insecticide (imidacloprid) on honey bees. **Ecotoxicology** 20:149–157.
- Cutler, G., ScottDupree, C.D., Sultan, M., McFarlane, A.D. & Brewer, L. (2014). A largescale field study examining effects of exposure to clothianidin seedtreated canola on honey bee colony health, development, and overwintering success. **PeerJ** .2:e652 (8):123.

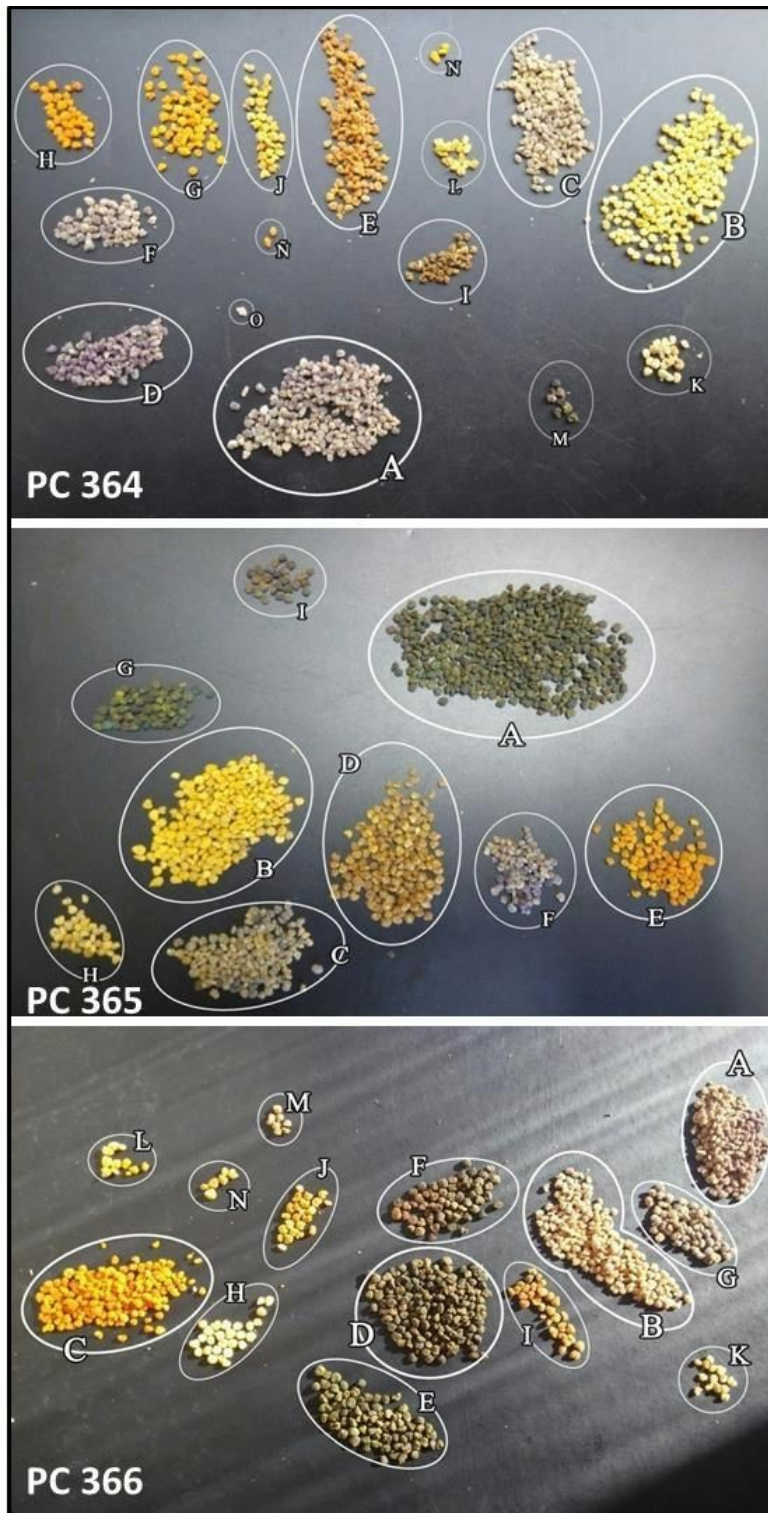
- Di Pasquale, G., Salignon, M., Conte, L., Luc, Y., Belzunces, P., Decourtye, A., Kretzschmar, A., Suchail, S., Brunet, J.L. & Alaux, C. (2013). Influence of Pollen Nutrition on Honey Bee Health: Do Pollen Quality and Diversity Matter? **PlosOne** 8: 113.
- Flores, J.M., Ruiz, J.A., Ruz, J.M., F. Puerta, F. Campano, F. Padilla y M. Bustos. (1998) El grooming en *Apis mellifera* iberica frente a *Varroa*.
- González M. E., Jurado E., González E. S., Aguirre, Ó.C., Jiménez, P. & Navar J. (2003) Cambio climático mundial: origen y consecuencias. Universidad Autónoma de Nuevo León Monterrey México 377385.
- González Porto, A.V., Martín Hernández, R., Pardo Martín, C., López Pérez, J.A., Molina Abril, J.A. Higes, M. & García Villarubia, C. (2014). Colaboración Técnica: Centro Apícola de Marchamalo. **APAG** 145:3233.
- Higes, M., Martín Hernández, R., Garrido Bailón, E., González Porto, A.V., García Palencia, P., Meana, A. (2009). Honey bee colony collapse due to *Nosema ceranae* in professional apiaries. **Environ Microbiol.**; 1:110–113.
- Jagua Gualdrón, A. (2012). Cáncer y terapéutica con productos de la colmena. Revisión sistemática de los estudios experimentales. **RevFacMed.** 60 (2):7994.
- J.D. Ellis, J.D. Evans, J. Pettis (2009) Colony losses, managed colony population and Colony Collapse in the United States. **Journal of Apicultural Research** 49 (1): 134136.
- Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Dewenter, E., Cunningham, S.A., Kremen, C. & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proc. R. Soc. B** 274:303–313.
- Komosinska Vassev, K., Olczyk, P., Kafmierczak, J., Mencner, L. & Olczyk, K. (2015). Bee Pollen: Chemical Composition and Therapeutic Application, Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. **Hindawi Publishing Corporation** 1: 16.
- Martín Hernández, R., Meana, A., Prieto, Martínez, L., Garrido Bailón, E. & Higes, M. (2007). Outcome of colonization of *Apis mellifera* by *Nosema ceranae*. **App. Environ. Microbiol.** 73:63316338.
- Matthias, I. Sebastian, M., Semmler, S. & Giesecke, T. (2015). Pollen diversity captures landscape structure and diversity. **British Ecological Society, Journal of Ecology** 10.1111:13652745.
- Monceau, K., Bonnard, O., Moreau, J. & Denis, T. (2014). Spatial distribution of *Vespa velutina* individual shunting at domestic honey beehives: heterogeneity at a local scale. **Insect Science** 21:765–774.
- Naggar, Y., Codling, G., Vogt, A., Naiem, E., Mona, M., Seif, A. & Giesy, J.P. (2015). Organophosphorus insecticides in honey, pollen and bees (*Apis mellifera* L.) and their potential hazard to bee colonies in Egypt. **Ecotoxicology and Environmental Safety** 114:1–8.
- Nogueira, C., Iglesias, A., Feás, X. & Estevinho, L.M. (2012). Commercial Bee Pollen with Different Geographical Origins: A Comprehensive Approach. **Int. J. Mol. Sci.** 13(9): 1117311187.

- Pohorecka, K., Skubida, P., Semkiw, P., Miszczak, A., Teper, D., Sikorski, P., Zagibajło, K., Skubida, M., Zdańska, D. & Bober, A. (2013). Effects of exposure of honey bee colonies to neonicotinoid seed-treated maize crops. **J. APIC. SCI.** 57: 199208.
- Thomson, E. (2003). Behavioral effects of pesticides. **Ecotoxicology** 12 317330.
- Rortais, A., Arnold, G., Halm, M.P. & Touffet-Briens, F. (2005). Modes of honey bees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees. **Apidologie**, 36 (1):7183.
- Rundlöf, M., Andersson, G.K.S., Bommarco, D.R., Fries, I., Hederström, V., Herbertsson, L., Jonsson, O., Klatt, B.K., Pedersen, T.R., Yourstone, J. & Smith, H.G. (2015). Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. **Nature** 521(7550):7780.
- Valdés, B., Díez, M.J. & Fernández, I. (1987). Atlas Polínico de Andalucía Occidental. Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Sevilla y Excm. Diputación de Cádiz. Sevilla.

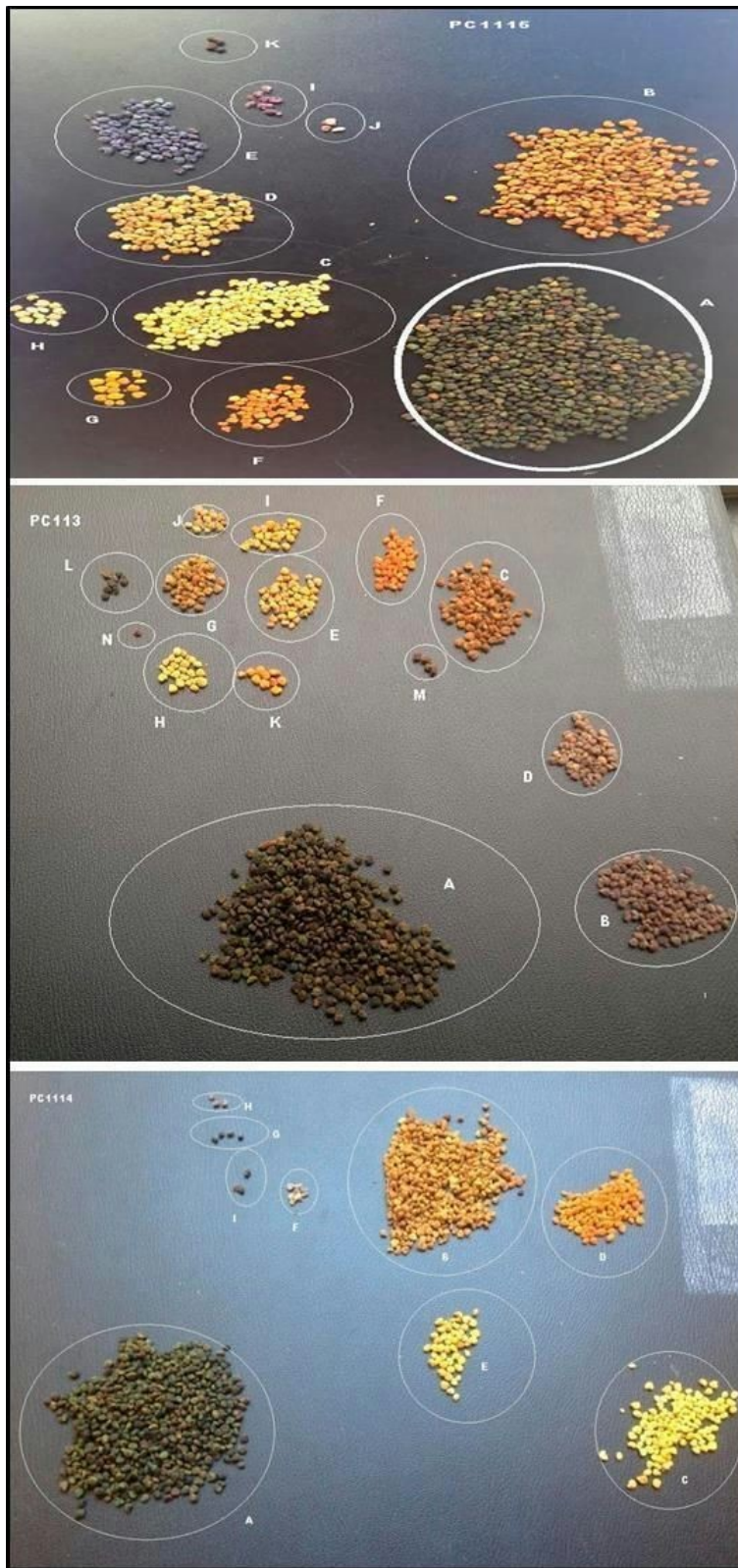
Recursos Electrónicos

- <http://www.fao.org/docrep/008/y5110s/y5110s03.htm#TopOfPage>
- www.coloss.org/taskforces/csi
- Aula virtual de prácticas de entomología ambiental y aplicada bloque III. entomología medicoveterinaria

Anexo 1 Fotografías de la separación por colores del polen apícola correspondientes a las muestras de 2014.



Anexo 1 Fotografías de la separación por colores del polen apícola correspondientes a las muestras de 2015.



Anexo 2: Colores muestra

2014 Relación entre color e identificación polínica en la colonia 1 en 2014

	<i>Asteraceae (Asteroideae)</i>
	<i>Plantago</i>
	<i>Asteraceae (Asteroideae)</i>
	<i>Epilobium</i>
	<i>Asteraceae (Asteroideae)</i>
	<i>Rosaceae</i>
	<i>Cistaceae</i>
	<i>Leguminosae</i>
	<i>Leguminosae</i>
	<i>Cistus ladanifer</i>
	<i>Oxalidaceae</i>
	<i>Leguminosae</i>
	<i>Leguminosae</i>
	<i>Plantago</i>
	<i>Poaceae</i>
	<i>Malvaceae</i>

Colores muestra 2015 Relación entre color e identificación polínica en la colonia 1 en 2015

**Anexo 3 Datos
Climáticos**

Temperaturas ,precipitaciones y humedad comparando el año 2014 y 2015

	2014		2015	
	ABRIL	MAYO	ABRIL	MAYO
Precipitación Media	38,82mm	7,36mm	32,7mm	0,59mm
Temperatura Media	13,78°C	15,74°C	12,34°C	17,52°C
Humedad Media	62,49%	47,60%	59,61%	47,48%

