

Ambio ciencias

REVISTA DE DIVULGACIÓN



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES. UNIVERSIDAD DE LEÓN



REVISTA nº 8
Noviembre 2011

★ 1968 ★



★ 2011 ★

Consejo de Redacción

Director:

José Luis Acebes Arranz Profesor Titular del Área de Fisiología Vegetal

Secretario:

Francisco Javier Rúa Aller Profesor Titular del Área de Bioquímica y Biología Molecular

Vocales:

Ana Alonso Simón Profesora Asociada del Área de Fisiología Vegetal

María Luz Centeno Martín Vice-Decana de la Facultad de CC. Biológicas y Ambientales

Antonio Encina García Profesor Contratado Doctor del Área de Fisiología Vegetal

Delia Fernández González Profesora Titular del Área de Botánica

Penélope García Angulo Profesora Ayudante Doctor del Área de Fisiología Vegetal

Estanislao Luis Calabuig Catedrático de Universidad del Área de Ecología

Juan Antonio Régil Cueto Profesor Titular del Área de Zoología

Edita: Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales de la Universidad de León y Área de Publicaciones de la Universidad de León.

Maquetación: Ana Alonso Simón

© **Universidad de León**

© **Los autores**

ISSN: 1988-3021 (edición digital), 2174-8942 (edición impresa)

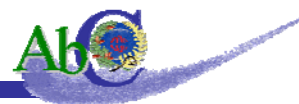
Dep. Legal: LE-903-07



Universidad de León



Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales



En portada:

Además del interés científico del estudio del polen, la palinología presenta múltiples aplicaciones. En este número podremos conocer dos de ellas en los artículos de las pp. 34-46 y 56-61. En la composición que ilustra la portada podemos ver una orquídea, en primer plano, sobre una foto obtenida en microscopio electrónico de barrido de polen de otra orquídea, *Neuwiedia veratrifolia* Blume. Fotos de Hilda R. Mosquera Mosquera.

ÍNDICE

Editorial

Química: nuestra vida, nuestro futuro. Año internacional de la Química

Alfredo Negro Albañil2

A fondo

La gran chapuza

Ignacio Martínez Mendizábal6

Poniendo en claro

La concha del Peregrino (*Pecten jacobaeus*), símbolo del Camino de Santiago

Manuel Álvarez Rodríguez y Laura García Calvo12

Siguiendo la pista

Evolución de la calidad del aire en la ciudad de León

Fernando Pérez García y Laura López Campano21

Baúl de la ciencia

Los alérgenos que respiramos

Delia Fernández González34

Uno de los nuestros

San Alberto Magno: Doctor de la Iglesia y Patrón de los estudiosos de las Ciencias Naturales

Ana Alonso Simón.....47

Mi proyecto de tesis

Caracterización de propolis de Castilla y León: estudio palinológico y de compuestos de interés funcional

Félix Adanero Jorge56

Ambiólogos de aquí

Trabajando en la frontera

Ana Martínez Fernández.....62

De todo un poco

Noticias de actualidad.....66

EDITORIAL

QUÍMICA: NUESTRA VIDA, NUESTRO FUTURO. AÑO INTERNACIONAL DE LA QUÍMICA



Marie Skłodowska-Curie (07/11/1867–04/07/1934)

La Asamblea General de la ONU ha proclamado 2011 Año Internacional de la Química, coincidiendo con el centenario de la concesión del Premio Nobel de esta disciplina a Marie Curie, con el objeto de concienciar a la sociedad de las contribuciones de esa ciencia al bienestar de la humanidad. Bajo el lema “*Chemistry: our life, our future*”, el objetivo de esta conmemoración es dar a conocer el papel de la Química y la aportación de los científicos que investigan y desarrollan productos que mejoran la calidad de vida. A continuación veremos algunos ejemplos. Es muy importante resaltar que gracias a estos avances la esperanza de vida se ha duplicado en los últimos 100 años.

Fármacos sintéticos

El papel de la Química en la síntesis de nuevos fármacos, es uno de los campos de mayor avance en los últimos tiempos.

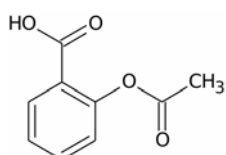


Figura 1. Ácido acetilsalicílico.

La síntesis del ácido acetilsalicílico (**Fig. 1**), en 1897 por el químico Félix Hofmann, comercializado con el nombre de Aspirina, ha dado lugar a uno de los medicamentos más consumidos en el mundo.

La síntesis y utilización de compuestos de coordinación o “complejos” de oro y platino, que fueron inicialmente sintetizados y estudiados por Alfred Werner, premio Nobel de Química en 1913, son el origen de la actual quimioterapia (**Fig. 2**).

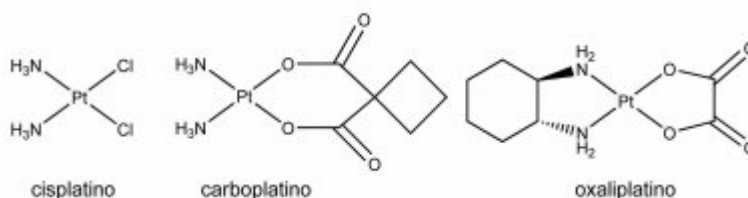


Figura 2. Estructura de los complejos de platino más utilizados en quimioterapia.

En los últimos meses el grupo de investigadores que dirige Mariano Barbacid, en el Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas en Madrid, ha identificado en ratones una diana (c-Raf) óptima para dirigir contra ella nuevos fármacos activos frente al cáncer de pulmón. Para el desarrollo de esas moléculas, es necesario rastrear millones para encontrar las que tienen actividad frente a esa diana. Este es un trabajo específico de Química Orgánica que se lleva a cabo, hoy día, utilizando potentes programas informáticos que permiten visualizar la estructura de la molécula y su comportamiento frente a la diana.

Caucho y nuevas fragancias

Este año se celebra el centenario del inicio de la fabricación del caucho. El científico alemán Friedrich Hoffmann logró fabricar una sustancia sintética, el metilisopreno, que sería la base del desarrollo del caucho sintético. Con los cauchos de estireno-butadieno (**Fig. 3**) en solución han podido mejorarse las propiedades antideslizamiento sobre mojado de los neumáticos y, sustituyendo el negro de humo por sílice como material de relleno, se ha mejorado la resistencia a la rodadura y aumentado la duración.

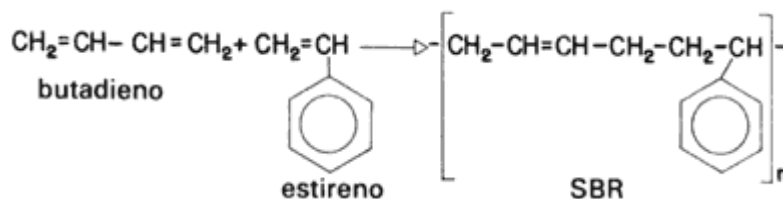


Figura 3. Estructura del estireno y el butadieno, componentes del caucho sintético.

La era de las fragancias sintéticas, se inició en 1874 con la fabricación de la vainillina. Hoy día una de las fragancias más importantes es el Citral (**Fig. 4**) un aroma químico que se fabrica desde 1960. Esta molécula, de diez átomos de carbono, es la responsable del aroma de limón en la naturaleza. Pequeñas modificaciones en su estructura molecular - la diferencia crítica está en la posición exacta del oxígeno - y el tipo de enlace hacen que las correspondientes moléculas activen receptores olfativos distintos, con lo que el aroma percibido es totalmente distinto. A partir del Citral sintético pueden crearse otras fragancias como el linalol, que huele a lavanda, o el geraniol, responsable del típico olor a rosas.

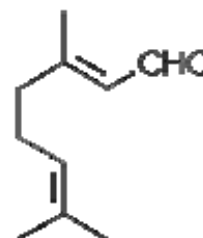


Figura 4. Citral a.

El Teflón y un superadhesivo

Hace ahora 50 años se solucionó el problema de “pegarse” la tortilla y otros alimentos, gracias a los recubrimientos antiadherentes de Teflón en los utensilios de cocina. La historia del Teflón comenzó el 6 de abril de 1938 en el laboratorio de DuPont, en New Jersey. El químico Dr. Plunkett, estaba trabajando con gases relacionados con los productos refrigerantes cuando descubrió que una muestra de tetrafluoroetileno congelado y comprimido se había polimerizado espontáneamente en un sólido blanco con aspecto de cera para formar politetrafluoroetileno (PTFE)

(Fig. 5). Así nació el primer fluoropolímero, que poseía no solo una excepcional resistencia a los productos químicos y al calor sino también las mejores cualidades de superficie deslizante; PTFE fue registrado en 1944 bajo la marca comercial Teflón.

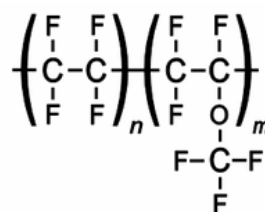


Figura 5. Politetrafluoroetileno.

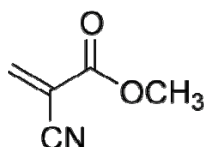


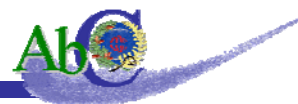
Figura 6.
Cianocrilato.

Este año ha fallecido Harry W. Coover, inventor del superadhesivo “Super Glue”. Descubrió el cianocrilato (Fig. 6), el componente base del adhesivo, mientras experimentaba con acrilatos para fabricar miras telescópicas durante la II Guerra Mundial. Dejó de usarlo porque se pegaba a todo lo que usaba. En 1951, un compañero en el laboratorio de Eastman Kodak en el que trabajaba redescubrió el componente, cuando pegó dos lentes de un caro refractómetro y no logró separarlos. Siete años más tarde, Kodak lanzó al mercado la primera versión del Super Glue, bautizada como Eastman 910. Una de las aplicaciones más importantes y desconocidas fue su utilización durante la guerra del Vietnam para detener las hemorragias de los soldados heridos.

Productos biológicos

La empresa aeronáutica fabricante del Airbus, con el fin de reducir la emisión de CO₂ en un 75 %, está centrando sus estudios en el uso de biocombustibles fabricados con algas, ya que estas pueden cultivarse de forma masiva prácticamente en cualquier lugar, consumen CO₂ en su crecimiento, el combustible obtenido tiene más poder energético que el queroseno y el gas que se libera en su combustión contiene ocho veces menos hidrocarburos sin quemar que los combustibles convencionales.

Las bolsas de plástico biodegradables se fabrican básicamente desde dos enfoques distintos: a partir de polímeros derivados de extractos vegetales, una opción que resulta bastante cara y que presenta resultados desiguales en lo que



a calidad se refiere, o mediante la denominada oxo-biodegradación, que consiste en añadir al plástico, durante el proceso de fabricación de las bolsas, un aditivo que lo convierte en biodegradable ya que provoca la descomposición del plástico, en agua, dióxido de carbono y una pequeña cantidad de biomasa. Este es el mismo proceso que la degradación provocada por las bacterias en la materia orgánica.

Las baterías recargables más utilizadas son las de litio: la razón fundamental es que el litio es el metal más ligero que existe, lo que permite la generación de un gran potencial químico y la fabricación de baterías de gran capacidad con poco peso. Esta es la solución que la industria del automóvil estaba esperando para hacer extensivo el uso del vehículo eléctrico.

A través de estos ejemplos (se podrían poner muchos otros) podemos observar que la química está presente en todos los sectores de la sociedad y de manera especial en aquellos que han contribuido al mayor progreso de la humanidad: salud, textil, automoción, aeroespacial, etc., además de aportar muchas soluciones al cambio climático. Actualmente en todos estos sectores se ha introducido como objetivo adicional minimizar la cantidad de residuos y subproductos, es lo que se denomina Química Verde.

Hemos avanzado, pero aún quedan muchos retos por resolver: ¿cómo se alimentarán los más de 9.000 millones de habitantes que poblarán La Tierra en 2050? ¿Cómo erradicaremos las enfermedades actuales y aquellas que aún no conocemos? En definitiva, ¿cómo podrá, cada uno de los hombres y mujeres que habitan este planeta, alcanzar un nivel y calidad de vida suficientemente dignos?

Sin duda será la Química, en colaboración con otras Ciencias y gracias a los investigadores, profesores, trabajadores y empresarios, los que aportarán respuestas a éstos y otros retos que aún desconocemos.

Alfredo Negro Albañil



A FONDO

La gran chapuza

Ignacio Martínez Mendizábal

Departamento de Geología (Área de Paleontología). Edificio de Ciencias, Universidad de Alcalá, E-28.871. Alcalá de Henares.

Uno de los argumentos más importantes esgrimidos por Darwin para probar la realidad del hecho evolutivo, frente a la idea de la creación directa, es la presencia de imperfecciones en los seres vivos. Quizá la más notable de todas esas imperfecciones se encuentre anidada en el seno de uno de los procesos más importantes de la materia viva, la fotosíntesis, y en el funcionamiento de la enzima más abundante de la Naturaleza: la ribulosa 1,5 difosfato carboxilasa-oxigenasa, generalmente abreviada como Rubisco.

La existencia de dos tipos principales de angiospermas, diferenciables por el modo de captar el CO₂ atmosférico durante la fase de síntesis de la fotosíntesis y denominadas plantas C₃ y C₄, se debe a la incapacidad de la selección natural de perfeccionar el funcionamiento de la Rubisco. Como resultado de diferente manera de fijar el CO₂, las plantas C₃ y C₄ presentan proporciones ligeramente distintas de los dos isótopos estables del carbono, el ¹²C y el ¹³C, lo que habilita a los paleontólogos a determinar cuál de los dos tipos de planta apareció primero en la historia de la vida.

La fase de síntesis de la fotosíntesis no solo consiste en la fijación del dióxido de carbono para formar moléculas orgánicas, sino que también incluye la del nitrógeno (en forma de amoníaco) y la del azufre (a través del sulfuro de hidrógeno), elementos indispensables en la síntesis de aminoácidos. Las plantas son capaces de emplear los productos de la fase luminosa de la fotosíntesis (ATP y NADPH) para producir amoníaco y sulfuro de hidrógeno a partir de dos sales presentes en el suelo y el agua: los sulfatos y los nitratos (que por eso son, junto con los fosfatos y el potasio, los productos que empleamos como fertilizantes en macetas, jardines y campos de labor).

El conjunto de reacciones químicas (más de una docena) que componen el proceso de síntesis de moléculas de glucosa a partir del dióxido de carbono es conocido como Ciclo de Calvin¹, en honor de su descubridor, y Premio Nobel de Química, Melvin Calvin (1911-1997). Los ingredientes principales de dicho ciclo son

¹ En realidad, el Ciclo de Calvin produce moléculas de *gliceraldehído 3 fosfato* (de tres carbonos cada una), que pueden usarse como punto de partida para la síntesis, tanto de glucosa, como de otras biomoléculas como los lípidos y los aminoácidos.

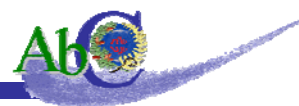


(además del dióxido de carbono): un glúcido de cinco átomos de carbono (cuyo nombre es *ribulosa-1,5-difosfato*); moléculas de ATP, que aportan la energía requerida en el proceso; y moléculas de NADPH, que serán las encargadas de reducir a los carbonos procedentes del dióxido de carbono (cediéndole sus hidrógenos). Por cada molécula de glucosa formada se requieren seis moléculas de dióxido de carbono, dieciocho de ATP y doce de NADPH. La planta es capaz de generar las moléculas de ATP y de NADPH en la fase luminosa de la fotosíntesis.

La etapa decisiva en el Ciclo de Calvin es aquella en la que el dióxido de carbono es atrapado y pasa a formar parte de una molécula orgánica. Para que esta reacción tenga lugar es preciso el concurso de una de las más extraordinarias enzimas presentes en el conjunto de los seres vivos y conocida por la abreviatura *Rubisco* (aunque su nombre completo es: *ribulosa-1,5-difosfato carboxilasa-oxigenasa*). Ésta es una enzima polifacética que presenta afinidad química tanto por el dióxido de carbono como por el oxígeno, lo que hace que sea capaz de catalizar dos reacciones de consecuencias opuestas para la planta. La primera de ellas (a la que se refiere el término de carboxilasa) consiste en incorporar el dióxido de carbono a una molécula orgánica e iniciar el proceso de síntesis de la glucosa. La otra reacción que esta enzima puede catalizar (a la que se refiere el nombre de oxigenasa) consiste en la captación de una molécula de oxígeno (en vez de una de dióxido de carbono).

El resultado de esta segunda acción es desastroso para la planta y da lugar a un proceso conocido como *fotorrespiración*, en el transcurso del cual la planta absorbe oxígeno y libera dióxido de carbono. En el transcurso de la fotorrespiración, la célula consume parte del ATP y de los hidrógenos que tanto le había costado conseguir en la fase luminosa sin que haya síntesis de materia orgánica. Este fenómeno, desencadenado por la acción oxigenasa de la Rubisco, constituye un auténtico cortocircuito en el Ciclo de Calvin y una malversación de los recursos obtenidos durante la fase luminosa: la fotorrespiración disminuye la eficacia de la fotosíntesis entre un treinta y un cincuenta por ciento. ¿Cuál es la explicación de este desaguisado?

Durante mucho tiempo esta pregunta ha resultado un auténtico enigma para los bioquímicos. La explicación puede encontrarse en el proceso evolutivo seguido por los organismos fotosintetizadores. La Rubisco fue promovida por la selección natural en una época en la que aún no había apenas oxígeno libre en la atmósfera del planeta, por lo que su afinidad por esa molécula y, por tanto, su perniciosa acción como oxigenasa, pasó desapercibida. Cuando, cientos de millones de años después, los niveles de oxígeno fueron lo suficientemente elevados como para interferir en la acción carboxilasa de la Rubisco, y ésta mostró su auténtica faz, ya



era demasiado tarde para dar marcha atrás. El entramado de reacciones químicas de la fotosíntesis era ya tan complejo y sutil que no fue posible la alteración sustancial de una de sus piezas capitales. Aparentemente, el mejorar el funcionamiento de la Rubisco ha resultado un hueso demasiado duro de roer para la selección natural, que no ha encontrado ninguna variante de esta enzima que mejore sus prestaciones como carboxilasa sin alterar el funcionamiento general de la fotosíntesis.

Pero aunque la selección natural no ha podido mejorar la acción carboxilasa de la Rubisco, eso no quiere decir que no haya encontrado alguna solución alternativa, a través de un mecanismo que impulsa activamente el dióxido de carbono del aire hacia los tejidos internos de la planta. La acción de esta auténtica bomba química determina un notable incremento de los niveles de dióxido de carbono en las células que realizan la fotosíntesis, potenciando la actividad carboxilasa de la Rubisco y atenuando mucho su acción oxigenasa, lo que mantiene en niveles muy bajos a la fotorrespiración.

A este mecanismo se le conoce como Ciclo de Hatch-Slack (por los dos científicos que detallaron el proceso, Marshal Hatch y Rodger Slack) y lo emplean un conjunto reducido de plantas (que suman algo menos del 1 por ciento del total de especies) conocidas como plantas C_4 . Estas plantas son tropicales o subtropicales, e incluyen algunas especies de tanta importancia económica como la caña de azúcar, el maíz y el sorgo.

Las plantas “corrientes”, es decir, las que no cuentan con este dispositivo químico, fijan el dióxido de carbono en la primera reacción del Ciclo de Calvin a través de una molécula orgánica de tres átomos de carbono, por lo que a este tipo de plantas se las conoce genéricamente como plantas C_3 . Por su parte, las plantas C_4 captan el dióxido de carbono formando una molécula de cuatro carbonos, en una reacción catalizada por una enzima que muestra mucha más afinidad por el dióxido de carbono que la “torpe” Rubisco. Veamos cómo lo hacen.

En el interior de las hojas de las plantas C_3 todas las células fotosintetizadoras son iguales. Cuando los poros de las hojas (los *estomas*) están abiertos, el aire atmosférico difunde hacia el interior de la hoja a través de estas aberturas. Así, la concentración del dióxido de carbono en los tejidos de las hojas es la misma que hay en el aire. Las células fotosintetizadoras captan entonces el dióxido de carbono a través de las moléculas de tres carbonos.

Esta situación es distinta en las plantas C_4 , cuyas células fotosintetizadoras están organizadas en dos tipos de tejidos, uno de los cuales envuelve al otro. El tejido más externo (o *mesófilo*) está dotado del dispositivo químico del Ciclo de Hatch-Slack, mientras que las células del tejido situado en el interior (*células de la*



vaina vascular) carecen de él. Cuando los estomas se abren, el aire se pone en contacto con las células del mesófilo, que captan activamente el dióxido de carbono formando moléculas de cuatro carbonos. Éstas son exportadas a las células de la vaina vascular en donde se escinden en dióxido de carbono y una molécula de tres átomos de carbono, que vuelve a las células del mesófilo para comenzar un nuevo Ciclo de Hatch-Slack. Como resultado, las células de la vaina vascular se ven “inundadas” del dióxido de carbono captado por las células del mesófilo, lo que potencia la acción carboxilasa de la Rubisco y reduce considerablemente la fotorrespiración.

Sin embargo, esta solución no es tan buena como podría parecer a simple vista. El Ciclo de Hatch-Slack no le sale gratis a la planta, sino que consume energía en forma de ATP. Concretamente, las plantas de tipo C_4 requieren treinta unidades de ATP para sintetizar una molécula de glucosa, mientras que las de tipo C_3 solo necesitan 18 moléculas de ATP. O sea, que cada molécula de glucosa les cuesta a las plantas C_4 casi un setenta por ciento más cara que a las plantas C_3 ¡Casi es peor el remedio que la enfermedad!

En realidad, el mecanismo de fijación del dióxido de carbono de las plantas C_4 solo es más eficaz que el de las plantas C_3 en determinadas condiciones. Una de ellas es en ambientes con niveles muy bajos de dióxido de carbono, en los que la Rubisco desvía la mayor parte de los recursos de la planta hacia la fotorrespiración, llegando a bloquear el Ciclo de Calvin. Pero como la concentración de dicho gas es equivalente en toda la atmósfera del planeta, no parece que este factor determine la existencia de unos lugares más propicios que otros para las plantas de tipo C_4 . Sin embargo, lo cierto es que este tipo de plantas, como ya hemos indicado, proliferan en las zonas tropicales y subtropicales. ¿Cuál es la explicación?

Dos son las claves del éxito de las plantas C_4 en las regiones cálidas de nuestro mundo. En primer lugar, a medida que asciende la temperatura, aumenta la afinidad de la Rubisco por el oxígeno, potenciándose su acción oxigenasa e incrementándose la tasa de fotorrespiración. De este modo, en las zonas cálidas el mayor coste (en ATP) que arrostran las plantas C_4 en la síntesis de su materia orgánica, se ve ampliamente compensado por las elevadas pérdidas que sufren sus competidoras de tipo C_3 debido al aumento de la fotorrespiración. En consecuencia, en esos ambientes las plantas de tipo C_4 crecen más y más deprisa. Por el contrario, en las regiones templadas o frías la fotorrespiración se mantiene en niveles más bajos debido a que disminuye la afinidad de la Rubisco por el oxígeno, lo que determina que el mecanismo de las plantas de tipo C_3 sea más eficiente y que no haya en dichas regiones plantas C_4 (salvo contadísimas excepciones).



El otro factor ambiental que puede favorecer a las plantas de tipo C_4 , frente a las C_3 , es la humedad ambiental. O mejor dicho, la falta de humedad ambiental. Una de las principales causas por la que las plantas pierden agua de sus tejidos es la necesidad de mantener abiertos los estomas para captar el dióxido de carbono del aire. Mientras estas “escotillas” están abiertas, el agua se escapa a su través hacia el seco aire externo. No es de extrañar, por tanto, que en ambientes muy áridos sea de capital importancia para las plantas la capacidad de reducir al máximo el tiempo de apertura de sus estomas. Las plantas C_4 , con su mecanismo de bombeo de dióxido de carbono, pueden minimizar el tiempo en que sus estomas deben estar abiertos, pero esto es algo que queda fuera del alcance de las plantas C_3 , que necesitan mantenerlos abiertos durante mucho tiempo para que el dióxido de carbono difunda pasivamente hacia sus tejidos.

Existe otro tipo de plantas, denominadas plantas CAM (iniciales, en inglés, de la expresión *Metabolismo Ácido de las Crasuláceas*, por haberse encontrado en este tipo de plantas en primer lugar), que bombean también activamente el dióxido de carbono mediante un mecanismo químico muy similar al de las plantas C_4 . Las plantas CAM están adaptadas a ambientes áridos y su particularidad reside en que solo abren sus estomas durante la noche. Esto es posible porque en las horas nocturnas son capaces de incorporar activamente (formando la misma molécula de cuatro carbonos que las plantas C_4) el suficiente dióxido de carbono para sintetizar su materia orgánica. El dióxido de carbono es liberado durante las horas de luz e incorporado al Ciclo de Calvin. De este modo, las plantas CAM no necesitan abrir sus estomas durante las tórridas horas del día y minimizan las pérdidas de agua.

Existe un aspecto del funcionamiento al nivel molecular de las plantas C_3 y C_4 (y también las plantas CAM) que es especialmente interesante. Se trata del diferente trato que unas y otras dan a los distintos isótopos del carbono. Ya hemos comentado que existen dos isótopos estables del carbono, el ^{13}C (o isótopo pesado) y el ^{12}C (o isótopo ligero). Pues bien, debido a la acción de la Rubisco, las plantas C_3 muestran mayor afinidad por el isótopo ligero, de manera que producen materia orgánica ligeramente enriquecida en este isótopo, respecto de la proporción entre ambos isótopos que se encuentra en la atmósfera.

Como ya hemos visto, en las plantas C_4 (y en las CAM) la enzima responsable, en primer lugar, de la captación del dióxido de carbono no es la Rubisco, sino otra enzima, que no es tan exquisita a la hora de captar el dióxido de carbono y apenas distingue entre uno u otro isótopo. Como resultado, las plantas C_4 (y las CAM) apenas enriquecen su materia orgánica de isótopo ligero. Este hecho resulta utilísimo porque ha permitido establecer, estudiando las proporciones entre ambos isótopos en los correspondientes fósiles, que las plantas de tipo C_4

aparecieron más tarde que las de tipo C_3 en la historia de la vida. Del mismo modo, estudiando la composición química de sus fósiles, es posible determinar si los animales vegetarianos del pasado consumieron preferentemente plantas de tipo C_4 (o CAM) o C_3 , lo que resulta de gran interés para establecer el tipo de medio en el que vivieron.

El hecho de que existan diferentes tipos de plantas que crecen mejor en unos u otros ambientes se debe, recordémoslo, a que la selección natural no ha conseguido ni mejorar el funcionamiento de la enzima Rubisco, ni encontrar una alternativa que resulte más eficaz en todas las situaciones. Estos “fallos” en la acción de la selección natural nos muestran su verdadera naturaleza. Existe la idea, muy extendida, de que la selección natural es omnipotente, que basta con darle el tiempo suficiente para que resuelva todos los problemas de los seres vivos y optimice todas las soluciones. Sin embargo, la selección natural no puede cambiarlo ni mejorarlo todo. Sencillamente, adapta, de la mejor manera posible, las características de los seres vivos a sus entornos inmediatos, actuando, no como un ingeniero todopoderoso, sino, más bien, como un mecánico bastante chapucero. Pero es en esas “imperfecciones” donde encontramos la huella de su acción y la mejor prueba de su existencia.



Ignacio Martínez Mendizábal es Doctor en Biología Animal por la Facultad de CC. Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid. Es Profesor Titular de Paleontología en la Universidad de Alcalá de Henares. Perteneció desde 1984 al Equipo Investigador de los Yacimientos de Atapuerca, galardonado en 1997 con el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica. Es coordinador del Área de Evolución Humana del Centro Mixto (Universidad Complutense de Madrid – Instituto de Salud Carlos III) para el Estudio de la Evolución y el Comportamiento Humanos. Es coautor con Juan Luis Arsuaga de una serie de libros de divulgación científica, como “La especie elegida” (1998), “Amalur. Del átomo a la mente” (2002) y “Atapuerca y la evolución humana” (2004). Además ha publicado numerosos artículos científicos en las revistas más prestigiosas, entre los que cabe destacar 2 en la revista Nature, 2 en Science, 3 en Proceedings of the National Academy of Science of USA y 12 en Journal of Human Evolution.

PONIENDO EN CLARO

La concha del peregrino (*Pecten jacobaeus*), símbolo del Camino de Santiago

Manuel Álvarez Rodríguez* y Laura García Calvo°

*Becario F.P.I. Grupo ITRA-ULE. Universidad de León

°Estudiante del master de Investigación en Biología Fundamental y Biomedicina, Curso 2010-2011. Universidad de León

*malvr@unileon.es, °lgarc@unileon.es

La vieira común (*Pecten jacobaeus*), molusco bivalvo pectínido, está vinculada, hasta en su nombre científico, al Camino de Santiago. Llamada también concha del peregrino, constituye uno de los símbolos por excelencia del Camino jacobeo, bien como insignia portada en el equipamiento de los peregrinos, bien como representación continua en fachadas de edificios emblemáticos situados a lo largo del Camino.

La simbología existente alrededor de este bivalvo es muy rica, con sentidos muy diversos, y está asociada a la realización de obras buenas -por su parecido a los dedos de una mano-, al renacimiento personal -en torno al símbolo de Venus-, a la iniciación de un camino -por su similitud con una pata palmeada de oca- o, más claramente, en la ruta jacobea, a la culminación de la peregrinación. Todos estos sentidos confluyen para explicar la consolidación de este símbolo hasta nuestros días, de forma que la concha significa para muchos la espiritualidad-religión presente a lo largo del Camino.

Palabras clave

Pecten jacobaeus, concha del peregrino, simbología, Camino de Santiago.

El legado del camino de Santiago

El Camino de Santiago representa, desde el siglo XI, la peregrinación más importante de Occidente. En origen, este camino está diversificado, hecho que se traduce en la cantidad de signos y señales que perduran en el tiempo a lo largo y ancho de la extensa área geográfica sagrada que cubre buena parte del norte peninsular. Cuenta la historia que los reyes de Navarra y Castilla fueron unos de los grandes impulsores de la unificación de los caminos con el fin de canalizar y facilitar el paso de los peregrinos comprometidos con su promesa jubilar.

El peregrino representa la búsqueda de un camino guiado, pero tan solo geográficamente, ya que es más el propio sentimiento el que orienta un camino

de descubrimientos y reflexiones personales, magnificadas por la orografía del terreno y la amabilidad de las gentes que cruzan el camino del viajero. El tiempo se detiene por un momento con cada una de las vivencias que experimenta a lo largo del camino, signo de enriquecimiento personal.

Durante la Edad Media, el Camino de Santiago llegaba a entenderse en ocasiones como un encuentro con sus orígenes, imprescindible en el ser humano para su propia supervivencia. La ruta tenía ya un significado devoto y penitencial, en cierta manera un encuentro cotidiano con Tierra Sagrada. No es difícil deducir que tiene un significado más que evidente sustentado por dos pilares básicos: reencuentro con la obra divina de la creación y reencuentro con el espíritu humano en su relación con esa creación divina.

El Camino de Santiago posee hoy en día una unión espiritualidad-religión que impulsa a muchos de los que se han acercado y se acercan a esta experiencia, y junto a otros elementos más o menos significativos que se han ido incorporando en tiempos recientes (deporte, aventura, turismo alternativo...) no admite duda en cuanto a la riqueza que atesora desde el punto de vista artístico y cultural, por la increíble sedimentación de historia y arte que en él se ha producido y que ha llevado a la UNESCO a declararlo «Patrimonio de la Humanidad» en 1993 (el centro histórico de Compostela había recibido la declaración en 1985).

Teniendo en cuenta la variedad de peregrinos, de sus lenguas y orígenes, de sus motivaciones, de sus expresiones artísticas y literarias, de sus manifestaciones y de sus historias personales y colectivas, resulta sugerente pensar que ese caminar nos lleva a iniciar y descubrir el impresionante legado tradicional de este Camino Santo.

En resumen, no hace falta caminar mucho Camino para descubrir numerosos signos que marcan claramente la existencia de la ruta (**Fig. 1**). Es el caso de uno de los emblemas más conocidos que trataremos de resumir, con el permiso de la larga tradición que atesoran todos y cada uno de los restos simbólicos, con mayor o menor relevancia, que se muestran en el Camino de Santiago: la concha del peregrino (*Pecten jacobaeus*).

Es verdaderamente difícil separar la simbología de la concha del peregrino en su origen religioso de los simbolismos provenientes de otras culturas, y esa es una de las razones que invitan y animan al estudio del Camino Sagrado.



Figura 1. Concha que indica la dirección del Camino de Santiago a su paso por la ciudad de León.

Apuntes zoológicos sobre la concha del peregrino

La vieira común, *Pecten jacobaeus*, (Linnaeus, 1758) (**Fig. 2**), se encuadra desde un punto de vista biológico, dentro del género de los pectínidos (*Pectinidae*), conocidos popularmente como vieiras u ostiones: son una familia de moluscos bivalvos, emparentados de cerca con las almejas y las ostras. Viven en aguas profundas de la mayor parte de los mares, sobre bancos de arena limpia y firme cerca de la costa, hasta 100 metros de profundidad. La distribución de la especie *Pecten jacobaeus* está centrada principalmente en el litoral atlántico de Galicia. Son hermafroditas, y maduran primero las gónadas masculinas.

El tamaño de un ejemplar adulto oscila entre 10 y 15 centímetros, siendo su valva inferior convexa, mientras que la superior es aplanada. Presenta costillas radiales y surcos o canales que marcan las diferentes fases del crecimiento. Posee también un umbo terminal con dos orejas semejantes en tamaño (**Fig. 2**).

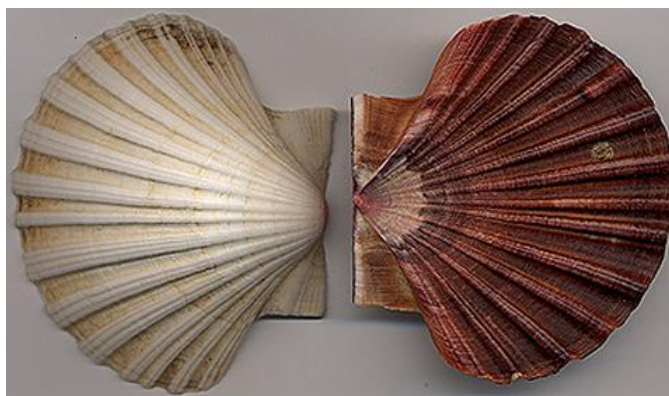


Figura 2. Morfología de la concha del peregrino.

La concha del peregrino en el Camino de Santiago

La vieira común ha sido siempre insignia de los peregrinos de Santiago. Se llevaban en el sombrero (nos han llegado multitud de ejemplos a través de diferentes representaciones artísticas, como la de la famosa puerta de la iglesia del Hospital del Rey en Burgos (**Fig. 3, izda.**), o en la propia imagen del apóstol Santiago en el retablo de la Cartuja de Miraflores, también en Burgos (**Fig. 3, dcha.**), alrededor del cuello o prendidas en el pecho, siempre de modo visible.



Figura 3. A la izquierda, detalle de la puerta de la iglesia del Hospital del Rey (Burgos), donde se aprecia la vieira en el sombrero de uno de los peregrinos (Anónimo, s. XVI). A la derecha, imagen de Santiago Apóstol en el retablo de la Cartuja de Miraflores (Burgos), portando la vieira característica en su sombrero.

Pero esta no es, ni mucho menos, la única referencia existente sobre la concha del peregrino. Así, la concha se ha asociado frecuentemente a la prosperidad y a la suerte. Por ejemplo, es uno de los ocho símbolos de la buena suerte del budismo chino, utilizado como emblema de viaje próspero (*Beaumont, 1949*). Ese es el motivo también de que se haya utilizado a menudo como adorno, ofrenda mortuoria o amuleto. Este sentido positivo proviene de la vinculación de la concha con las aguas, como fuente de fertilidad. El simbolismo de las conchas, según Eliade, tiene relación también con la luna y con la mujer. El significado de la perla está íntimamente emparentado con el de la concha. El mito del nacimiento de Afrodita de una concha tiene una evidente conexión (*Eliade, 1952*). Para otros autores, la concha es un símbolo místico de la prosperidad de una generación a base de la muerte de la generación precedente (*Schenider, 1946*). Probablemente este sentido positivo relacionado con el agua es una consecuencia obvia de la necesidad que el caminante o el peregrino tienen de este elemento, y la utilidad de la concha para recogerla y beber (*Cirlot, 2003*).

Llegados a este punto, conviene tratar de diferenciar entre creencias tradicionales que han perdurado a lo largo de la historia del Camino, bien por su carácter simbólico o bien porque realmente parecen sustentar el verdadero sentido de descubrimiento de esta Ruta Sagrada. En cualquier caso, en nuestra opinión no son excluyentes unas de otras, ya que proporcionan una mayor o menor aportación a la consolidación de este símbolo hasta nuestros días.

Simbolismo

“Obras buenas”

Desde un punto de vista religioso las conchas, que asemejan ser manos abiertas con los dedos extendidos, se dice que significan las obras buenas, en las cuales el que las lleva debe perseverar; por tanto, como el peregrino lleva la concha, así cualquier humano mientras esté en el camino de la vida presente debe llevar su contenido de obras buenas (**Fig. 4**).



Figura 4. La vieira, simbolizada como una mano. hitosdelcamino.blogspot.com

“Símbolo de Venus”

La concha, como símbolo de Venus, significa el renacer de una persona, su resurrección; es decir, la “muerte” o superación del “ego” (egoísmo y egocentrismo) para dar paso al “auténtico yo” (sencillo y humilde); que al fin y al cabo es la lección que se debería aprender realizando el peregrinaje a Santiago, y también la gran lección de la peregrinación del ser humano por esta vida (**Fig. 5**).



Figura 5. *El nacimiento de Venus*, de Sandro Botticelli, conservado en la Galería de los Uffizi, Florencia, Italia.

“Pata de oca”

Para otros, la concha de Santiago de Compostela es una estilización de la pata palmeada de una oca (**Fig. 6**), emblema para muchas tradiciones antiguas de reconocimiento simbólico de iniciación de un camino y por ese motivo estaría relacionada con el peregrinaje a Compostela.

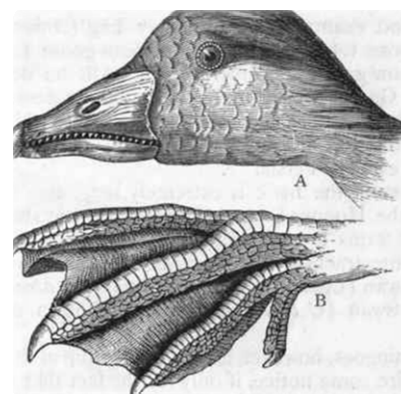


Figura 6. Detalle de la pata de oca palmeada.

“Finalización del camino”

La concha de vieira pasaría a llamarse “Concha de Santiago” porque cuando los peregrinos llegaban a Santiago de Compostela, se les entregaba un pergamino que los confirmaba

como peregrinos y se les colocaba sobre su sombrero y capa la concha de vieira, que demostraba su estancia en Santiago, de modo que, de regreso a sus pueblos de origen, no quedaba duda de sus “logros y méritos personales”. En los distintos establecimientos de la ciudad se vendían no solo conchas auténticas traídas desde las playas de Galicia, sino toda un conjunto de pequeñas conchas peregrinas en distintos materiales que se vendían a modo de souvenirs, amuleto y recuerdo para los familiares y amigos de los peregrinos y visitantes de la ciudad. Así fue como la concha de vieira se convirtió en “concha peregrina”, al significar la culminación del peregrinaje a Santiago, por ser entregada inicialmente y, más tarde, portada desde el inicio del camino por los peregrinos que llegaban a la ciudad.

Otra acepción o creencia dentro de este apartado simbólico de finalización del camino, consiste en la relación de la villa de Noia con Noé y de su Arca, con *Argo navis*, constelación en la Vía Láctea, que cuando está baja en el horizonte, tocando el mar, permite soñar en seguir con ella por el cielo el camino que sobre la tierra ha tocado a su fin. Un mito relacionado quiere también que el propio Hércules, que originó la formación de la Vía Láctea al ser separado de los pechos de Juno, construyese en La Coruña una torre que sirve para señalar uno de los confines del mundo. El peregrinaje a Compostela recorre el mismo camino que marca el Sol. La costumbre de los peregrinos de recoger conchas marinas al llegar a la costa, de la que nos habla el Libro III del *Liber Sancti Jacobi*, ratifica que el final de los peregrinajes estaba al llegar al océano. Al final del camino está la mar.

- Origen

“El milagro del Caballero de las Vieiras”

Se cuenta que sucedió en las inmediaciones del lugar donde se varó la barca que transportaba los restos del apóstol Santiago desde Palestina. Tras la celebración de una boda, iba la comitiva acompañando a los novios siguiendo la tradición que mandaba regresar caminando desde el templo hasta el hogar de la novia, donde se celebraría el banquete. El recorrido discurría por la playa, que se veía invadida por un gran oleaje. En un momento determinado la comitiva distinguió en el horizonte una barca a la deriva que se acercaba a la playa corriendo serios riesgos de naufragar. Ante esta visión el novio, que cabalgaba junto a su recién estrenada esposa, se decidió a acudir en ayuda de los navegantes y se internó en las aguas sin desmontar de su caballo. Una ola gigante lo arrastró hacia las profundidades y, viéndose perdido, invocó a los cielos ayuda. Inmediatamente sintió una extraña fuerza que lo arrastraba hacia la orilla. Caballo y jinete pisaron tierra firme justo en el momento en que la barca que transportaba los restos del Apóstol alcanzaba la orilla. Al salir de las

aguas, la comitiva pudo observar que, tanto jinete como cabalgadura, estaban completamente cubiertos de conchas de vieira. Todos los presentes consideraron la salvación como un milagro debido a la intercesión del cuerpo que se transportaba en la barca y quedaron así unidos para siempre la imagen de Santiago con la concha de vieira (**Fig. 7**).



Figura 7. Representación del Caballero de las Vieiras, realizada por Miguel Ruiz (www.viladebouzas.com).

Esta leyenda intentaría, por tanto, explicar la elección de la vieira como símbolo de la peregrinación a Santiago, realizada por el mismísimo Apóstol, símbolo asimismo de la histórica “Hermandad de Damas y Cavalleros das Cunchas” - “Cavalleros de Bouzas”, integrada por vecinos de la Villa de Bouzas (Vigo). Aparece la leyenda en “Historia del Apostol de Iesus Chisto Santiago Zebedeo Patrón y Capitan General de las Españas”, de D. Mauro Castellá y Ferrer, un libro antiguo reeditado por la Xunta de Galicia, y que hace mención al milagro del Cavallero en la página 124 y siguientes, donde se lee:

“Milagro que obro Dios por el Apóstol Santiago en el mar occidental de españa, antes de llegar su Santísimo Cuerpo a Iria Flavia”.

El sentido de la vieira en el Camino de Santiago hoy

A modo de conclusión, el camino está lleno de símbolos característicos, que sirven de guía en este Camino encantado y encantador. La razón más probable de que la concha de vieira se convirtiera en emblema de los peregrinos a Compostela no es otra que la abundancia de este molusco en las costas gallegas, al igual que el ramo de palmera, común en la Tierra Santa, vino a ser el signo de los que habían peregrinado a Jerusalén. La recogida y limpieza de las conchas naturales y la producción de otras artificiales, de plata o marfil, dio lugar a una floreciente actividad artesanal, de la que la toponimia compostelana guarda aún memoria en el nombre del barrio de «Concheiros».

La concha identificaba a aquellos que habían hecho la peregrinación a Santiago cuando volvían a sus tierras, a veces muy lejanas. El papa Benedicto XVI ha querido integrar en su escudo pontificio la vieira (**Fig. 8**). Describe en su autobiografía que la concha representa “sobre todo el signo de nuestro ser peregrinos, de nuestro estar en camino”. Añade además: “me recuerda también la leyenda según la cual san Agustín, que se estrujaba el cerebro en torno al

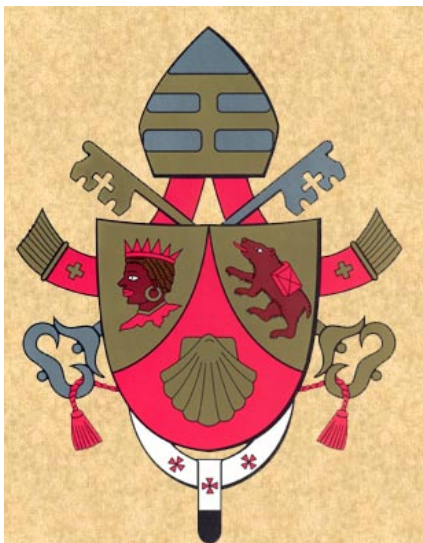


Figura 8. Escudo del Papa Benedicto XVI.

misterio de la Trinidad, vio en la playa un niño jugando con una concha, con la que tomaba el agua del mar y trataba de meterla en un pequeño hoyo. Se le habría dicho lo siguiente: tan difícil es que pueda meterse toda el agua del mar en este pozo como que tu razón pueda entender el misterio de Dios. Por eso la concha representa para mí una referencia a mi gran maestro Agustín, un llamamiento a mi labor teológica y, a la vez, a la grandeza del misterio, que es siempre mucho más grande que toda nuestra ciencia”.

Para el peregrino la concha era un recordatorio de la fuerte experiencia vivida en el Camino y de las gracias recibidas en él, asociada también al sentido del bautismo. Una función semejante cumple hoy día la «compostela», certificación expedida por el cabildo de la catedral de Santiago y que, en su cuidado latín eclesiástico, testimonia que el peregrino en cuestión “*hoc sacratissimum Templum pietatis causa devote visitasse*”. El símbolo de la concha, por tanto, tiene que ver, sobre todo, con el regreso de la peregrinación. La bendición que se da habitualmente a los peregrinos en diversos lugares del Camino concluye pidiendo que «vuelvan a sus casas enriquecidos de gracia y de virtudes». Al explicar la simbología de la concha de vieira puede hacerse referencia a que las dos valvas representan los dos mandamientos de la caridad (amor a Dios y al prójimo), y que la forma exterior de la concha, como ya indicamos, significa las buenas obras en las que debe perseverar su portador. Podríamos decir, pues, que, con concha o sin ella, si el peregrino vuelve a su hogar reconociendo el don recibido y fortalecido en su deseo de hacer el bien, la peregrinación a Santiago habrá surtido su efecto.

Ahora bien, todas las interpretaciones de este emblema coinciden en un punto prácticamente indiscutible: una simbología de referencia encaminada a la búsqueda de



Figura 9. Santiago Apóstol, en la Catedral de Santiago de Compostela.

una transformación profunda de sí mismo y un conocimiento superior del Dios Universal "el Dios no conocido... que ha prefijado a los hombres el orden de los tiempos. Porque en él vivimos, y nos movemos, y somos..." (Hechos de los Apóstoles, cap. XVII, vs.23 al 28). Y uno de los mejores medios para llevar a cabo tal encuentro es recorrer el Camino hasta la tumba del maestro, o del santo (**Fig. 9**).

Bibliografía

- Beaumont, A. 1949. Simbolismo en el arte decorativo chino. Nueva York, Estados Unidos.
- Eliade, M. 1952. Images et symboles. France.
- Castellá Ferrer, M. 2000. Historia del Apóstol de Iesus Christo Santiago Zebedeo, Patrón y Capitán general de las españas, editado por Xunta de Galicia. Santiago de Compostela, España (Edición facsímil de la de 1610).
- Cirlot, JE. 2003. Diccionario de Símbolos, Ed. Siruela: Madrid, España. 10ª edición.
- Núñez Centella, R. 2010. *Camino* de Santiago: tras la estela del Apóstol. Director del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Ratzinger, J. 1997. Mi Vida: Memorias (1927–1977). Ed. Encuentro.
- Schneider, M. 1946. El origen musical de los animales-símbolos en la mitología y la escultura antiguas. Barcelona, España.
- Vázquez J.L. 2006. «Mientras tu Apóstol alienta a los que peregrinan» Historia y símbolos del Camino de Santiago. Sal. Terrae 94, 457-468.

SIGUIENDO LA PISTA

Evolución de la calidad del aire en la ciudad de León

Fernando Pérez García ⁽²⁾ y Laura López Campano ⁽¹⁾

(1) Estudio desarrollado en la asignatura de *Trabajo de Investigación (2010-11)*, bajo la supervisión de la Dra. Laura López Campano del área de Física Aplicada. Universidad de León. Campus de Vegazana s/n. 24071. León. E-mail:

laura.lopez@unileon.es

(2) Alumno de 4º curso de la Licenciatura en Biotecnología. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de León. E-mail:

btcfpg00@estudiantes.unileon.es

El presente estudio se ha realizado en el marco de la asignatura de *Trabajo de investigación*. En el mismo, se ha analizado la evolución de las concentraciones de los cinco contaminantes atmosféricos más frecuentes con el objetivo de evaluar la calidad del aire en la ciudad de León entre los años 1997 y 2009.

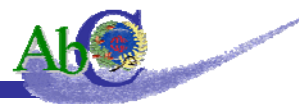
El estudio ha utilizado los datos procedentes de la Red de Control de la calidad del aire de la ciudad de León, compuesta por tres estaciones diferentes, lo que nos ha permitido analizar la calidad del aire de manera diferenciada dentro de la ciudad.

Los resultados muestran cómo el buen funcionamiento de este tipo de Redes de Control, así como la ubicación de las estaciones de medida en emplazamientos representativos debería ser entendido como una medida de protección de la salud de los ciudadanos, más que como un mero requisito legislativo. Finalmente, los resultados del estudio pueden ser utilizados en el diseño de medidas de control de la contaminación específicas para cada zona de la ciudad.

Palabras clave: contaminación atmosférica, Red de Control de la Calidad del Aire, estaciones de control de la calidad del aire, Ciudad de León.

Introducción

La contaminación atmosférica es actualmente uno de los problemas ambientales más preocupantes. Tanto es así, que la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera el estudio de los contaminantes en la atmósfera como una de sus prioridades a nivel mundial. En España, un contaminante atmosférico se define como “cualquier sustancia introducida directa o indirectamente por el hombre en el aire ambiente que pueda tener efectos nocivos sobre la salud humana o el medio ambiente en su conjunto” (RD 1073/2002).



Las principales fuentes de contaminación atmosférica son los procesos que implican combustión (en industrias, hogares o vehículos). Los contaminantes pueden calificarse como primarios, si se emiten directamente a la atmósfera, o secundarios, si se forman posteriormente como consecuencia de las reacciones y transformaciones físicas y/o químicas sufridas por los contaminantes primarios. La descripción de los contaminantes más comunes en la ciudad de León, así como las condiciones meteorológicas más frecuentes durante los episodios de elevada contaminación se han detallado en Gallinas et al. (2010).

Con el objetivo de garantizar que la población disfrute de una calidad del aire adecuada, el RD 1073/2002 DE 18 DE OCTUBRE SOBRE EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE EN RELACIÓN CON EL DIÓXIDO DE AZUFRE, DIÓXIDO DE NITRÓGENO, ÓXIDOS DE NITRÓGENO, PARTÍCULAS, PLOMO, BENCENO Y MONÓXIDO DE CARBONO, y el RD 1796/2003 DE 26 DE DICIEMBRE, RELATIVO AL OZONO EN EL AIRE AMBIENTE, regulan los valores máximos permitidos en el aire para diferentes contaminantes y distintos tiempos de exposición. En la legislación estos valores máximos se denominan Valores Límite. Así, el Valor Límite para un determinado contaminante es “un nivel que no debe superarse fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y para el medio ambiente en su conjunto” (Gallinas et al., 2010). Por tanto, la superación de estos valores implica que se pueden producir efectos nocivos sobre la salud de las personas. Por ello, es fundamental conocer los valores registrados por los diferentes contaminantes presentes en el aire a fin de evaluar su calidad, y adoptar las medidas correctoras oportunas si esta no fuese la adecuada.

Por otro lado, esta misma normativa regula además los criterios de implantación de las denominadas Redes de Control de la Contaminación Atmosférica. Estas redes, compuestas por estaciones de control que miden de manera automática las concentraciones de diversos contaminantes atmosféricos, nos permiten conocer si se sobrepasan o no los Valores Límite establecidos (es decir, si respiramos aire más o menos contaminado). Por este motivo, el legislador establece criterios estrictos en lo referente a la ubicación de las estaciones de medida, el número mínimo de las mismas, así como el tipo de análisis requeridos en función del grado de contaminación de la zona estudiada. Por tanto, el buen funcionamiento de este tipo de Redes de Control, así como la ubicación de las estaciones de medida en emplazamientos representativos, debería ser entendido como una medida de protección de la salud de los ciudadanos, más que como un mero requisito legislativo.

El objetivo del presente trabajo ha sido estudiar la evolución de la calidad del aire en la ciudad de León entre los años 1997 y 2009 haciendo uso de los datos recogidos por la Red de Control de la Calidad del aire en el Municipio de León. La red está compuesta por tres estaciones de control, y se engloba en la llamada "Red de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica en Castilla y León", perteneciente a la Junta de Castilla y León.

Base de datos

Con el objetivo de evaluar la contaminación atmosférica en la ciudad, se han utilizado los datos registrados en la Red de Control de la Calidad del Aire en el Municipio de León. La misma está formada por tres estaciones de control, ubicadas en diferentes localizaciones dentro de la ciudad como hemos señalado (**Fig. 1**). Las características de cada una de las estaciones son las siguientes (Ayuntamiento de León, 2007):

- Estación León 1: está situada en la Avenida San Ignacio de Loyola. Es una estación de tráfico que se encuentra en una zona urbana, residencial, en un área grande y llana, con tráfico rodado medio.
- Estación León 2: esta estación se encontraba en las inmediaciones de la Plaza de Toros y al cambiar de ubicación durante el año 2009, pasó a denominarse Estación León 4. Esta nueva estación se encuentra ubicada en el Coto Escolar. Este traslado se justifica para "poder cumplir los criterios de macro y microimplantación establecidos en la normativa vigente" (Ayuntamiento de León, 2007).
- Estación León 3: está situada en la calle San Juan de Sahagún, en el barrio de la Palomera. Es una estación de fondo, ubicada en una zona urbana de carácter residencial, con tráfico rodado medio.

Es necesario señalar que la desaparición de la Estación León 2 es desde el punto de vista científico, una grave pérdida ya que imposibilita continuar con una serie de datos homogénea hasta la actualidad. Por este motivo, el estudio se ha realizado desde el año 1997 hasta el año 2009.

En la **Fig. 1** se muestran las posiciones de las estaciones meteorológicas dentro de la ciudad.

Como hemos señalado, hay que destacar que la Estación León 4 no se ha incluido en este trabajo porque no existen datos previos al año 2009. Un dato a tener en cuenta es que se localiza en el Coto Escolar en una zona de la ciudad, a priori, sin problemas de contaminación atmosférica.

Finalmente, en el presente trabajo se ha estudiado la evolución de cinco contaminantes atmosféricos por separado: dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), ozono troposférico (O_3), partículas (PM_{10}) y monóxido de carbono (CO).

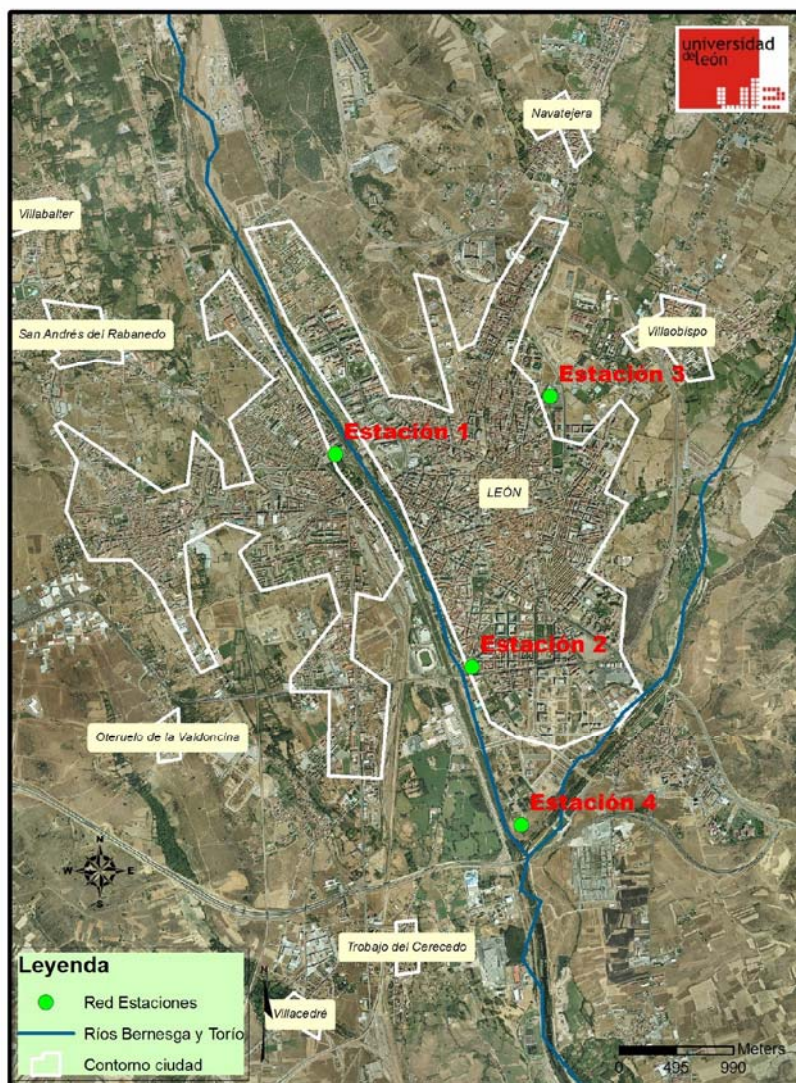


Figura 1. Red de Control de la Calidad del aire en la ciudad de León.

Las condiciones meteorológicas en las que aparece cada uno de los contaminantes han sido ya detalladas en Gallinas et al. (2010). Se han evaluado estos contaminantes ya que son los que presentan usualmente unas concentraciones más elevadas en zonas urbanas y son los contaminantes registrados en las estaciones de control (ver **Tabla 1**).

Tabla 1. Lista de contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas registradas en las diferentes estaciones.

Contaminantes atmosféricos ($\mu\text{g m}^{-3}$)	VARIABLES meteorológicas
CO	Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$)
NO ₂	Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$)
O ₃	Radiación solar (W m^{-2})
Partículas PM10	Presión (hPa)
SO ₂	Humedad relativa (%)
	Dirección del viento (grados)
	Velocidad media del viento (m s^{-1})

Metodología

En primer lugar, se ha estudiado la concentración media anual de los diferentes contaminantes de manera individualizada a fin de analizar la evolución de la Calidad del Aire en el municipio desde el año 1997.

Posteriormente, se analizó la evolución anual de cada uno de los contaminantes en las tres estaciones de control de manera independiente, con el objetivo de detectar zonas dentro de la ciudad con mayores problemas de calidad del aire.

Finalmente, y siguiendo los valores límite establecidos en los R.D. 1073/2002 y 1796/2003 para cada uno de los cinco contaminantes estudiados, hemos determinado para cada estación, el número total de superaciones del Valor Límite marcado por la legislación. Esto nos permite conocer qué contaminantes presentan mayores problemas a la hora de cumplir la legislación (es decir, son más difícilmente regulables).

Resultados: evolución de la calidad del aire en la Ciudad de León

Evolución de la concentración media anual

En primer lugar, se puede apreciar una clara disminución de la concentración media anual de todos los contaminantes, excepto del ozono, que se mantiene prácticamente estable a lo largo de los años. En las **Figuras 2 y 3** se muestra la evolución de la concentración media anual de partículas y de Ozono troposférico en la ciudad. No obstante, y como veremos, el análisis no de los valores medios, sino de los valores por estación, muestra resultados más útiles, ya que el valor medio representado “oculta” las particularidades de cada estación. De hecho, en algunas estaciones los valores de los contaminantes han aumentado a lo largo de los años.

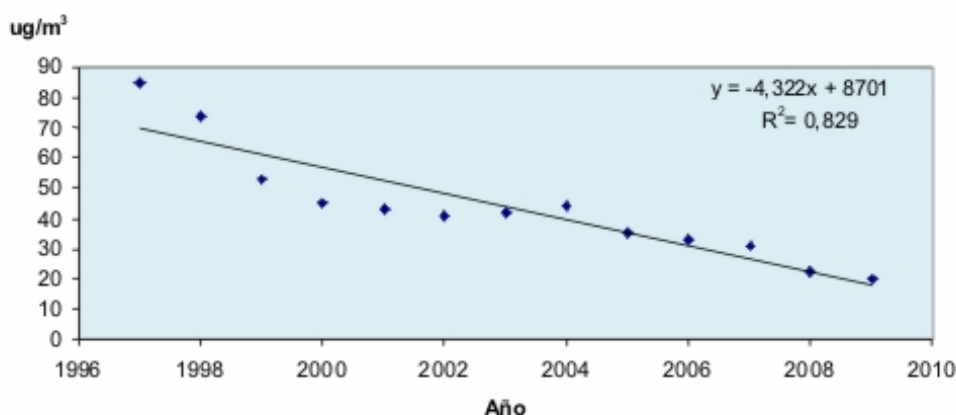


Figura 2. Evolución anual de los valores medios de PM10.

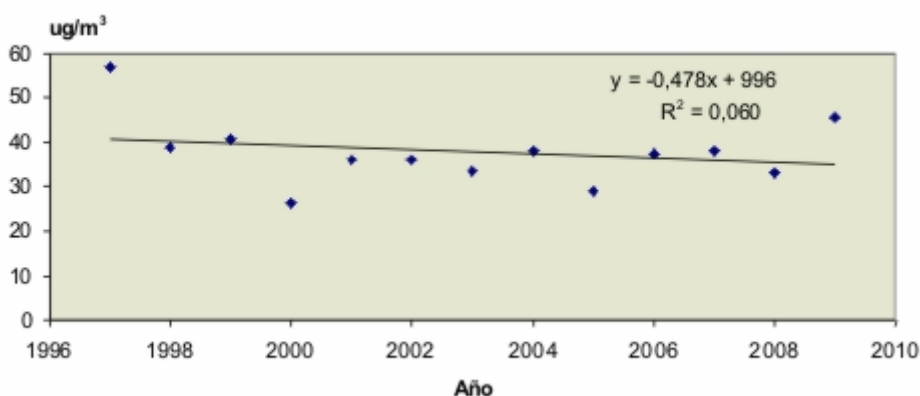


Figura 3. Evolución anual de los valores medios de ozono. Podemos observar que el ajuste lineal de los datos no es significativo.

Evolución de la concentración de la contaminación atmosférica por estación

Por otra parte, y realizando un análisis más exhaustivo de las estaciones por separado, se pueden representar las líneas de tendencia por contaminante y estación a lo largo del tiempo. El estudio de la evolución de los contaminantes por estaciones, nos permite obtener información relativa a la calidad del aire en las diferentes zonas de la ciudad. A continuación analizaremos la evolución de los diferentes contaminantes:

- *Evolución del NO₂*

El dióxido de nitrógeno (NO₂) es uno de los contaminantes urbanos más peligrosos. Es un gas tóxico, irritante y precursor de la formación de partículas de nitrato, que afecta fundamentalmente al sistema respiratorio. Se forma como subproducto en los procesos de combustión a altas temperaturas, como ocurre

en los vehículos. Las concentraciones altas dentro de la ciudad están ligadas a zonas de tráfico elevado.

La evolución anual (**Fig. 4**) muestra cómo la Estación León 2 ha experimentado un aumento de la concentración de NO₂ desde el año 2004. La desaparición de este punto de medida y su nueva ubicación en el Coto Escolar, impide observar la evolución de la calidad del aire en los últimos años en las proximidades de la Plaza de Toros. Como podemos observar, el mantenimiento de la Estación León 2 habría sido muy interesante desde el punto de vista científico ya que se trataba de la zona de la ciudad que presentaba (¿y presenta?) mayores problemas de calidad del aire con respecto a este contaminante.

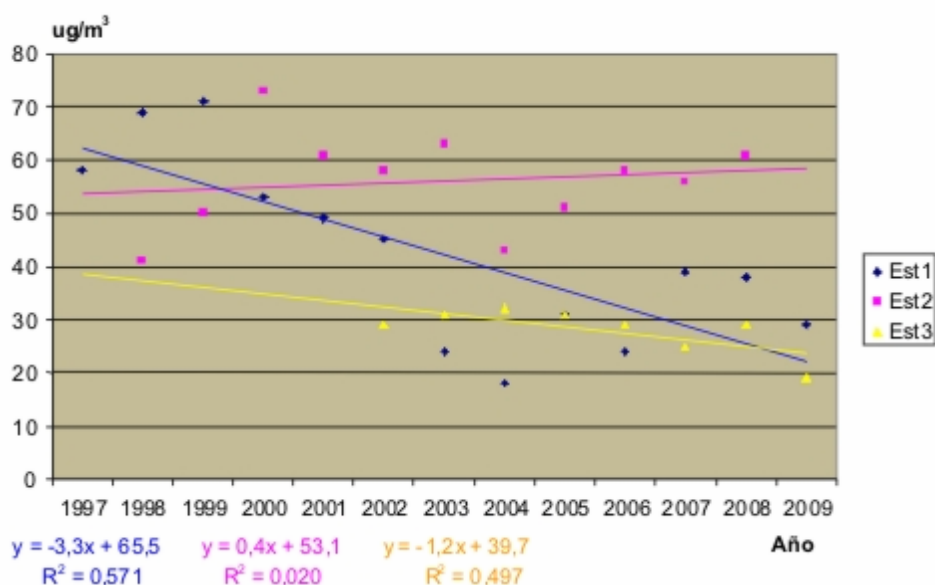


Figura 4. Evolución anual de NO₂ por estación, y líneas de tendencia. Se observa que las pendientes para las líneas de tendencia de las estaciones 1 y 3 son negativas, mientras que la de la estación 2 no presenta un ajuste lineal significativo.

- *Evolución del SO₂*

El dióxido de azufre es un gas irritante y tóxico que afecta al sistema respiratorio. Es liberado a la atmósfera en los procesos de combustión que contienen compuestos azufrados, como en la del carbón.

La evolución anual de este contaminante (**Fig. 5**) muestra una reducción muy significativa en todas las estaciones. Como ejemplo, podemos señalar que en la Estación León 1 se ha pasado de 50 ug/m³ en el año 1997 a valores próximos a 10 ug/m³ en el año 2009. La sustitución de las calderas de combustión domésticas por otras menos contaminantes nos permite explicar en gran medida esta reducción.

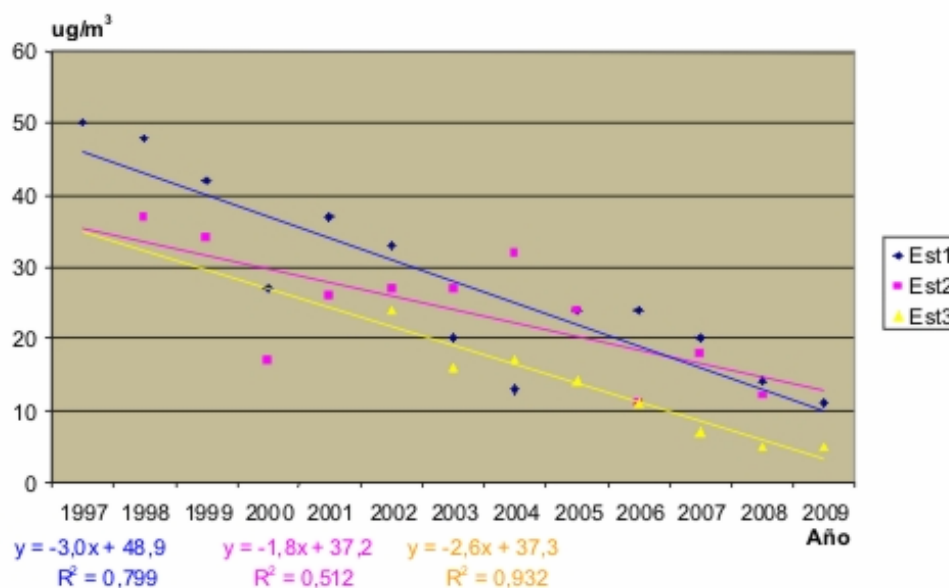


Figura 5. Evolución anual de SO₂ por estación, y líneas de tendencia.

- *Evolución de las partículas (PM10)*

Las relaciones entre la presencia de material particulado y los daños en la salud han sido plasmadas en diversos trabajos. Cuando inspiramos llega a nuestros pulmones alrededor de medio litro de aire, que puede contener tanto gases contaminantes como partículas sólidas. El sistema respiratorio es la principal vía de entrada de los aerosoles. Son precisamente las características de las partículas como tamaño, densidad y composición química, las que van a determinar cuál es la zona de nuestro organismo afectada. Las partículas de la fracción PM10 (partículas con diámetros iguales o inferiores a 10 micras) son muy peligrosas para la salud aunque no llegan a los alvéolos pulmonares. Según la OMS, las partículas ocasionan graves riesgos para la salud, al incrementar la mortalidad debido a enfermedades respiratorias, cardiovasculares y oncológicas. En la atmósfera proceden tanto de industrias como de vehículos y pueden tener un origen primario o secundario.

En las tres estaciones evaluadas (**Fig. 6**) la línea de tendencia es decreciente cuando evaluamos el periodo total de estudio. En la Estación León 3 solo se ha dispuesto de datos a partir del año 2003. La sustitución del parque móvil por vehículos con mejores sistema de retención de partículas es una de las claves en esta reducción.

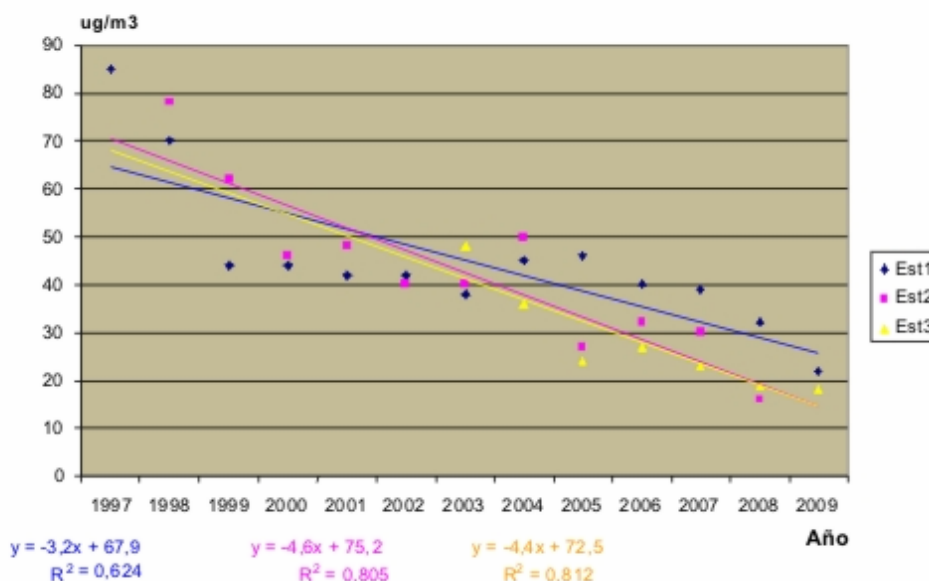


Figura 6. Evolución anual de partículas por estación, y líneas de tendencia.

- *Evolución de los valores de ozono troposférico*

El ozono troposférico es un contaminante secundario que se crea a través de reacciones fotoquímicas entre óxidos de nitrógeno (NOx) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) derivados de combustiones incompletas. Es el compuesto más destacado en los episodios de *smog fotoquímico* y actúa provocando problemas respiratorios graves. El análisis de este tipo de episodios de smog en la Ciudad de León ya ha sido estudiado en trabajos previos (Gallinas et al. 2010).

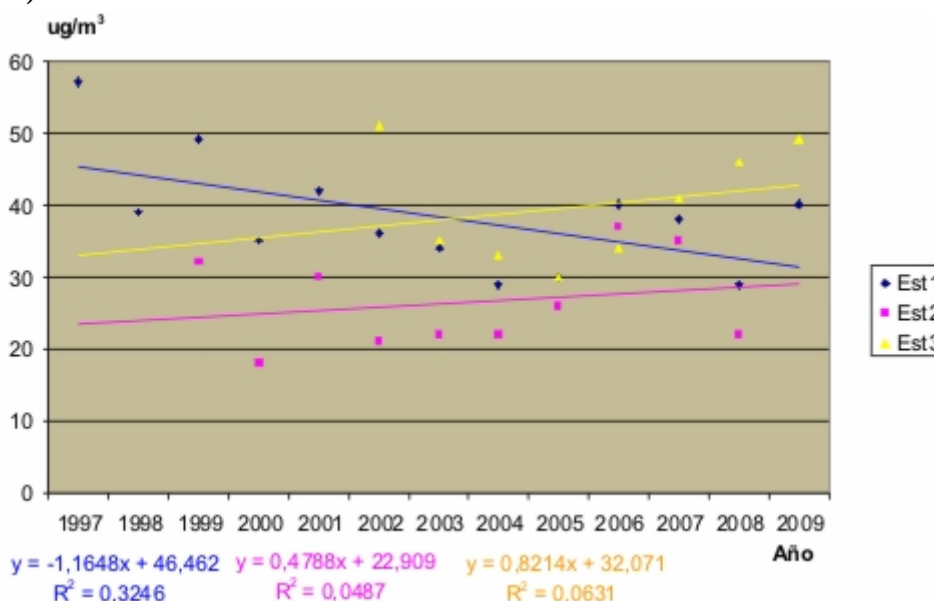


Figura 7. Evolución anual de ozono troposférico por estación, y líneas de tendencia.

La **Figura 7** nos muestra cómo la contaminación causada por ozono presenta problemas en todas las estaciones. Este contaminante aparece especialmente en zonas muy afectadas por la contaminación derivada de los vehículos. El análisis independiente de cada estación podría ser muy útil a la hora de establecer medidas de corrección (reducción del tráfico, aumento del transporte público en la zona, etc.). Vemos que la Estación León 3 es la que requiere medidas de actuación prioritarias.

- Evolución de los valores de CO

El CO se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles. Si se respira, aunque sea en moderadas cantidades, el monóxido de carbono puede causar la muerte.

En la Estación León 3 no se dispone de datos de este contaminante. Las líneas de tendencia (**Fig. 8**) muestran reducciones drásticas en este contaminante en los últimos años.

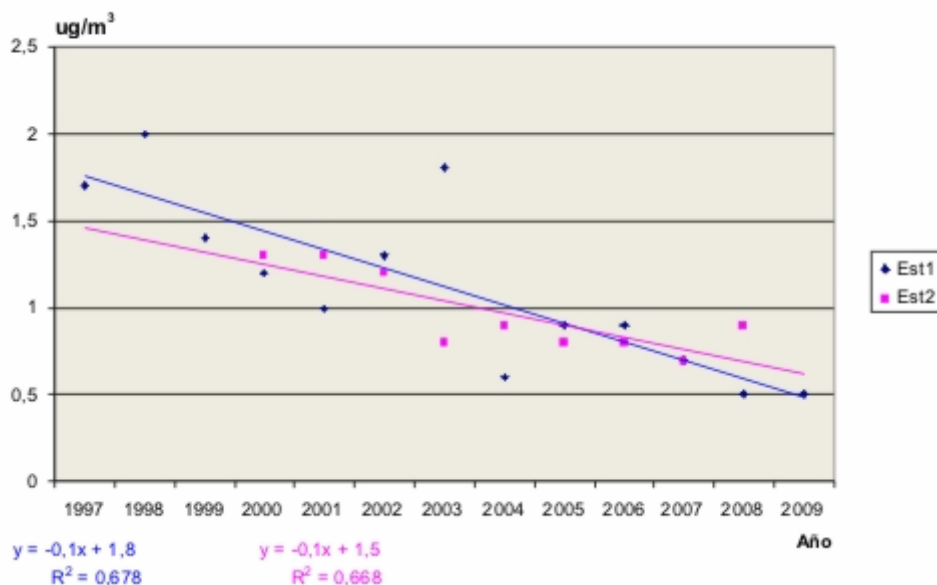


Figura 8. Evolución anual de CO por estación, y líneas de tendencia.

Número de superaciones de los Valores Límite por estación

Con el objetivo de completar el análisis de la evolución de la calidad del aire en la ciudad, para cada estación, se ha analizado el número de veces en las que se ha llegado a sobrepasar el Valor Límite de cada uno de los contaminantes. Este dato nos permite conocer qué zonas están más contaminadas y cuáles son los contaminantes que presentan mayores problemas a la hora de mantener su concentración dentro de los Límites marcados por la

legislación. El número de superaciones registradas para cada contaminante puede verse en la **Figura 9**.

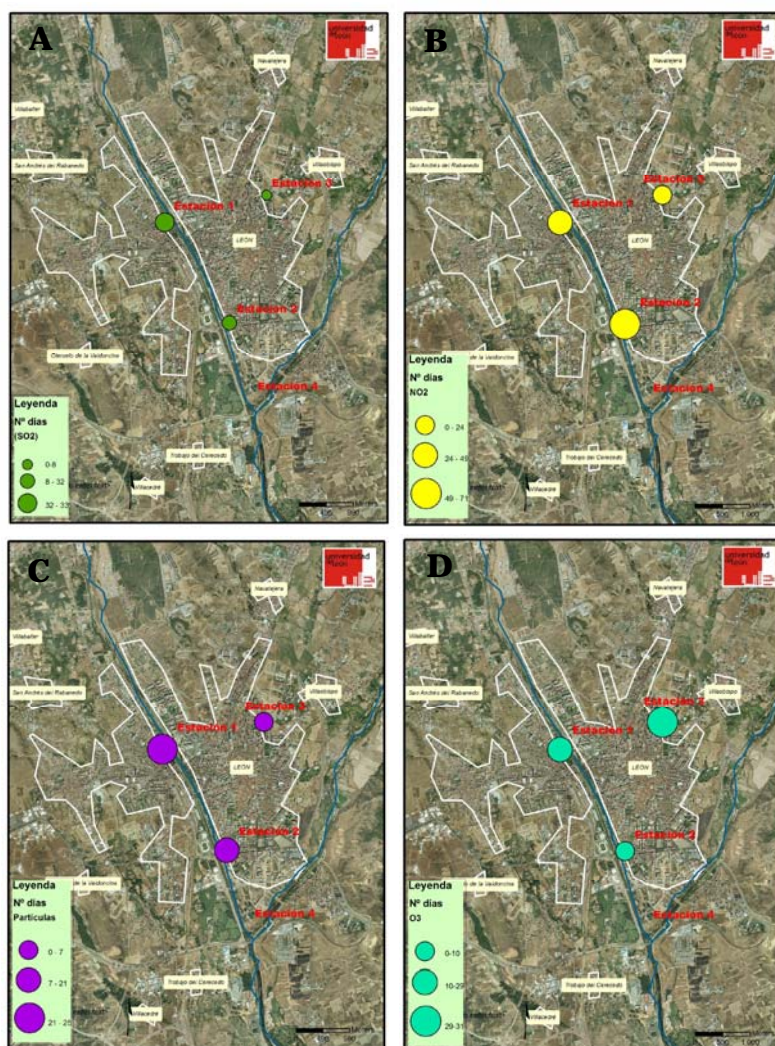


Figura 9. Número de días en los que se sobrepasan los Valores Límite para SO₂ (A), NO₂ (B), Partículas en suspensión PM10 (C) y O₃ (D).

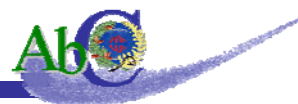
En primer lugar, podemos señalar que el CO no ha alcanzado nunca valores superiores al límite marcado por la legislación. Además, apreciamos que es el NO₂ el contaminante que ha registrado un mayor número de superaciones, especialmente en la antigua Estación León 2. Este dato refleja, como ya hemos señalado, que existen problemas a la hora de mantener sus concentraciones en valores aceptables para la salud de la personas. Otro dato significativo, son los altos valores de ozono troposférico registrados en la Estación León 3 que, como se puede apreciar, se ven reflejados en el elevado número de días en los que no se cumple la legislación.

Conclusiones

- La calidad del aire en la Ciudad de León ha mejorado de manera significativa desde el año 1997 para los contaminantes NO₂, SO₂, CO y partículas en suspensión.
- La concentración del Ozono Troposférico en el aire ambiente ha aumentado en los últimos años, especialmente en las Estaciones León 2 y León 3, aunque se mantiene normalmente por debajo del Valor Límite marcado por la legislación.
- La calidad del aire es muy desigual en las diferentes zonas de la ciudad siendo la zona de la Estación León 2 la que registra unos valores más elevados de NO₂.
- El contaminante menos regulado es el NO₂, ya que es el que más veces supera el Valor Límite, seguido del ozono troposférico.
- El cambio de ubicación de la Estación León 2 es una grave pérdida desde el punto de vista científico ya que se encontraba situada en una de las zonas más contaminadas de la ciudad y además nos hubiera permitido analizar la evolución de los contaminantes en el futuro.
- La ubicación de las estaciones de medida en emplazamientos representativos debería ser entendida como una medida de protección de la salud de los ciudadanos, más que como un mero requisito legislativo.
- El estudio de la evolución de los contaminantes de manera individualizada en las diferentes estaciones de la ciudad puede ser muy útil a la hora de mejorar la calidad del aire ya que permite la adopción de medidas específicas en cada una de las zonas.

Bibliografía

- Gallinas C., Pérez F., López L. 2010. Estudio preliminar de la calidad del aire en el Campus de Vegazana de la Universidad de León. *Ambiociencias*. 6: 23-43.
- Ayuntamiento de León (2007). Red de Control de la Calidad del Aire. <http://www.aytoleon.es/es/ayuntamiento/areasmunicipales/medioambiente/calidadambiental/atmosfera/Paginas/reddecontroldecalidaddelaireLeon.aspx>



RD 1073/2002 DE 18 DE OCTUBRE SOBRE EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE EN RELACIÓN CON EL DIÓXIDO DE AZUFRE, DIÓXIDO DE NITRÓGENO, ÓXIDOS DE NITRÓGENO, PARTÍCULAS, PLOMO, BENCENO Y MONÓXIDO DE CARBONO.

RD 1796/2003 DE 26 DE DICIEMBRE, RELATIVO AL OZONO EN EL AIRE AMBIENTE.

BAÚL DE LA CIENCIA

Los alérgenos que respiramos

Delia Fernández González

Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental (Área de Botánica),
Universidad de León. León e Istituto di Scienze Atmosferiche e del Clima (ISAC)
– Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Bologna

El incremento en el conocimiento acerca de las características moleculares y funcionales de los alérgenos que han sido purificados hasta el momento, está demostrando que los alérgenos del polen liberados a la atmósfera pertenecen a grupos de familias de proteínas poco numerosos, pero capaces de desencadenar respuestas alérgicas en personas sensibles. Muchos de los aeroalérgenos son proteínas estructurales de las plantas implicadas en funciones de crecimiento, desarrollo y defensa de las mismas frente a microorganismos, parásitos y condiciones ambientales extremas. Esto ha supuesto que en muchos núcleos urbanos de población exista una discordancia entre la cantidad de polen contenido en la atmósfera y la respuesta alérgica. Para tratar de dar una explicación a este fenómeno se han desarrollado métodos de cuantificación de alérgenos en el aire, como complemento a los recuentos polínicos tradicionales. En este trabajo hacemos un resumen sobre los tipos principales de aeroalérgenos y sobre su emisión y modificación en función de diversos procesos atmosféricos.

Palabras clave:

Aeroalérgenos, polen, atmósfera, contaminantes.

El polen como componente del aerosol atmosférico

Desde el inicio de las investigaciones científicas sobre el aerosol atmosférico en el siglo XIX, ya se puso de manifiesto la importancia que tienen para la salud humana las partículas biológicas presentes en el aire. Pierre Miquel (1883) demostró que la concentración de esporas de hongos en la atmósfera seguía un ciclo estacional y que dependía en gran medida de la dirección del viento. También demostró que, en París, gran parte de la mortalidad humana era consecuencia de concentraciones elevadas de bacterias en el aire. Posteriormente a este periodo, el estudio de las partículas biológicas del aire se fue intensificando hasta llegar a nuestros días, y actualmente de su análisis se ocupa una disciplina llamada Aerobiología, que abarca varios campos de investigaciones científicas, entre ellas la física, la química, la biología y la medicina. El impacto de la “aerobiología” es especialmente importante en ciencias básicas y aplicadas como alergología, bioclimatología, palinología,

contaminación biológica, calidad del aire de interior, del aire industrial y patrimonio cultural, entre otras.

Después de su emisión a la atmósfera, las partículas biológicas primarias del aerosol (PBAP) pueden participar en procesos físicos y químicos atmosféricos (coagulación, adherencia a las superficies, reacciones foto-oxidativas, etc.) y dependiendo de las propiedades de su superficie, dichas partículas pueden servir como núcleos para formar gotas de agua o cristales de hielo que originarán nubes y posterior precipitación. Una vez depositadas en ecosistemas terrestres o acuáticos, las PBAP pueden completar sus ciclos biológicos para futuras emisiones (**Fig. 1**).

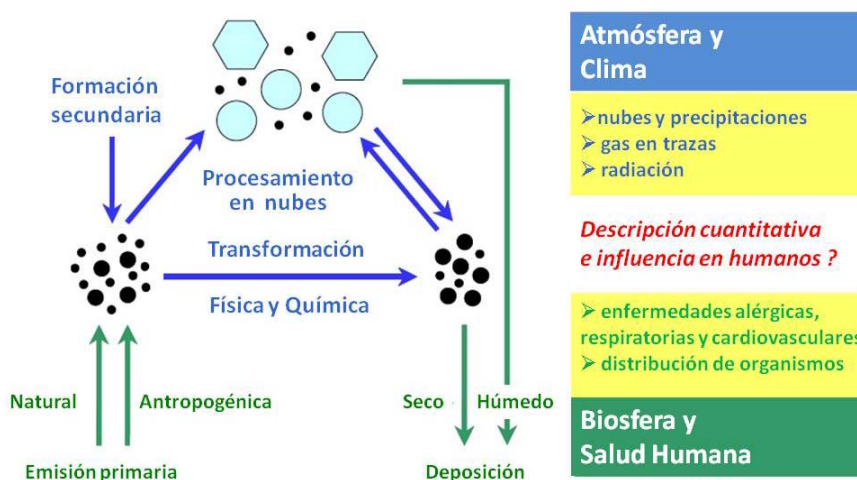


Figura 1. Ciclo atmosférico del aerosol orgánico y efectos sobre el sistema climático y la salud humana (Adaptación de Pöschl, 2005).

Sin embargo, las partículas biológicas en general han recibido poca atención en las ciencias de la atmosfera frente a otros tipos de elementos o sustancias que constituyen el aerosol, como sulfatos, sales marinas, polvo mineral, cenizas volcánicas, etc. Inicialmente esto pudo ser debido a que el aerosol biológico, en muchas ocasiones, resulta de difícil interpretación; por otra parte a nivel global la media de las concentraciones de partículas biológicas es insignificante en relación al material no biológico. Recientemente, numerosos investigadores han sugerido que las partículas biológicas, como potenciales formadoras de nubes y precipitaciones, también pueden influir en los ciclos hidrológicos y en el clima, al menos a escala regional.

Uno de los grandes tipos de PBAP son los granos de polen, es decir las unidades reproductoras de las plantas con flores que contienen el gameto masculino. Los granos de polen difieren mucho de tamaño, de 5 a 200 μm , y tienen formas y ornamentación muy variadas; a veces aparecen fragmentados

en el aerosol, ya que se pueden romper bajo fuertes presiones osmóticas y precipitaciones intensas.

El polen de las plantas anemófilas utiliza el viento como vector de dispersión y, para garantizar su llegada al estigma femenino, dichas plantas producen y emiten a la atmósfera cantidades enormes de granos de polen. La capacidad del polen de dispersarse en la atmósfera depende de varios factores meteorológicos, como la temperatura y la humedad; generalmente la cantidad de polen presente en la atmósfera muestra una correlación positiva con la temperatura y negativa con la humedad. Pero también el viento y la lluvia son parámetros importantes: por ejemplo la emisión de polen se reduce en presencia de lluvia y durante los periodos de escasez de viento o calmas. El polen puede ser trasladado a las capas altas de la atmósfera por fenómenos de convección y en general su concentración decrece con la altura; sin embargo este fenómeno, a su vez, puede ser modificado por la inversión térmica. La distancia horizontal a la que los granos de polen pueden llegar arrastrados por el viento depende de las temperaturas, y se ha sugerido que un incremento en la temperatura del aire induce una inestabilidad atmosférica y, consecuentemente, la dispersión del polen. Por otra parte, el tiempo de permanencia del polen en la atmósfera también depende de su velocidad de caída, que a su vez está relacionada con su morfología y tamaño; por lo tanto varía enormemente en función del tipo polínico.

La presencia de polen en la atmósfera es una consecuencia directa de los ciclos estacionales de la floración de las plantas. A escala local, la estación de polinización de cada planta se puede predecir, aunque su inicio y su final es variable en función de los parámetros meteorológicos; igualmente la cantidad de polen emitido por las plantas puede sufrir una variación interanual importante. Y, como ocurre con otros bioaerosoles, los granos de polen también muestran ciclos diarios de concentración.

Los cambios globales, como el incremento del CO₂ atmosférico, incrementos de temperatura, cambios en la cantidad, distribución e intensidad de las precipitaciones, aumentos en la intensidad y frecuencia de acontecimientos climáticos extremos, cambios en el uso del suelo y la urbanización, entre otros fenómenos, pueden tener un gran impacto en la producción, distribución y dispersión del polen. El polen es una de las causas importantes de alergias, por ello las modificaciones que pueda sufrir y las variaciones del inicio y duración de las estaciones polínicas pueden provocar grandes cambios en la prevalencia y severidad de los síntomas de los individuos con enfermedades alérgicas.

Alérgenos: integrantes del polen

Los alérgenos ambientales o aeroalérgenos más frecuentes proceden del polen. Muchos granos de polen son capaces de provocar reacciones alérgicas mediadas por Ig E, pocos segundos después de su contacto con las mucosas humanas, ya que muchos de ellos son solubles en agua y fácilmente disponibles.

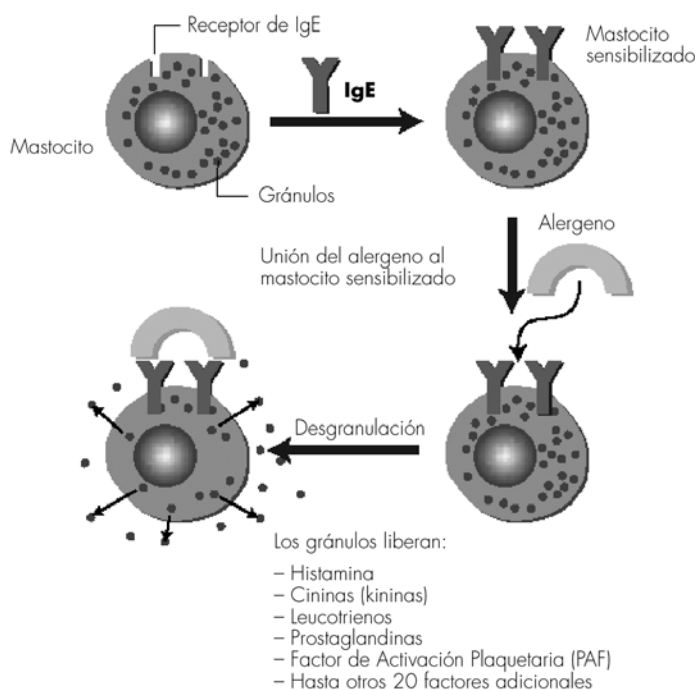


Figura 2. Hipersensibilidad inmediata (Tipo I). Liberación de mediadores de los mastocitos por puentes entre dos moléculas de Ig E.

En general son proteínas no específicas con propiedades antigénicas y con pesos moleculares mayores de 7 kDa. No solo son capaces de provocar la respuesta Ig E, sino también de desencadenar la liberación de mediadores de los mastocitos o de los basófilos por puentes entre dos moléculas citotrópicas de Ig E a través de los receptores FcεRI (**Fig. 2**). En la práctica, los alérgenos son identificados en base a su reactividad IgE, que es suficiente para numerosos fines.

Para denominar los alérgenos se sigue la norma de la IUIS (International Union of Immunological Societies-Allergen Nomenclature Subcommittee), que se basa en los nombres científicos de géneros y especies de seres vivos de los cuales proceden. Esta denominación consiste en las tres primeras letras del género, un espacio seguido de la primera letra de la parte específica, otro espacio y, un número arábigo siguiendo un orden de prioridad en función del descubrimiento y descripción del alérgeno. Si el alérgeno es estructuralmente homólogo o posee reactividad cruzada con otros alérgenos descritos previamente en diferentes especies, se utilizan los números existentes previamente. Por ejemplo, en el caso de la primera proteína descrita de la especie altamente alérgica *Lolium perenne*, la denominación del alérgeno es Lol p 1.

Cada alérgeno individual se clasifica a su vez en mayoritario o mayor, si más del 50% de los individuos sensibles al mismo dan reacción positiva, e intermedios o menores, si la frecuencia de respuesta es inferior al 10%. La

especificidad de las reacciones alérgicas está fuertemente correlacionada con la estructura química de los alérgenos.

Principales alérgenos del polen

Los alérgenos del polen han sido clasificados en aproximadamente 30 de las 7.868 familias de proteínas existentes. Casi todos ellos corresponden a unas 44 familias de plantas, siendo algunas de las más importantes: Poaceae, Cupressaceae, Asteraceae, Betulaceae, Oleaceae y Urticaceae (Radauer & Breiteneder, 2006; Chapman et al. 2007; Weber 2007).

Dejando de lado sus características alergénicas, muchos alérgenos han sido considerados proteínas estructurales de las plantas y algunos de ellos, llaves en la fisiología del polen. Además, se ha demostrado que pueden tener diferentes formas de configuración (polimorfismo alérgico) en una misma especie, que representaría una ventaja adaptativa de la planta frente a diferentes condiciones ambientales (Alché et al. 2007).

Las principales familias de alérgenos del polen se agrupan en: proteínas relacionadas con patógenos de plantas (PR), proteínas con capacidad de unión al calcio, profilinas y expansinas. Hasta ahora, los alérgenos mayores del polen se han clasificado en 4 familias de proteínas: pectato liasas, defensinas, unión a otros alérgenos y proteínas que transportan lípidos (**Tabla 1**).

Tabla 1. Grupos de alérgenos del polen más frecuentes en algunas de las familias botánicas más alergénicas a nivel mundial.

Alérgenos								
Familia botánica	<i>PRP</i>	<i>Profilinas</i>	<i>Polcalcinas</i>	<i>Expansinas</i>	<i>Pectato-liasas</i>	<i>Poligalacturonasas</i>	<i>Inhibidoras de invertasa</i>	<i>LTPs</i>
Asteraceae		Art v 4			Amb a 1 Amb a 2			Art v 3 Amb a 6
Betulaceae	Bet v 1	Bet v 2	Bet v 3, Bet v 4					
Cupressaceae	Grupo 3		Grupo 4		Grupo 1	Grupo 2		
Oleaceae	Ole e 9	Ole e 2	Ole e 3 Ole e 8					
Platanaceae						Pla a 2	Pla a 1	
Poaceae		Grupo 12	Grupo 7	Grupo 1 (2-3)		Grupo 13		
Urticaceae		Par j 3	Par j 4					Par j 1-2

Proteínas de respuesta a patógenos de las plantas (PRP)

Taumatinas, inhibidoras de la tripsina, defensinas, etc. Son diversos tipos de proteínas que defienden a la planta del ataque de insectos, hongos, microorganismos de diversos tipos, etc., o bien permiten su adaptación a condiciones ambientales extremas. Algunas de ellas se pueden sintetizar mejor en presencia de azúcares (sacarosa) y actúan como proteínas de reserva en el grano de polen; pertenecen al grupo de proteínas responsables de alergias cruzadas entre polen y alimentos de origen vegetal. Por ejemplo, Bet v 1 y homólogas (PR-10).

Proteínas de unión al calcio (Polcalcinas)

Alérgenos del polen con capacidad de unión al Ca^{2+} . Estas proteínas contienen motivos formados por dos hélices alfa situadas perpendicularmente, con un dominio entre las dos que forma un lugar de unión al calcio. Están extendidas en alimentos de origen animal (bacalao, salmón, carpa) y en diferentes tipos de polen, por lo tanto la posibilidad de reacciones cruzadas es alta. Ejemplos: grupo 7 de gramíneas (Cyn d 7 y Phl p 7) que comparten epítomos con otras polcalcinas como Bet v 3 o Jun o 4.

Profilinas

Proteínas ubicuas de células eucariotas, implicadas en la modulación y ensamblaje de filamentos de actina en el citoplasma en los procesos de motilidad celular. Son estructuralmente muy similares en todos los grupos vegetales. Ejemplo, grupo 12 de gramíneas (Phl 12).

Profilinas y polcalcinas muestran casi el 60% de secuencias de aminoácidos similares, de modo que aparece reacción cruzada entre miembros de diferentes familias de plantas.

Expansinas

Las expansinas son proteínas que actúan rompiendo puentes de hidrógeno entre las microfibrillas de celulosa y la matriz de polisacáridos de las paredes de las células vegetales, facilitando el crecimiento celular. En el caso de las gramíneas son muy específicas y se denominan β expansinas. Ejemplos: grupo 1 de gramíneas y grupos 2 y 3 de gramíneas (alto grado de homología con la parte C- terminal del grupo 1).

Pectato-liasas

Enzimas que degradan la capa péctica de la intina con el fin de facilitar la salida de proteínas de reconocimiento polen-estigma y permitir el crecimiento del tubo polínico. Esta actividad enzimática ha sido reconocida en los alérgenos

Cry j 1 y Cup a 1 de las familias botánicas Taxodiaceae y Cupressaceae (Gimnospermas) y en Amb a 1 (Angiospermas).

Poligalacturonasas

Son enzimas que catalizan la ruptura hidrolítica de enlaces O-glicosídicos entre residuos de ácido galacturónico. Relacionadas con la interacción y modificación de las pectinas, tanto de la intina como del estigma. Ejemplos: Pla a 2, grupo 13 de gramíneas y también Cry j 2.

Inhibidores de la invertasa

Se han descrito en granos de polen algunas proteínas inhibidoras de las invertasas, que paralizan la acción de esta enzima que hidroliza la sacarosa en glucosa y fructosa.

Su aparición es muy activa y rápida en los primeros minutos del proceso de la hidratación del polen (para evitar la hidrólisis de la sacarosa, ya que ésta protege a las membranas de cambios osmóticos que podrían romper el incipiente tubo polínico y abortar el proceso germinativo) y desaparecen durante el resto de la germinación (para que el tubo polínico pueda nutrirse de azúcares simples). Una de estas enzimas es el Pla a 1, alérgeno mayor de los granos de polen del plátano de sombra.

Transporte de lípidos (LTPs)

Las LTPs son proteínas no específicas, de bajo peso molecular (9 kDa) y abundantes en plantas; facilitan el transporte de fosfolípidos y otros lípidos a través de las membranas celulares. Estas proteínas están distribuidas en casi todos los grupos de plantas y también forman parte de sus sistemas de defensa. Se ha comprobado que la cantidad de las mismas en los granos de polen cambia durante el proceso de hidratación, saliendo al exterior a través de las paredes del polen como elementos de reconocimiento y nutrición entre polen y estigma. Como ejemplo de ellas podemos citar dos alérgenos mayores del polen de Urticaceae, concretamente de *Parietaria judaica*: Par j 1 y Par j 2.

Las LTPs también se han descrito como alérgenos mayores en frutos y en algunas otras partes de plantas alimentarias, causando severos síntomas alérgicos.

Localización y liberación de los alérgenos del polen

Como hemos mencionado anteriormente, los granos de polen corresponden al gametofito masculino de angiospermas y gimnospermas y, al entrar en contacto con la superficie receptora del estigma, el polen germina y se desarrolla el tubo polínico a través del cual pasará el gameto masculino para

fecundar a la ovocélula. Desde el punto de vista de la alergología, tienen especial importancia las plantas con polinización anemófila (aproximadamente 250.000 especies conocidas): producen polen que es dispersado por el viento.

Los granos de polen poseen una doble pared celular, destinada a proteger las células espermáticas durante el proceso de transporte hacia los órganos sexuales femeninos. La capa más externa o exina no solo posee características morfológicas específicas, sino que esta formada por un compuesto lipofílico denominado esporopolenina, extremadamente resistente a las degradaciones físico-químicas y ambientales (esta propiedad ha hecho que se encuentre en restos fósiles). La capa interna o intina rodea el protoplasma, que contiene los orgánulos subcelulares y los núcleos vegetativos y generativos del polen, así como gránulos de almidón y partículas de acumulación de polisacáridos (o partículas p) (**Fig. 3**). La exina puede estar interrumpida por aperturas a través de las cuales sale el tubo polínico en el momento de la germinación, y además posee canalículos que conectan la superficie con la intina.

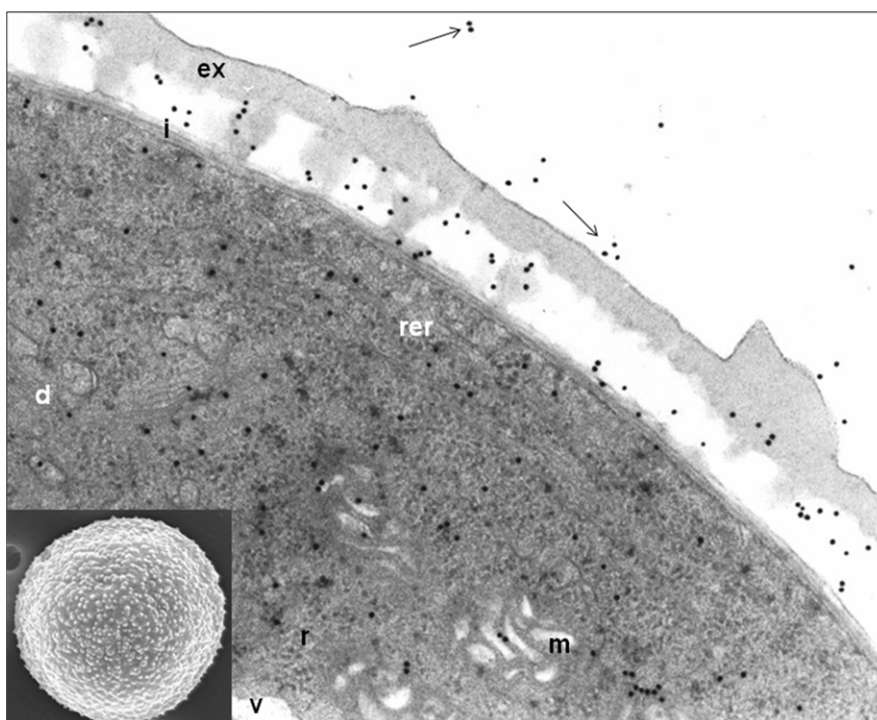


Figura 3. *Parietaria judaica* L. Vista general de un grano de polen a microscopía electrónica de barrido y detalle a microscopía electrónica de transmisión de un corte del mismo; ex: exina, i: intina, rer: retículo endoplasmático, d: dictiosomas, m: mitocondrias, v: vacuolas, r: ribosomas; las flechas señalan el marcaje del alérgeno Par j 1-2 (se aprecia también en el interior del grano de polen) (Vega Maray, 2002).

Los alérgenos se localizan en diversas partes del grano de polen, pero principalmente en la matriz citoplasmática, con gran actividad en las mitocondrias, partículas p y gránulos de almidón (Taylor et al., 1994; Grote et al., 2000; Vega Maray et al., 2006), en algunos casos aparecen en la exina y no en los gránulos de almidón, en otros en la intina y no en la exina, es decir existe una variabilidad de localización según la función que tenga la proteína, eso sí, casi siempre ligada al reconocimiento polen-estigma y al desarrollo del tubo polínico.

Algunos alérgenos del polen son proteínas altamente solubles en agua y pueden ser liberados en medios húmedos en pocos segundos, y éste es el prerrequisito para la germinación polínica. En una atmósfera seca, el polen es muy estable y puede contener sus alérgenos durante muchos años, pero existen al menos tres factores que inducen la liberación de los mismos: alta humedad relativa, precipitaciones fuertes y contaminantes aéreos.

La liberación de alérgenos depende también del pH y de la temperatura; por ejemplo con valores máximos de 37 °C y pH 9,0 se liberan casi todas las proteínas del polen de abedul, gramíneas y pino y, con pH 7,4 los alérgenos mayores Bet v 1 y Phl p 5 (Behrendt et al. 1999).

La liberación de alérgenos del polen también puede ocurrir de dos modos diferentes: 1) en la superficie de las mucosas de las vías respiratorias altas de humanos tras la exposición al polen y 2) fuera de los organismos en la propia atmósfera. La existencia de dos “contenedores” diferentes en ambientes de exterior – los propios granos de polen y los alérgenos liberados – puede ser la razón por la que a veces resulta compleja la interpretación de las alergias respiratorias. Actualmente se están poniendo a punto métodos para la evaluación cuantitativa y semi-cuantitativa de los aeroalérgenos (Fernández González et al. 2010).

Influencia de los contaminantes en la emisión de alérgenos

La influencia que ejercen ciertos gases y las “partículas madre” en la liberación de los alérgenos del polen, se debe estudiar en dosis, tiempo y humedad, dependiendo del tipo. Por ejemplo, una exposición del polen de *Phleum pratense* a altas concentraciones de SO₂ induce una reducción significativa de la liberación del alérgeno mayor Phl p 5, lo cual podría implicar una gran reducción de la alergenicidad a esta proteína en las regiones contaminadas con SO₂ en relación a las áreas no contaminadas. Por otra parte y bajo las mismas condiciones, los granos de polen expuestos a NO₂ (el mayor contaminante de interior y de exterior) no sufren cambios en la disponibilidad de los alérgenos.

El polen recogido en bordes de carreteras con tráfico pesado y alta contaminación procedente de las emisiones de los coches, tiene significativamente reducida la capacidad de liberación de alérgenos en relación al polen colectado en medios rurales. Sin embargo las áreas con tráfico pesado están asociadas con una prevalencia elevada de las enfermedades alérgicas de las vías respiratorias superiores. Esta aparente contradicción ha sido explicada en algunos trabajos: Knox et al. (1997) mostraron que, en muchas ocasiones, los alérgenos liberados del polen están asociados a las partículas del aire, o más concretamente a las partículas diesel. A su vez, estas partículas se acumulan sobre los granos de polen y se producen interacciones polen-partículas. En granos de polen de *Dactylis glomerata* incubados con extractos acuosos de partículas madre, se han podido comprobar cambios morfológicos similares a los que ocurren durante la activación-germinación del polen en medios húmedos, al mismo tiempo estos granos de polen liberan cantidades sustanciales de proteínas en dosis-tiempo dependientes de las condiciones ambientales. También el polen tratado con extractos orgánicos contenidos en el polvo fino atmosférico, muestra signos de preactivación para germinar, aunque no existe liberación de proteínas.

Estos hechos nos hacen pensar que el contenido de alérgenos en el aerosol puede estar generado por la interacción polen-partículas en una atmósfera húmeda, por lo tanto, aunque la liberación de alérgenos sea menor, pueden permanecer más tiempo en el aire.

La interacción en el aire de los contaminantes con el polen no solo induce cambios cuantitativos sino también cualitativos en la morfología del polen, en las proteínas y en la liberación de alérgenos, así como en la formación de partículas alérgicas contenidas en el aerosol.

Los granos de polen también son capaces de secretar cantidades significativas de sustancias de unión a eicosanoides (ej. leucotrienos-B₄ y prostaglandinas-E₂) a determinado pH, tiempo y temperatura (Behrendt et al. 2001). Se han descrito valores altos de los mismos en el polen de abedul, de gramíneas y de la Ambrosia; en el polen de pino solo se observó de forma marginal. La liberación de estas sustancias proinflamatorias fue significativamente alta en el polen recogido en los alrededores de carreteras con tráfico pesado.

Conclusión

Todo lo mencionado anteriormente ha influido para que, desde hace aproximadamente 10 años, se esté analizando con mayor profundidad la carga alérgica del aire, desarrollando técnicas y métodos para la cuantificación de aeroalérgenos procedentes de diversos tipos polínicos y analizando su relación

con los recuentos polínicos tradicionales (**Fig. 4**). A su vez se han abierto nuevas posibilidades de investigación acerca de los mecanismos que inducen las alergias respiratorias.

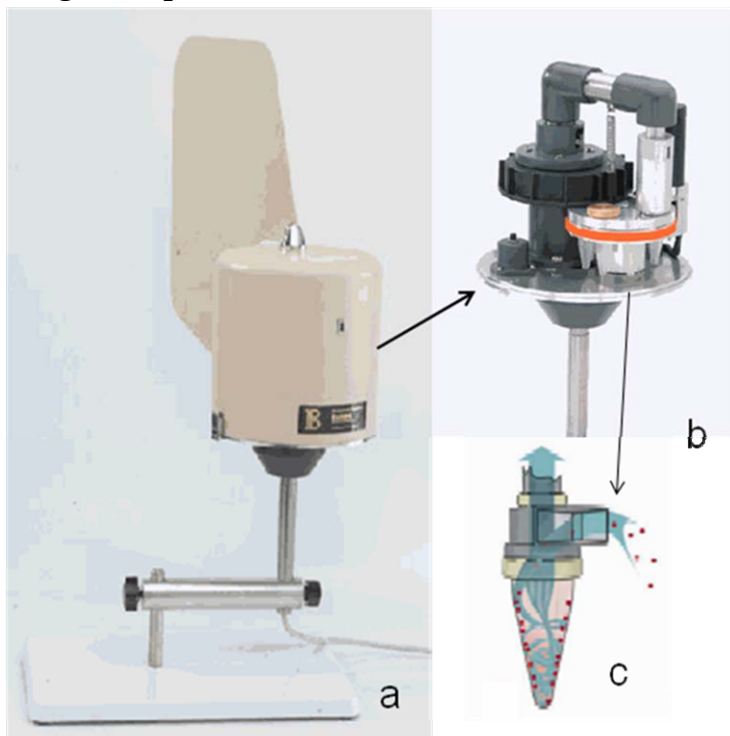


Figura 4. Captador de aeroalérgenos Multiciclón (Burkard). a: cabezal con orificio de entrada de aire, b: carrusel con los tubos eppendorf donde se recoge la muestra en seco, c: detalle de la deposición de las partículas en un tubo eppendorf.

El polen puede contribuir por si mismo a activar el epitelio de las mucosas del tracto respiratorio al secretar mediadores proinflamatorios. Es especialmente destacable que los granos de polen, con alta alergenicidad, produzcan cantidades relativamente elevadas de estas sustancias en relación al polen de plantas “a priori” menos alergénicas. Por ello se ha comenzado a utilizar el término “potencia alergénica”, no solo teniendo en cuenta la estructura de los alérgenos a nivel molecular, sino considerando también las características funcionales del alérgeno y su habilidad para sensibilizar las células inflamatorias animales.

Seguramente en un futuro próximo las previsiones polínicas dirigidas a la prevención de alergias respiratorias no solo se basaran en el uso de los calendarios polínicos, sino también en la cuantificación de alérgenos atmosféricos.

Bibliografía

Alché J.D., Castro A.J., Jiménez-López J.C., Morales S., Zafra A., Hamman-Khalifa A.M. y Rodríguez García M.I. 2007. Differential characteristics of olive pollen from different cultivars: biological and clinical implications. *J. Investig. Allergol. Clin. Immunol.* 17:69-75.

- Behrendt H., Tomczok J., Sliwa-Tomczok W., Kasche A., Ebner von Eschenbach C., Becker W.M. y Ring J. 1999. Timothy grass (*Phleum pratense* L.) pollen as allergen carriers and initiators of an allergic response. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 118:414-418.
- Behrendt H., Kasche A., Ebner von Eschenbach C., Risse U., Huss-Marp J. y Ring J. 2001. Secretion of proinflammatory eicosanoid like substances precedes allergen release from pollen grains in the initiation of allergic sensitization. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 124:121-125.
- Chapman M.D., Pomes A., Breiteneder H. y Ferreira F. 2007. Nomenclature and structural biology of allergens. *J. Allergy Clin. Immunol.* 119:414-420.
- Fernández-González D., González-Parrado Z., Vega-Maray A., Valencia-Barrera R., Camazón-Izquierdo B., de Nuntiis P. y Mandrioli P. 2010. *Platanus* pollen allergen, Pla a 1: quantification in the atmosphere and influence on sensitizing population. *Clin. Exp.-Allergy* 40:1701-1708.
- Grote M., Vrtala S., Niederberger V., Valenta R. y Reichelt R. 2000. Expulsion of allergen-containing materials from hydrated rye grass (*Lolium perenne*) pollen revealed by using immunogold field emission scanning and transmission electron microscopy. *J. Allergy Clin. Immunol.* 105:1140-1145.
- Knox R.B., Suphioglu C., Taylor P., Desai R., Watson H.C., Peng J.L. y Bursil L.A. 1997. Major grass pollen allergen Lol p 1 bonds to diesel exhaust particles: implications for asthma and air pollution. *Clin. Exp. Allergy* 27:246-251.
- Miquel P. 1883. *Les organismes vivants de l'atmosphere*, Gauthier-Villars.
- Pöschl U. 2005. Atmospheric aerosols: composition, transformation, climate and health effects. *Angew. Chem. Int. Ed.* 44:7520-7540
- Radauer C. & Breiteneder H. 2006. Pollen allergens are restricted to few protein families and show distinct patterns of species distribution. *J. Allergy Clin. Immunol.* 117:141-147
- Taylor P.E., Staff I.A., Singh M.B. y Knox R.B. 1994. Localization of the two major allergens in rye-grass pollen using specific monoclonal antibodies and quantitative analysis of immunogold labelling. *Histochem. J.* 26:392-401.
- Vega Maray A.M. 2002. Localización inmunocitoquímica de proteínas alergénicas y aerobiología del polen de Urticaceae. Tesis doctoral. Universidad de León.
- Vega Maray A.M., Fernández González D., Valencia Barrera R.M. y Suárez Cervera M. 2006. Detection and release of allergenic proteins in *Parietaria judaica* pollen grains. *Protoplasma* 228:115-120.

Weber R.W. 2007. Cross-reactivity of pollen allergens: impact on allergen immunotherapy. *Ann. Allergy, Asthma & Immunol.* 99:203-212.



La Dra. **Delia Fernández** es Profesora Titular del Área de Botánica de la Universidad de León y Asociada en el Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Bologna (Italia); lleva dedicada a la docencia y a la investigación más de 25 años.

Actualmente imparte docencia en el Grado de Biotecnología de la Universidad de León y en la Laurea Magistrale Biosanitaria de la Universidad de Bolonia, así como en el Master “Allergologia e Immunologia Pediatrica” de esa misma universidad italiana. Su labor investigadora siempre ha estado vinculada a la Palinología y a la Aerobiología, concretamente al análisis de la carga alérgica del aire y su relación con fenómenos atmosféricos. Fruto de esta labor investigadora son los más de 80 artículos en revistas y libros de carácter nacional e internacional. Es la responsable científica del Registro Aerobiológico de Castilla y León (RACyL) y Presidenta de la Asociación de Palinólogos de lengua Española (APLE).

UNO DE LOS NUESTROS

San Alberto Magno: Doctor de la Iglesia y Patrón de los estudiosos de las Ciencias Naturales

Ana Alonso Simón

Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias (Área de Fisiología Vegetal)
Universidad de León

En este año 2011 se cumple el 80 aniversario de la proclamación como santo y Doctor de la Iglesia de Alberto de Bollstaedt o Alberto Magno por el Papa Pío XI. Además, coincide con el 70 aniversario de su nombramiento como *Patrón ante Dios de los estudiosos de las Ciencias Naturales* por el Papa Pío XII. En estas fechas cercanas al 15 de noviembre, cuando celebramos la fiesta de la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales por conmemorarse el día dedicado a este santo, nos acercaremos desde estas páginas a la vida y obra de San Alberto Magno. Este hombre, a pesar de vivir en plena Edad Media, supo alejarse de prejuicios y supersticiones y basar su conocimiento no solo en obras de autores anteriores, sino en su propia experimentación y observación de la naturaleza. Como él refleja en una de sus obras:

“... en el dominio de la ciencia no se debe solamente creer lo que dijeron otros, sino que se debe seguir la disciplina experimental para investigar por sí mismo la naturaleza de las cosas...”

Biografía

Alberto de Bollstaedt, conocido en su época como Alberto el Teutónico o Alberto de Colonia, nació en Lauingen, en el sur de Alemania, a finales del siglo XII. Procedente de una familia de militares, Alberto se trasladó a la Universidad de Padua (Italia) para realizar sus estudios en las llamadas “artes liberales”: gramática, retórica, dialéctica, aritmética, geometría, astronomía y música. Allí se une a la orden Dominica en 1222, apenas unos años después de la fundación de la orden por santo Domingo de Guzmán. Se traslada entonces a Colonia (Alemania) a concluir sus estudios de teología, y es lector en esta materia desde 1228 en varias ciudades alemanas. Se traslada a París, donde es nombrado maestro en Teología en 1245, ocupando la respectiva cátedra y tomando como alumno a Tomás de Aquino. En 1248 recibe el encargo por parte de la orden dominica de dirigir el estudio teológico recientemente creado en Colonia, hacia donde se dirige junto con su estudiante. Este último abandona el estudio en 1252, cuando comienza a trabajar en la Universidad de París. En 1254 Alberto es nombrado prior dominico de la región denominada *Teutonia* (de habla alemana), que contaba con más de 50 conventos. En tres años recorre la región

visitando todos ellos, hasta que es relevado del cargo y vuelve a sus enseñanzas en Colonia. En 1260 el Papa Alejandro IV le nombra obispo de Ratisbona, cerca de Salzburgo, diócesis que se encontraba en un estado deplorable tanto económica como espiritualmente. Durante los dos años siguientes recorrió a pie su distrito (le llamaban *episcopus cum bottis*), introduciendo numerosas reformas que mejoran ostensiblemente su situación. Cuando considera que ha conseguido poner en orden la diócesis viaja hasta Roma, donde renuncia a su cargo de obispo. Permanece en la curia papal y luego es enviado a predicar la Cruzada en los territorios de habla alemana, lo que hace hasta 1264 viajando a pie. Los años siguientes transcurren con diversas tareas eclesíásticas, y en 1274, recibe la noticia de la muerte de su antiguo alumno Tomás de Aquino. Se cree que en 1277 viaja a París a defender la doctrina de Aquino, que estaba siendo cuestionada. Muere el 15 de noviembre de 1280 en Colonia, ciudad en la que permanece enterrado en la iglesia de san Andrés (**Fig. 1**).



Figura 1: Iglesia de san Andrés, en Colonia (izda.), en cuya cripta se encuentra el sepulcro de san Alberto Magno (dcha). Fotos tomadas de www.europaenfotos.com (izda.) y laici.op.org (dcha.).

Obra científica

Como hemos visto, la larga vida de Alberto de Colonia no fue precisamente reposada: continuamente se encontraba viajando por Europa por motivos de su pertenencia a la orden dominica, que se ocupaba de la reevangelización del continente junto con la orden franciscana. Podría pensarse que tanto movimiento, acompañado de las pertinentes ocupaciones docentes y eclesíásticas, dejaría poco tiempo para la investigación o el pensamiento filosófico. Nada más lejos de la realidad en este caso, puesto que la compilación de todos los escritos dejados por Alberto ha dado lugar a 41 volúmenes (*Opera Omnia Alberti Magni*, con edición digital disponible en www.albertus-magnus-online.de), abarcando prácticamente todos los campos del saber de la época:

metafísica, química, física, astronomía, filosofía, etc. Quizá fuera entonces la pertenencia a la orden dominica la que hizo posible que san Alberto nos legara tan extensa obra, puesto que le permitió conocer múltiples ámbitos geográficos y climáticos, observar su influencia sobre diversas criaturas y, en definitiva, convertirse en un *biólogo de bota*, sumamente observador y entusiasta.

Puede que la mayor innovación de san Alberto, que representó un gran avance para su época, consistió en postular que la observación de la naturaleza es un método científico. Hasta el siglo XII la aproximación a la naturaleza era mística, con la intención de descubrir en el orden visible del cosmos los vestigios y las imágenes del Dios invisible, buscando por tanto que el alma y corazón del hombre se eleven hacia Dios. En otras palabras, el mundo mostraría su belleza para revelar, a través de ella, la belleza de Dios. En esta concepción platónica, la exploración del mundo se lleva a cabo mediante el mito y el símbolo. La ruptura con este modelo se da en el siglo XIII, con el conocimiento del modelo aristotélico. Durante toda su vida Alberto trata de introducir el conocimiento de Aristóteles en sus enseñanzas, y la mayoría de sus escritos son comentarios a las obras aristotélicas, siempre añadiendo notas y conclusiones de su autoría. Por ello abandona el modelo platónico en el que los principios teóricos se alcanzan de manera filosófica y lo sustituye por otro en que los principios teóricos tienen su base en la observación y la experimentación.

Para Alberto, la ciencia natural estudia los cuerpos sujetos a cambio. Todo cuerpo es susceptible de ser cambiado cuando está en contacto con un



Figura 2: Monumento a San Alberto Magno en la Universidad de Colonia. Foto: Wikipedia.

agente, pudiendo sufrir cambios de lugar, de cualidad y de cantidad. En todo caso, se buscará la causa de estos cambios observando el conjunto de estos cuerpos y no uno solo, procediendo desde lo general hasta lo específico, ya que no se dispone de cuerpos solitarios y aislados, sino de un sistema global de cuerpos. Hay que recordar además que desde la antigua Grecia se aceptaba la teoría de los cuatro elementos o raíces, es decir, que todos los seres se componen de una mezcla en diferentes proporciones de aire, agua, fuego y tierra. Veremos a continuación algunas aportaciones de san Alberto a las ciencias naturales, centrándonos en la mineralogía, la botánica y la zoología.

Mineralogía

San Alberto es considerado uno de los pioneros de la mineralogía, puesto que recopiló información del conjunto de piedras y minerales, clasificando más de un centenar sin tener una tradición previa o autoridades en la materia a quienes poder acudir.

En los cinco libros dedicados a los minerales (*De Mineralibus*) expone que no son seres vivos y no tienen alma, estando compuestos de los cuatro elementos: aire, tierra, fuego y agua. En su estudio, las piedras son las primeras en ser investigadas, ya que están compuestas de tierra y agua, y por ello no pueden fundirse. Algunas, como el cuarzo, serían formadas por congelación del agua. Las piedras se originarían por causa de un “poder mineralizador”, y las características particulares de cada piedra dependen no solo de los elementos que la constituyen, sino también de una “fermentación” que le da sus cualidades particulares.

Tras ellas irían los metales, con propiedades diferentes a las de las piedras, como ser maleables y fusibles. Dichas propiedades surgen de la mezcla de azogue y azufre en la combinación de los cuatro elementos. Finalmente se encontrarían las sustancias intermedias entre piedras y metales. Para obtener información sobre metales y sustancias intermedias san Alberto se pone en contacto con mineros o incluso con alquimistas, que junto con observaciones propias formarían la fuente de su conocimiento de la mineralogía.

Además, san Alberto fue el primer occidental en hacer referencia a los fósiles, aplicando las teorías del filósofo persa Avicena, como podemos leer en esta cita de la obra *De Mineralibus* (libro I, capítulo 8):

“Parece maravilloso a cualquiera que a veces las piedras tengan figuras animales interna y externamente. Externamente presentan su silueta y, cuando se rompen, las formas de los órganos internos se encuentran en su interior. Y Avicena afirma que la causa de esto es que los animales, tal como son, a veces son transformados en piedras, y especialmente en piedras salinas. Porque, como él dice que Tierra y Agua son los elementos de las piedras, también los animales son material para las piedras. Y en los lugares donde existe el poder mineralizador, se cambian a sus elementos y son atacados por las propiedades de las cualidades (calor, frío, humedad o sequedad) que estén presentes en estos lugares, y los elementos en los cuerpos de los animales son sustituidos por el elemento dominante, la Tierra mezclada con Agua; y entonces el poder mineralizador convierte la mezcla en piedra, y las partes del

cuerpo retienen su forma, dentro y fuera, de igual manera que eran antes.

Plantas

Para San Alberto la botánica era una de las ciencias de la vida. Estas ciencias se ocuparían de los organismos que presentan las propiedades de los seres vivos, que serían (ordenándolos de mayor a menor correspondencia) los hombres, los animales y las plantas. Aunque estas últimas estarían más cerca de los minerales que de los animales, por la homogeneidad general que presentan.

San Alberto escribe una serie de siete libros titulados *De Vegetalibus* a mediados del siglo XIII, antes de ser obispo de Ratisbona. Los cinco primeros libros son teóricos, siendo el primero y el cuarto los comentarios de la obra *De Plantis* de Nicolás Damasco (aunque atribuida a Aristóteles). El libro sexto se dedicaba a la terapéutica y la distinción entre diversas especies, y el séptimo a la agricultura y la jardinería. Como fuentes, además de tratados de Plinio, san Isidoro, herbolarios medievales o el pensamiento árabe, confía en la propia experiencia, tanto de observaciones realizadas en sus viajes como de diversos experimentos, como los realizados con injertos.

¿Cómo se definen, entonces, las plantas? Las plantas son tal como son por poseer el alma vegetal. El alma vegetal posee tres funciones: nutritiva, aumentativa y generativa. Además, ejerce su función a través de los diversos órganos de las plantas: hojas, raíces, tallos, etc. Pero aunque todos los organismos vivos que no pueden moverse por sí mismos poseen alma vegetal, no todos son plantas en igual grado. San Alberto las divide en 5 grupos, que de mayor a menor perfección vegetal, serían: *arbores, frutices, olera, herbae et fungi*. Las plantas perfectas son aquellas que nacen de semillas, a diferencia de las precarias. Dentro de las perfectas, se ordenarían por la dureza que presentan, siendo duros los árboles y arbustos, y blandas las hierbas y matas. Las imperfectas serían los hongos y las “lanas” (líquenes y musgos), que a pesar de presentar la virtud nutritiva y la aumentativa, carecen de la virtud generativa. Puede que alguno de estos caracteres nos parezca secundario en la actualidad

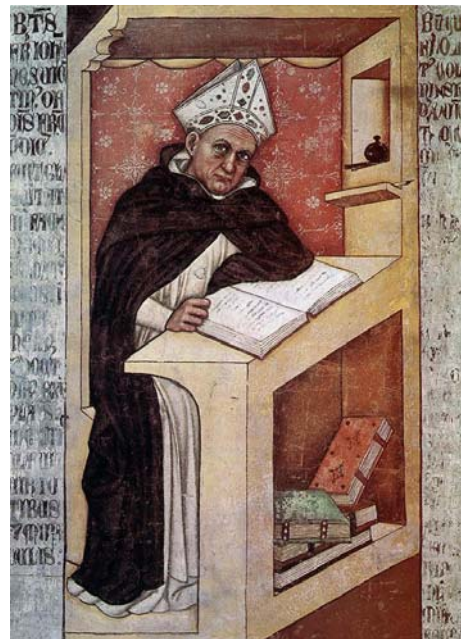


Figura 3. Imagen de san Alberto Magno en un fresco del convento de san Nicolás, en Treviso (Italia), pintado en 1352 por Tommaso da Modena.

(como la dureza), pero esta clasificación se basa en caracteres morfológicos, y no en otras propiedades más arbitrarias.

Se fija también en la anatomía de las plantas, y distingue partes constitutivas, como el *succus* (humor atraído por las raíces, a través de sus poros, para alimentar todas las partes de la planta) y partes actuales, que pueden cumplir la misión del transporte de la nutrición o de reservorio del jugo nutricio. La raíz juega un papel capital en el transporte del alimento, puesto que en ella se dispone la boca de la planta. Participan también las venas, ascendentes o radiales, que tienen suficiente consistencia para transportar el jugo nutricio pero carecen de pulsatilidad. Además de raíz y venas, en el tallo o tronco la parte más interna, llamada médula, también sería una vía de transporte desde la raíz hasta el resto de la planta. Por fuera del tronco, la corteza sería el equivalente de la piel de los animales, recubriendo y protegiendo el cuerpo de la planta. Las hojas, en cambio, deben su formación a las excrecencias de jugo nutricio sobrante, teniendo una función defensiva frente a lesiones y a las inclemencias del sol.

Animales

Ya Aristóteles reconoció la necesidad de investigar de forma científica el reino animal. Los animales, además de poseer las actividades nutritivas, aumentativas y generativas que ya aparecen en las plantas, presentan movimiento local y sensibilidad. No obstante, Aristóteles no logra sustraerse totalmente del ambiente mitológico de la antigua Grecia y aún oscila entre un estudio zoológico auténtico y la creencia en diversos mitos y leyendas de seres abominables y extraños.

En el medievo, sin embargo, se preferían los estudios que daban al reino animal diversas virtudes, con historias que contribuyeran a la moral y el pensamiento cristianos. Era muy famosa la obra *Physiologus*, redactada por un autor griego anónimo, que incluía siempre intenciones moralizantes en las descripciones de diversos seres. Por ejemplo, era conocido el hábito del castor de auto-castrarse para evitar su captura, representando la necesidad del hombre de no caer en la tentación de la carne. Además, en la Biblia aparecen numerosos animales que encarnan diversas condiciones humanas. Por ejemplo, la serpiente simbolizaría la tentación y el mal, enseñando además que el pecado viene dado por decisiones libres del ser humano. Las ovejas acompañan al pastor, obediéndole, representando así los cristianos que obedecen a Jesucristo, el Buen Pastor y reciben de él sus beneficios (buenos pastos, alojamiento, protección frente a peligros, etc.).

Frente a esta visión moralizante, san Alberto pretende hacer un estudio zoológico completo, tratando de anteponer, como siempre, la propia observación y experimentación a los mitos y leyendas de la época. Así, pretende aunar los estudios de Aristóteles y otros autores (san Isidoro, Avicena, etc.) con sus propias observaciones, abandonando las antiguas mitologías y demostrando numerosas inconsistencias. San Alberto reúne su estudio sobre el reino animal en la obra *De animalibus*, redactada entre 1256 y 1268 aproximadamente. En ella niega muchas afirmaciones populares, como la de que existe una especie de gansos que crecen en los árboles, como si fueran manzanas, y caen de ellos cuando están maduros; que el pelicano rasga su pecho con su pico para alimentar a sus polluelos (**Fig. 4**); que una especie de águila marina tenga en el lado derecho una pata con garras y en el izquierdo una aleta; que el ave fénix pueda renacer de sus cenizas; que el avestruz coma hierro, puesto que él mismo se lo ofreció y el ave no lo aceptó; y rechaza afirmaciones del mismo Aristóteles, como que los cocodrilos solo mueven la mandíbula superior, puesto que él mismo pudo ver cómo mueven también la inferior.



Figura 4. Representación de un pelicano rasgando su pecho para alimentar a sus polluelos, sita en el castillo de Malbork (Polonia).

De animalibus consta de 26 libros, de los cuales se pueden hacer 3 grupos. Los libros I-XIX comentan las fuentes aristotélicas que tratan de zoología; los libros XX y XXI son comentarios de san Alberto a la cuestión; y por último, en los libros XXII a XXVI se presenta una auténtica enciclopedia zoológica, estudiando los hábitos de diversos animales, su alimentación más propicia, biología y anatomía animal, incluso qué enfermedades les afectaban y los mejores métodos para curarles.

La gran cantidad de viajes que realizó a lo largo de su vida y su gran capacidad de observación le llevan a redactar una completa guía de la fauna europea de la época, dando por primera vez nombre común en alemán a numerosas especies. Relaciona también la morfología de los animales con la geografía, siendo el primero que plantea que el color de los animales depende del clima en el que viven; descubre cómo cambia el color de las ardillas, siendo diferente en Rusia que en Alemania; ve que los cuervos presentan diferente color según estén en hábitats fríos o calidos, y predice que los animales polares tendrán colores más claros y pieles más gruesas. Describió también el

acoplamiento de varios insectos, disecó sus órganos genitales, su sistema nervioso, y se inició en la embriología comparada de peces y mamíferos.

Uno de los aspectos preponderantes en la obra es la reproducción, dividiendo a los animales en 7 grupos diferentes: vivíparos, ovíparos que producen huevos perfectos, ovíparos que producen huevos imperfectos, especies mezcla de vivíparos y ovíparos, especies que producen un huevo prematuro o larva, especies que producen un humor viscoso y especies que nacen por generación espontánea. Por otro lado, clasifica también a los animales en función de su modelo anatómico, diferenciando los animales que pueden volar (*volatilia*), los que pueden nadar (*natatilia*), los que caminan (*gressibilia*) y los reptantes (*reptilia*); dentro de cada uno de ellos, además, diferencia más subgrupos según su morfología, como cefalópodos, cangrejos, mariscos, erizos, anémonas y estrellas de mar, medusas, esponjas y poliquetos dentro de los acuáticos o *natatilia*.

Además, en el tratado albertino se incluyen diversos métodos de caza de muchos animales, como el uso de arpones para cazar ballenas, redes para atrapar faisanes o el uso de aves rapaces para cazar.

Como un escalón superior al de las plantas y al de los animales se presenta al hombre, perteneciente al grupo de los animales caminadores. Éste, además de poseer las funciones de nutrición, crecimiento y generación (como las plantas), y de presentar movimiento local y sensibilidad (como los animales), tiene capacidad cognoscitiva, que se desarrolla a través de los sentidos y el entendimiento.

Nuevamente, se postula que cada animal, incluido el hombre, está formado por diferentes proporciones de los cuatro elementos. En el caso de los animales, el elemento que predomina en su constitución determina también su hábitat. Así, las aves se componen principalmente de aire y viven en él, los peces de agua (donde viven) y los animales caminadores de tierra, en la que viven.

Conclusión

Desde estas páginas hemos querido acercarnos a la figura de san Alberto Magno, lejana en el tiempo, ya que tenemos que remontarnos más de 700 años, pero a la vez cercana, no solo por ser el patrón de las ciencias de la vida, sino por haber sido una auténtica revolución científica en su tiempo, anteponiendo la observación y la experimentación a los conocimientos previos (que no siempre resultan ser ciertos). Ha resultado complicado resumir en estas pocas páginas la amplitud de las obras de este científico, aún ignorando otras facetas también cultivadas por este *Doctor Universalis*, como la astronomía, la alquimia, la metafísica o la teología.

Bibliografía

- San Alberto Magno (1261-1263) De mineralibus. Libro I, capítulo 8. Traducido al inglés por D. Wyckoff. 1967. Tomado de <http://www.todayinsci.com/A/AlbertusMagnus/AlbertusMagnus-Quotations.htm>
- Gómez Gutiérrez, A. 2002. Del macroscopio al microscopio: historia de la medicina científica. Instituto de Genética Humana, Facultad de Medicina Pontificia Universidad Javierana y Academia Nacional de Medicina. 1ª Edición. pp 113-114.
- Paz Lima, J. 2009. La doctrina zoológica en la obra de san Alberto Magno. STVDIVM, revista de Humanidades 15:29-51.
- Pérez de Laborda, A. 2005. Estudios filosóficos de historia de la Ciencia. Ediciones Encuentro, S.A., pp. 185-248.
- Teresi, D. 2004. Los grandes descubrimientos perdidos; las antiguas raíces de la ciencia, desde Babilonia hasta los mayas. Ed. Crítica (Barcelona). Pag 246.
- Valderas, J.M. 1987. Anatomía Vegetal en san Alberto Magno. Collect. Bot. 17:125-134.
- Valderas, J.M. 1998. Los conceptos de planta, función y diversidad vegetales en los escritos biológicos de san Alberto Magno (c. 1200-1280). Asclepio, revista de Historia de la Medicina y de las Ciencias. Volumen 40:167-186. <http://plato.stanford.edu/entries/albert-great/> Enciclopedia de la Filosofía de Stanford.
- http://nibiryukov.narod.ru/nb_pinacoteca/nbe_pinacoteca_philosophers_a.htm



Ana Alonso Simón es licenciada en Biología (2001) y Doctora (2007) por la Universidad de León. Durante la realización de su tesis doctoral ha realizado estancias en la Universidad de Kioto (Japón), y más tarde ha trabajado como investigadora post-doctoral en la Universidad de Copenhague (Dinamarca). Ha participado en numerosos proyectos de investigación y es autora de una docena de publicaciones en revistas internacionales. En la actualidad es profesora asociada en el área de Fisiología Vegetal de la Universidad de León. Es miembro del Consejo de Redacción de la Revista AmbioCiencias desde su fundación.

MI PROYECTO DE TESIS

Caracterización de propolis de Castilla y León: estudio palinológico y de compuestos de interés funcional.

Félix Adanero Jorge

Área de Botánica. Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental. Universidad de León.

Área de Nutrición y Bromatología. Departamento de Higiene y Tecnología de Alimentos. Universidad de León.

propoleos@hotmail.com

En 1992, un amigo y aficionado apicultor de Nieva (Segovia), Lauro, me habló de un producto de la colmena llamado “propolis”, despertando en mí un gran interés hacia este tema. En el año 2000 realice el curso de “Diplomado de Sanidad” en Soria, donde presenté el trabajo de recopilación bibliográfica titulado “Una posible alternativa al abuso de antibióticos: el propóleo”. En 2004 comencé los cursos de doctorado en la Universidad Complutense de Madrid y para obtener la Suficiencia Investigadora continué con su estudio presentando el trabajo de investigación “Estudio de diversos parámetros del propolis para su caracterización”. Finalmente en el año 2011 y para poder concluir los estudios de doctorado inscribí una tesis sobre propolis en la Universidad de León, bajo la dirección de las Dras Rosa M^a Valencia Barrera, del Dpto. de Biodiversidad y Gestión Ambiental, y M^a Camino García Fernández, del Dpto. de Higiene y Tecnología de Alimentos.

Junto a la miel, la jalea real y el polen, el propolis es uno más de los productos apícolas que se extraen de la colmena. El Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua define los propóleos (Del lat. *propoleos*, genit. de propolis) como “*sustancias céreas con que las abejas bañan la colmena o los vasos antes de empezar a obrar*”.

Siendo más preciso, se puede decir que el propolis consiste en una mezcla de sustancias de diversa naturaleza que varían en función de su procedencia y origen: resinas y bálsamos (40-60 %), ceras (30-40 %), aceites volátiles: esenciales y aromáticos (5-10 %), polen (5 %), compuestos fenólicos: flavonoides y cumarinas, entre otros, además de ácidos fenólicos (benzoico, cafeico, ferúlico, cinámico, cumárico, etc.), minerales: Pb, Ni, Ag, Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn (5 %), vitaminas (provitamina A, B₃) e impurezas mecánicas (10-

30 %). Los compuestos fenólicos, flavonoides en particular, y algunos aceites esenciales son los responsables de la mayoría de las propiedades farmacológicas que se le atribuyen: anestésicas, antitumorales, antibióticas, antiinflamatorias, antioxidantes, antiparasitarias, antipsoriásicas, antivirales, cicatrizantes, fungicidas, vasoprotectoras y fitoinhedoras, entre otras, confiriéndole aplicaciones en veterinaria, clínica, agricultura, alimentación o cosmética (Caballero, 1990; Woisky, 1996; Jean-Prost, 2010).

Su presencia en la colmena se debe a la recolección de resinas y otros exudados de yemas (de chopos, sauces, castaños, abetos, abedules, etc.), ramas y cortezas de diversas especies vegetales (pinos, jaras, diversas plantas aromáticas, etc.) por las abejas pecoreadoras de propolis, que transportan y depositan en ciertos lugares específicos de la colmena con la ayuda de otras obreras. Estos compuestos se utilizan a modo de cemento o masilla biodefensiva como material de construcción y reparación de la colmena, con el fin de mantenerla firme y segura, puesto que actúa como aislante térmico, acústico y microbiológico (Jean-Prost, 2010).

Las características organolépticas de los propóleos dependen del origen botánico y de su grado de frescura y conservación. La textura se puede ver afectada por la temperatura, reblandeciéndose con el calor (30°C) y mostrándose quebradizos con el frío ($T^a < 15^{\circ}\text{C}$). Su olor es fuertemente penetrante, balsámico, agradable y dulzón; de sabor variable, desde suave o balsámico a fuerte o picante; muestra un color particular según su procedencia botánica: amarillento, rojizo, verdoso o negruzco (Norma IRAM 15935) (Root, 1984).



Figura 1. Propolis rojo en cuadros de una colmena de Burgos.

A pesar de que el propolis fue utilizado desde la antigüedad, su uso no había sido autorizado en la sanidad de ningún país hasta fechas relativamente recientes. Diríamos que sus beneficios y empleo por el hombre fueron transmitidos de generación en generación de una manera casi folklórica, como una sustancia beneficiosa para la salud. En el año 1969 salió a la venta el primer producto con propolis aprobado en el mundo, y a partir de ese año, el interés por legalizar el propolis, en sus diferentes usos y presentaciones, se fue extendiendo a prácticamente todos los países. Entre los primeros productos autorizados en ese año, varios fueron de origen ruso: *Propolin*, *Propalan*, *Vajva* y *Meta*.

En España, su consumo ha aumentado considerablemente al demandarse productos más naturales, menos químicos, con menor contenido en aditivos, o incluso productos ecológicos, siendo todos ellos habituales en tiendas de herbodietética; hasta tal punto que grandes multinacionales lo han incorporado en su línea habitual, sacando al mercado nuevos productos con propolis, como es el caso de la multinacional farmacéutica Bayer, Pastillas Juanola o Colgate. Ante este consumo, España ha de importarlo de otros países (China, Argentina, Cuba o Italia), ya que la producción propia es más bien escasa, a pesar de ser un producto cuyo coste ronda los 80-120 €/Kg de propolis bruto.

En la actualidad son numerosos los trabajos de investigación que avalan la eficacia del propolis en diferentes campos y muestran resultados sorprendentes e innovadores, no solo en el campo de la Medicina sino también en alimentación, agricultura o veterinaria (Pinto et al., 2001; Gekker et al., 2005; Cortés, 2008; Pastor et al., 2010; Andrade et al., 2011). Estos estudios se han enfocado principalmente al análisis de compuestos bioactivos (flavonoides, CAPE, Artepillina C, ácidos fenólicos, Propolin G o H, etc.), a la realización de ensayos clínicos (o en animales) para demostrar su eficacia como antioxidante, antifúngico, cicatrizante, antitumoral, antiinflamatorio, antibacteriano y antidiabetogénico. En alimentación y tecnología del envasado se ha empleado para aumentar la vida útil del alimento, así como se han seguido investigando diversas técnicas de análisis y extracción de compuestos, desarrollando nuevas formulaciones en el campo de la Galénica con la introducción de técnicas de nanoencapsulación. También se ha estudiado su composición química y aplicabilidad, teniendo en cuenta su origen geográfico.

Sin embargo, las publicaciones relacionadas con la palinología son escasas, destacando autores como Ricciardelli y Barth, que estudiaron la cantidad de polen en el propolis durante los años 1979 y 1998 respectivamente, con el fin de determinar su origen geográfico y botánico.

Respecto al marco legal, prácticamente en todos los países, o al menos en los más desarrollados económicamente, el propolis está legalizado para el consumo humano. En algunos casos (Suiza, Alemania) como producto medicinal, en otros (Austria, España, Francia, Japón, Taiwán, Corea, EEUU) como producto alimenticio; también hay países donde únicamente está legalizado para su uso dermatológico o cosmético.

El auge de su consumo en la población española, su escasa actividad de recolección en el sector apícola y el elevado valor añadido, junto a la ausencia de normativa específica y estudios sobre su composición y aplicabilidad en Castilla y León, nos ha hecho plantear este estudio descriptivo. Con ello queremos revalorizar “el propolis” dentro del sector apícola, evitar fraudes, contaminación o deterioro, establecer una caracterización de identidad y pureza relacionados con su origen botánico y geográfico, y dilucidar en base a su componentes bioactivos, alguna de sus propiedades.

Por lo tanto, con este proyecto de memoria doctoral pretendemos realizar un estudio dentro de la comunidad autónoma de Castilla y León para delimitar el origen botánico y geográfico de propolis, definir la relación del contenido en compuestos polifenólicos/actividad y establecer certificaciones y estándares de calidad que permitan darle un valor añadido.

A nivel más específico, revisando la legislación vigente de países que lo regulan (China, Rusia, Argentina, Brasil), se pretende describir sus características sensoriales (aroma, color, sabor, textura), analizar el contenido en polen y esporas (**Fig. 2**), así como de algunos parámetros de calidad (cenizas totales, ceras, impurezas mecánicas, polifenoles y flavonoides).

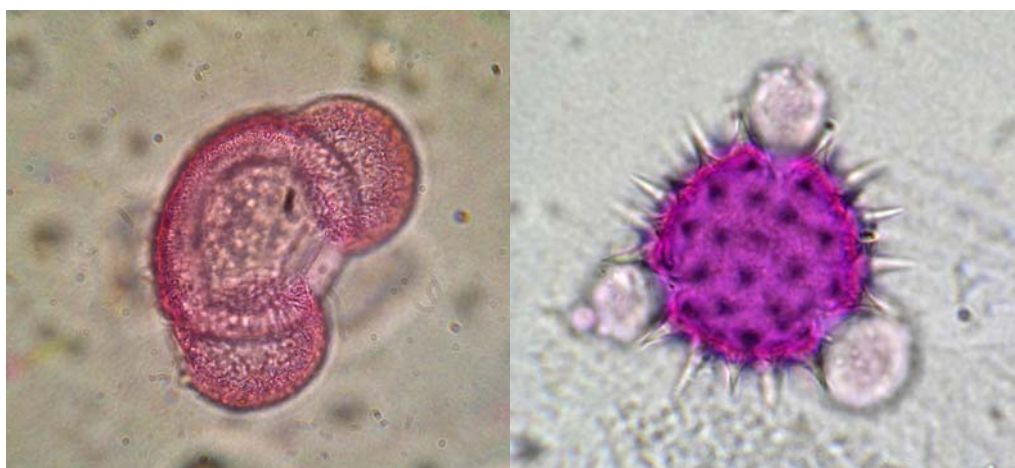


Figura 2. Grano de polen de *Pinus* sp. (izquierda) y de *Helianthus* sp. (derecha).

Para llevar a cabo nuestro estudio, contamos con la colaboración de unos 70 apicultores de las nueve provincias, los cuales nos proporcionarán unas 160 muestras de propolis, recogidos a partir de rejillas plásticas colocadas en la colmena a tal efecto (**Fig. 3**). El análisis palinológico se realizará en el Laboratorio del Área de Botánica del Dpto. de Biodiversidad y Gestión Ambiental; y las determinaciones físico-químicas en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de León (ICTAL).

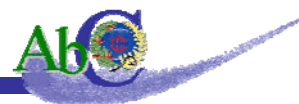


Figura 3. Rejilla plástica de recogida de propolis

Por último, con el fin de mantener informados a todos los colaboradores e interesados, se ha abierto un blog en internet, el cual se actualizará puntualmente con imágenes, opiniones e incluso resultados parciales obtenidos de algunas de las muestras que se vayan analizando; la dirección de acceso es: <http://propoliscyl.blogspot.com>

Bibliografía

- Andrade, A., et al. 2011. In vivo antitumoural activity and composition of an oil extract of Brazilian propolis. *Food Chemistry*. 126:1239-1245.
- Caballero, F. 1990. Diez temas sobre apicultura. Ed. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid.
- Cortés, J. 2008. Evaluación del efecto de extractos etanólicos de própolis sobre el control de *Alternaria solani* en cultivo ecológico de tomate (*Solanum lycopersicum*.). Trabajo final de carrera. I.T.A. Escola Superior d'Agricultura de Barcelona.
- Gekker, G., Hu, H., Spivak, M., Lokensgard, J. R. y Peterson, P. K. 2005. Anti-HIV-1 activity of propolis in CD4⁺ lymphocyte and microglial cell cultures. *Journal of Ethnopharmacology*. 102:158-163.
- Jean-Proust, P. 2010. Apicultura. 4^a ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.



- Norma IRAM 15935. 2000. Instituto Argentino de Normalización.
- Pastor, C., Sánchez-González, L., Cháfer, M., Chiralt, A., González-Martínez, C. 2010. Physical and antifungal properties of hydroxypropylmethylcellulose based films containing propolis as affected by moisture content. *Carbohydrate Polymers*. 82:1174-1183.
- Pérez, C., Jimeno, F. 1987. El propóleo de las abejas. Ed. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid.
- Philippe, J. M. 1990. Guía del apicultor. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Pinto, M. S., Faria, J. E., Message, D., Cassini, S. T. A., Pereira, C. S., Gioso, M. M. 2001. Efeito de extratos de própolis verde sobre bactérias patogênicas isoladas do leite de vacas com mastite. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. São Paulo, v. 38, n. 6, p. 278-283.
- Ricciardelli, G. 1979. L'Origine géographique de la propolis. *Apidologie*. 10:241-267.
- Root, A. I. 1984. ABC y XYZ de la apicultura. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- Sforcin, J. M., Bankova, V. 2011. Propolis: Is there for the development of new drugs? *Journal of Ethnopharmacology*. 133:253-260.
- Woisky, R. G. 1996. Métodos de controle químico de amostras de propolis. Grau de MESTRE. Universidade de São Paulo. São Paulo. Brasil.

AMBIOLOGOS DE AQUÍ

Trabajando en la frontera

Ana Martínez Fernández.

Directora-conservadora del Parque Natural de Arribes del Duero (Salamanca-Zamora).

Cuando en Junio de 1981 yo era una de las licenciadas de aquella primera promoción de Biología en la recién estrenada Universidad de León, no me hubiera podido imaginar que acabaría compartiendo con otro país, en este caso Portugal, la tarea de gestionar un territorio protegido, ya que eso es lo que hago actualmente desde la Administración de la Comunidad de Castilla y León, como responsable de la dirección del Parque Natural de Arribes del Duero (Salamanca-Zamora).

Pero hasta aquí, ha pasado mucho tiempo...

Mi ligazón a la Universidad de León fue muy intensa durante años y comenzó al poco de acabar la carrera. En 1983 presenté la Tesina de Licenciatura y luego con una beca de la Diputación de León empecé la Tesis Doctoral que leí en 1993. Al año siguiente, en 1994, aprobé (a la tercera) las oposiciones de la Junta de Castilla y León al Cuerpo Facultativo de Biólogos, donde estábamos (y seguimos estando) muy pocos.

Durante los más de doce años que pasan entre una fecha y otra, me mantuve entre la Cordillera Cantábrica, “persiguiendo” urogallos, y la meseta (Palencia-Valladolid), participando también en dos empresas. Una de ellas, relacionada con temas de medio ambiente y educación ambiental, me introdujo de lleno en la Administración Pública al trabajar bajo su tutela con proyectos



La autora del artículo en Fariza (Zamora).

relacionados con estos temas, con lo que me familiaricé con el farragoso mundo de la normativa medioambiental y de los trámites administrativos.

Llegar a trabajar con la Administración fue ver la otra cara de la moneda... e intentar comprender a “aquel ente” con el que siempre estábamos “lidiando”, entre otras cosas, por los permisos de investigación durante la época de la Tesis.

Mi primer destino fue Zamora, en la Sección de Espacios Naturales y Especies Protegidas, una provincia que me era muy familiar por las salidas camperas a las estepas y lagunas de Villafáfila del grupo de prácticas de cordados y ecología, con Pancho Purroy, Rafa Garnica, Tanis, Vicente Ena..., para contar gansos o controlar las “ruedas” de las avutardas, incluso buscar con José M^a Salgado, los coleópteros que vivían en las condiciones más extremas de las praderas salitrosas... Por eso cuando llegué, todo fue como si hubiera estado muy cerca de estos paisajes desde siempre.

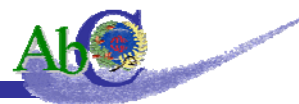
Y en ellos empecé a curtirme como profesional, no solo como bióloga. Siempre he pensado que “diversificarse” ayuda a formarte de verdad... y en mi caso siempre ha sido así. He tenido la suerte de poder hacer muchas cosas, de “tocar muchos palos” y muchos temas relacionados con la planificación y gestión del territorio, la bioecología, la participación pública, la recuperación del patrimonio cultural... Realmente, no soy experta en nada, simplemente he tenido la necesidad de resolver y la oportunidad de trabajar con mucha gente,



La autora en un programa de anillamiento de águila perdicera.

de profesiones muy diferentes, que me han aportado sus puntos de vista, sus conocimientos y capacidades, su ilusión... en definitiva, que me han enriquecido.

En aquella primera época de mi trabajo como técnico de la Sección de Espacios Naturales y Especies Protegidas, se desarrollaba la Ley 8/91 de Espacios Naturales de Castilla y León, estando ya iniciados los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales de Villafáfila y Arribes del Duero, así como un Plan de Uso Público para el Parque Natural del Lago de Sanabria. Y en todo ello tuve la



suerte de colaborar, junto con empresas externas (multidisciplinares) que hacían una buena parte del trabajo. Después vendrían los Proyectos LIFE-Naturaleza, dos de ellos con avutarda para recuperar la alfalfa de secano y otro con cigüeña negra y águila perdicera, ya ligado a Arribes del Duero.

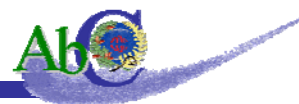
Mi plaza fue provisional durante años y después me asignaron una plaza definitiva en Soria (de investigación), pero la fortuna de una *comisión de servicios* me permitió quedarme en Zamora, ligada de nuevo a los espacios y especies protegidas. Un puesto de investigación parecía una buena oportunidad para dar continuidad a mi formación universitaria y por un tiempo tuve la duda de haber decidido bien (siempre me pasa) dado que la alternativa era un trabajo más aplicado a la gestión del territorio, “más guerrero”... pero que realmente me gustaba hacer. Y no me he arrepentido.

A final de 2002, cuando ya se había declarado el Parque Natural de Arribes del Duero, me proponen ser su Directora-conservadora, lo cual supuso un verdadero reto, dado que es uno de los espacios protegidos de Castilla y León más extensos y complejos, al estar compartido entre dos provincias (Salamanca y Zamora) y además siendo frontera en más de 120 Km con otro Parque Natural, el del Douro Internacional en Portugal. Pues eso, una locura. Reconozco que los primeros años fueron muy duros, pues los comienzos siempre lo son y no siempre por problemas externos, sino porque la estructura administrativa no está preparada para una gestión que en muchos casos traspasa los límites territoriales habituales (frontera provincial, frontera nacional...) y se acaba discutiendo por temas relacionados más con la gestión administrativa que con la conservación.

Las fronteras parecen llevar implícito el conflicto ya que nunca se sabe con qué lado quedarse, sobre todo cuando no es necesario elegir; esta complejidad es la que realmente hace atractivo el trabajo.

En la Administración Pública, he conocido personas que han sabido sacar partido a las habilidades individuales, independientemente de cuál fuera su formación académica y otras que, enarbolando la bandera del corporativismo niegan otros puntos de vista tan enriquecedores como lícitos. Para mí, profesionalmente, la dirección de Arribes ha sido un “regalo”, pues he tenido la posibilidad de trabajar con un verdadero equipo “multidisciplinar” y aplicar aquello de que “nadie nace aprendido”, lo cual es muy gratificante.

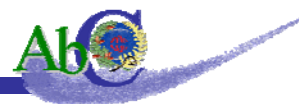
Pero ahora que la crisis económica es la excusa perfecta para limitar toda inversión anterior y tirar por tierra proyectos o promesas, se pone en peligro a los profesionales (muchos de ellos colegas nuestros), que optaron por un modelo empresarial para dar asistencia técnica (imprescindible) a nuestro trabajo de gestores. Y tampoco se salva el otro potencial humano que con contratos consecutivos ha ido poniendo juventud y trabajo a unos años faltos de



“función pública”, pues son técnicos contratados (biólogos, licenciados en ciencias ambientales, ingenieros forestales, geógrafos, etc.) que están abocados a irse a la calle después de más de diez años (en muchos casos) trabajando para la Administración de Castilla y León, donde también se han formado. Ambos (empresas y técnicos contratados) son parte de los equipos con lo que se ha conseguido abordar la gestión medioambiental en muchos de sus ámbitos, volcados en un trabajo ilusionante y muchas veces sin horarios. Entre ellos está el equipo de Arribes del Duero.

He compartido estos casi nueve años en la dirección del Parque Natural con un grupo excepcional de personas. Algunos, como Victor Casas o Patxi Martínez, colegas biólogos, empresarios pioneros en los arribes zamoranos, han sido de gran ayuda. Personas imprescindibles, con muchas “ganas” y muchos retos. Todo ello unido a una disponibilidad presupuestaria buena, nos ha permitido ir armando un Espacio Natural, aprendiendo cómo transmitir a los habitantes de una zona marginal la idea de que la gestión de los territorios protegidos puede servir para algo. Y cuando casi habíamos entendido cómo se puede conseguir, cuando tanta gente había apostado por ello, quizá tengamos que partir de cero (...de nuevo). Sin duda habrá que cuestionar los errores cometidos, las prioridades, quizá el modelo de gestión..., todo lo necesario para seguir trabajando en esta hermosa frontera, donde la biodiversidad “casi” no tiene límites.

En Zamora-Salamanca, a 26 de Octubre de 2011.



DE TODO UN POCO

Noticias de la Facultad

En mayo de 2011 se recibió notificación de la Agencia de Calidad del Sistema Universitario de Castilla y León (ACSUCYL) valorando positivamente los autoinformes de seguimiento (curso 2009-2010) de los títulos de Grado en Biología, Ciencias Ambientales y Biotecnología, así como del Master Universitario en Metodología de Investigación en Biología Fundamental y Biomedicina. Desde estas páginas, el equipo decanal quiere agradecer a todos los agentes implicados en la implantación de los títulos de Grado su colaboración en esta labor.

La Asociación Cultural BIOMA, fundada por los estudiantes de Biología de León en abril de 2010 con el fin de divulgar y apoyar la formación y la investigación en las Ciencias Biológicas, fue registrada con fecha 3 de febrero de 2011 en el registro de Asociaciones de la Delegación Territorial, con número 4322 de la sección primera, y ámbito de actuación provincial.

Congresos, reuniones y otras actividades

La Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales (FCCBA), la Asociación de Biotecnólogos de León (ABLE) y la Fundación General de la Universidad de León y de la empresa (Fgulem), organizaron por primera vez este año las jornadas **“Y después ¿qué?”**. Su objetivo fue dar a conocer a los estudiantes de los últimos cursos las diferentes salidas profesionales que tienen una vez finalizados sus estudios, y proporcionarles herramientas y capacidades que supongan ventajas competitivas a la hora de buscar empleo. Su desarrollo tuvo lugar a través de 3 acciones: las **“Jornadas de orientación profesional”**, celebradas los días 14 y 15 de mayo, y dos talleres monográficos, **“Técnicas de búsqueda de empleo”** y **“Cómo montar una bioempresa en 10 pasos”**, realizados el 25 de marzo y el 29 de abril respectivamente. En las actividades participaron profesionales del área de recursos humanos y del área de organización y dirección de empresas, representantes de empresas de los sectores Biotecnológico y Medioambiental y egresados de la Facultad con los que los estudiantes pudieron debatir e intercambiar opiniones.

También en mayo, entre los días 26 y 28, tuvo lugar en la FCCBA el curso titulado **“Reunión científica teórico-práctica sobre Entomología Aplicada para la identificación de dípteros de interés sanitario”**, organizado por la Asociación de Veterinarios Municipales (AVEM) y la FCCBA. En las ponencias y debates quedó patente que conocer la biología de los dípteros hematófagos que actúan como vectores epidemiológicos es fundamental para

diseñar estrategias de control integral cuya aplicación permita reducir su impacto negativo en la salud pública y animal. En el curso también se desarrolló una interesante sesión demostrativa de entomología forense. La reunión fue multidisciplinar pues en ella participaron biólogos, veterinarios, médicos, investigadores y técnicos de la administración y de empresas con competencias en prevención y control de vectores y plagas.

Del 12 al 18 de Junio se celebró en la FCCBA el “**12th European heathlands workshop**”, organizado por el grupo de Ecología del Fuego del Área de Ecología y dirigido por la Dra. Leonor Calvo. El objetivo fue analizar y discutir el estado de conservación de los brezales húmedos (Hábitat 4090 de la Directiva) en la Península Ibérica, así como plantear actuaciones de manejo y conservación de estos ecosistemas en el nuevo marco de cambio global y con la perspectiva de promover un desarrollo rural asociado a ellos. En el “workshop” participaron 83 investigadores, profesores y gestores de elevado prestigio y amplia experiencia en el tema, que procedían de 11 países (**foto 1**).



Fotografía 1. Sesión de posters del “12th European heathlands workshop” celebrado en la FCCBA en junio.

Entre el 14 y el 18 de Junio, la FCCBA acogió a los participantes en la “**IX Reunión de la comisión de patrimonio geológico de la sociedad geológica de España**”. Esta edición, a la que acudieron unos 80 especialistas, fue organizada por el Grupo de Investigación en Geomorfología y Patrimonio Geológico de la Universidad de León (GEPAGE). Entre los temas más interesantes se debatió la forma de elaborar el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico, que deberá estar finalizado en el plazo de dos años. También se mostraron diversas estrategias para conservar el patrimonio geológico y promover su utilización en el ámbito del geoturismo. Las ponencias pueden descargarse de http://www3.unileon.es/grupos/wwulegpg/?page_id=179.

En los meses de junio y julio se impartieron en el Aula Magna de nuestra facultad dos interesantes conferencias tituladas “**Investigación con células madre: el debate bioético**” y “**Producción de microalgas para**

aplicaciones energéticas”. Los ponentes fueron, respectivamente, Dr. Agustín Zapata González, profesor de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid, y D. Francisco Gabriel Acién Fernández, profesor del Dpto. de Ingeniería Química de la Universidad de Almería.

Por iniciativa de la FCCBA, y en colaboración con la Escuela de Formación dependiente del Vicerrectorado de Calidad y Acreditación, se organizó y celebró en el centro el **“Primer encuentro interuniversitario sobre la puesta en marcha de las nuevas titulaciones en Ciencias de la Vida: retos y soluciones”** (19 y 20 de Septiembre), en el que participaron profesores, estudiantes, miembros del personal de administración y servicios, y autoridades académicas de las Facultades de Ciencias de las Universidades de Oviedo, Salamanca, León, Córdoba y Pompeu Fabra de Barcelona. Durante el encuentro se identificaron las dificultades que está suponiendo la implantación de los títulos de grado en las universidades españolas y se aportaron iniciativas para hacerlas frente, algunas de las cuales ya se están desarrollando con éxito. Las presentaciones de los ponentes se pueden consultar en la página web de la Facultad <http://centros.unileon.es/biologia/>.

En la reunión científica sobre **“Bancos de germoplasma: reservorios de Biodiversidad”**, que tuvo lugar en la FCCBA los días 6 y 7 de octubre, se puso de manifiesto el papel clave de los bancos de semillas tanto en el mantenimiento de la flora silvestre como en la conservación de recursos fitogenéticos de plantas de interés agroforestal. La reunión fue organizada por la FCCBA, el Ayuntamiento de León y la Oficina Verde de la ULE. En ella participaron el coordinador de la Red Española de Bancos de Semillas (REDBAG) e investigadores y profesores que trabajan y/o son responsables en algunos de los Bancos de Germoplasma del país (**foto 2**).



Fotografía 2. Inauguración de la reunión científica “Bancos de germoplasma: reservorios de biodiversidad”.

Si tienes alguna sugerencia o quieres enviarnos tus artículos, tu proyecto de tesis o alguna fotografía para la portada, ponte en contacto con nosotros:

ambiociencias@unileon.es

La edición electrónica de la revista se puede consultar en:

centros.unileon.es/biología/ambiociencias1/



En contraportada: Logotipo diseñado por el Dr. Luis Calabuig para la festividad de San Alberto Magno del presente año 2011 en la Facultad de CC. Biológicas y Ambientales de la Universidad de León.

