

Ambio ciencias

REVISTA DE DIVULGACIÓN



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES. UNIVERSIDAD DE LEÓN

REVISTA nº 6, Octubre 2010



★ 1968 ★



★ 2010 ★

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

Miembros:

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

Sara Gómez Cabellos Alumna

Estanislao Luis Calabuig Catedrático de Universidad del Área de Ecología

Juan Antonio Regil 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: Alberto Nicolás Cano y Ana Alonso Simón.

© **Universidad de León**

© **Los autores**

ISSN: 1988-3021

Dep. Legal: LE-903-07



En portada: La hierba de Santiago (*Senecio jacobea*) es una planta con propiedades curativas vinculada al Camino de Santiago, tanto en su nombre vulgar como científico. La portada y el artículo de Laura García Calvo y Manuel Álvarez Rodríguez (p. 15) sirven así de homenaje a la peregrinación en este año jacobeo. Foto: Álvaro Bayón.

ÍNDICE

Editorial

No estamos en la meta, sino en el punto de partida

Blanca Razquin Peralta2

Poniendo en claro

La malaria

Paula Arana Berganza, Ana Artime Blanco y María del Carmen Santos Merino4

La hierba de Santiago, medicina natural en el Camino

Laura García Calvo y Manuel Álvarez Rodríguez15

Siguiendo la pista

Estudio preliminar de la calidad del aire en el Campus de Vegazana de la Universidad de León

Cristina Gallinas Suazo, Fernando Pérez García y Laura López Campano23

Baúl de la ciencia

Las vicilinas, una lección sobre evolución

Luis E. Sáenz de Miera y Carnicer44

Uno de los nuestros

Félix Rodríguez de la Fuente, uno de los nuestros

Rafael de Garnica Cortezo.....56

Mi proyecto de tesis

Los adéfagos acuáticos (Coleoptera) de Costa Rica

Roberto Blanco Aller63

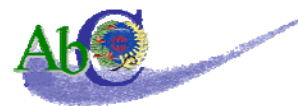
Ambiólogos de aquí

Investigar en tiempos revueltos: un biólogo del programa Ramón y Cajal

Felipe Martínez Pastor66

De todo un poco

Noticias de actualidad70



EDITORIAL

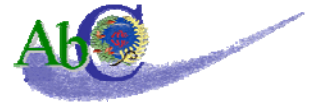
No estamos en la meta, sino en el punto de partida

Durante el curso 2009/10 la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales inició la puesta en marcha simultánea de los Grados de Biología, Biotecnología y Ciencias Ambientales. De esta forma, ha sido uno de los primeros Centros de la Universidad de León en realizar el esfuerzo colectivo que supone la adaptación a este nuevo sistema de titulaciones, que permite su integración en el denominado Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Sin embargo, utilizando un símil deportivo, no estamos en la meta sino en el punto de partida. Los Grados que acaban de iniciar su andadura finalizarán su implantación en el curso 2012/13 y entonces deberán someterse a un procedimiento de evaluación con el fin de renovar su acreditación. Por lo tanto, es ahora cuando empieza la carrera que tenemos que disputar a fondo para no quedar rezagados.

El paso de las Licenciaturas a los Grados no es un mero cambio de la duración o del plan de estudios de las titulaciones, sino que implica una forma diferente de entender cómo deben formarse los alumnos, para que puedan llegar a ser profesionales competentes, capaces de insertarse y desenvolverse en un mercado laboral cada vez más competitivo y cambiante. Esta nueva concepción de la enseñanza universitaria comporta el desarrollo de un nuevo modelo educativo, con nuevas formas de enseñar y de aprender, que exige un cambio de mentalidad tanto en los docentes como en los alumnos.

Utilizando como ejemplo una de las materias que imparto, el estudio de la célula, hasta hace unos veinte años, los conocimientos que se poseían podían explicarse a los alumnos desde sus inicios (en 1665, cuando Robert Hooke describió las células por primera vez) hasta sus últimos avances en un único curso académico. Actualmente, si comenzásemos nuestras clases a partir de los conocimientos que se tenían hace sólo 10 años, no llegaríamos a explicar ni la mitad de lo que se sabe hoy en día sobre la célula, dado lo rápido que avanza la investigación. Esto sucede en la mayoría de las ciencias y por tanto, la cantidad de conocimientos a impartir en las asignaturas crece de forma casi exponencial de año a año.

En conclusión, hoy en día es prácticamente imposible exponer detalladamente a los estudiantes los conocimientos de una disciplina concreta, algunos de los cuales van a quedarse obsoletos en unos pocos años. Además, en la mayoría de los puestos de trabajo de los titulados superiores la innovación es un requisito necesario para la supervivencia de la mayoría de las empresas y,



por tanto, es necesario que los profesionales sean capaces de seguir actualizando continuamente sus conocimientos y capacidades. Sin embargo, aunque en la sociedad actual es muy sencillo acceder a la información, es muy complicado extraer la que es relevante debido a la sobreabundancia de fuentes.

Una solución a estos retos consiste en centrar la educación en mejorar la capacidad de aprendizaje autónomo de los estudiantes para que construyan su propio pensamiento y sean capaces de adquirir por sí mismos nuevos conocimientos y destrezas técnicas y profesionales, a partir de las competencias que adquieran durante sus estudios de Grado (la otra es la formación permanente, a lo largo de toda la vida). Para ello, los profesores debemos asumir el papel de acompañantes experimentados, más pendientes de que aprendan a gestionar y completar el conocimiento disponible y a desarrollar su capacidad crítica, que de enseñarles a memorizar unos conocimientos.

Esos son los fundamentos del “European Credit Transfer System” (ECTS) que permite que los estudios de Grado se puedan reconocer y homologar entre los diversos países europeos pertenecientes al EEES. Pero además, es una nueva forma de cuantificar el esfuerzo que los alumnos dedican a su propia formación y de evaluar su grado de preparación para afrontar un futuro en el que serán sus propios profesores.

Estos cambios no van a producirse espontáneamente de la noche a la mañana y van a generar incertidumbres y recelos, pero no hay vuelta atrás y, por encima de todo, no debemos olvidar que los momentos de cambio e inseguridad representan también una excelente oportunidad de avance. Si queremos mantener en los nuevos Grados la calidad de las enseñanzas y el rigor de su impartición, que han sido las señas de identidad de nuestra Facultad a lo largo de su historia, tenemos que encarar y solucionar de manera cooperativa los problemas que se nos van a ir planteando. En este proceso, todos, profesores, estudiantes y personal de administración y servicios tenemos la responsabilidad de participar y de hacer llegar a los órganos competentes nuestras percepciones y propuestas para mejorar el nuevo sistema.

Blanca Razquin

PONIENDO EN CLARO

La malaria

Paula Arana Berganza¹, Ana Artime Blanco² y María del Carmen Santos Merino³

Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de León. Los autores son alumnas de 5º de Biotecnología (curso 2009-2010).

btcpab00@estudiantes.unileon.es)¹, btcaab00@estudiantes.unileon.es)²,
btcmcs00@estudiantes.unileon.es)³

La malaria es una de las enfermedades con mayor impacto mundial. El parásito que la provoca es *Plasmodium sp.*, el cual es transmitido por mosquitos del género *Anopheles*, que se encuentra principalmente en zonas de clima cálido o tropical. La malaria es una enfermedad endémica en más de 90 países, principalmente en África y Asia. *Plasmodium* es un protozoo con un ciclo vital muy complejo que requiere dos hospedadores: el hombre y un mosquito del género *Anopheles*. Se transmite de un hombre enfermo a un hombre sano mediante la picadura de este insecto. En cuanto a la investigación para el desarrollo de una vacuna eficaz contra la malaria, existen varios factores que dificultan este proceso, como la variabilidad antigénica del parásito o el dinero necesario para su desarrollo. Manuel Elkin Patarroyo fue el primer investigador en producir una vacuna sintética contra la malaria, aún así la eficacia de protección contra el parásito fue baja, y en la actualidad están intentando mejorar esta cifra. El investigador español Pedro Alonso Fernández dio a conocer resultados alentadores sobre una vacuna desarrollada contra la malaria que se conoce como RTS,S/AS02A. Esta vacuna ha demostrado una protección significativa y duradera en los ensayos clínicos realizados y supone un importante avance en el estudio de esta enfermedad y en el desarrollo de mejores herramientas de control para la erradicación de la malaria.

Palabras clave

Malaria, vacuna, endémica, *Anopheles*, *Plasmodium*.

Introducción

La malaria es una de las enfermedades con mayor impacto mundial, causada por protozoos parásitos del género *Plasmodium*. Estos parásitos son transmitidos por la picadura de una hembra del mosquito *Anopheles*. Su erradicación mundial no constituye una prioridad aunque afecta anualmente a más individuos que otras enfermedades, la gran mayoría pertenece a países pobres. El ciclo de vida y la interacción huésped-parásito de cada especie de *Plasmodium* determina la gravedad y la patogénesis de la enfermedad clínica. No obstante a lo largo de la historia el número de casos en el mundo ha ido

disminuyendo. En el año 1900, la malaria era endémica en todos los continentes excepto en la Antártida. En la década de 1950, gracias al control basado en el uso de insecticidas esta enfermedad fue erradicada de América del Norte, Europa y Australia.

Síntomas inespecíficos

Los síntomas suelen presentarse al cabo de una o dos semanas tras contraer la infección, e incluso más tarde, siendo bastante inespecíficos, hasta tal punto que pueden ser confundidos fácilmente con un cuadro viral simple, gripe o gastroenteritis.

Lo que determinará la gravedad de la infección y la aparición de unos síntomas u otros será el estado inmune de la paciente y el tipo de parásito responsable de dicha infección. Este cuadro clínico debería poner en alerta a quien lo padece, en especial si ha viajado a regiones tropicales.

Distribución mundial

La malaria es una enfermedad endémica en más de 90 países, principalmente en África y Asia (**Fig. 1**), donde vive aproximadamente el 40% de la población mundial. Se estima que la malaria afecta cada año a unos 500 millones de personas provocando la muerte a más de un millón y medio de los casos diagnosticados.

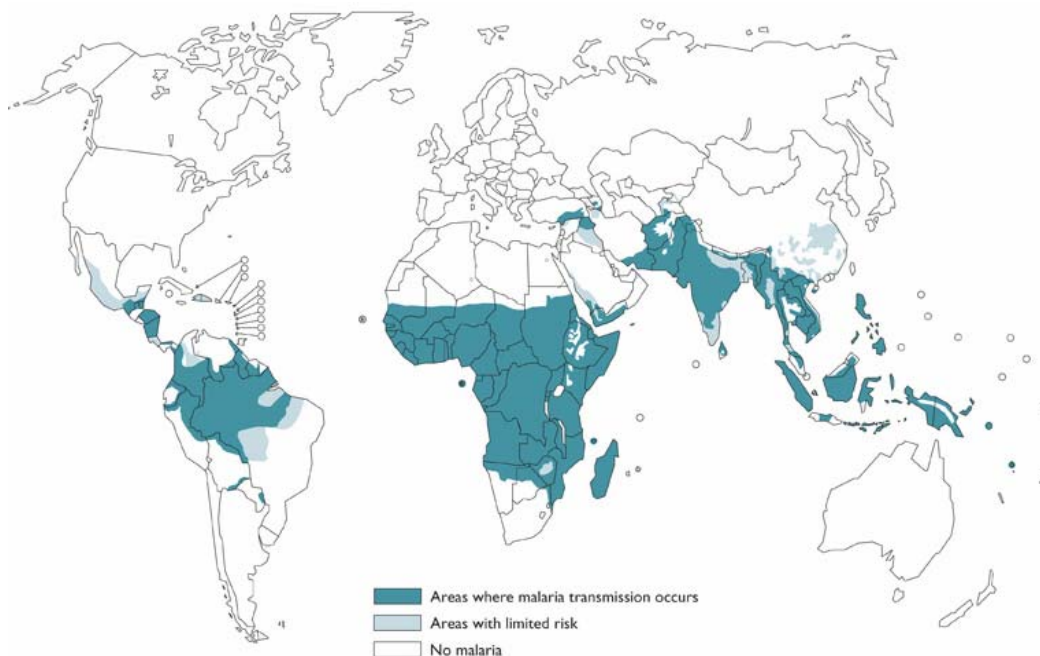


Figura 1. Mapa con la distribución global de la malaria

(Tomado de <http://www.eid.ac.cn/MirrorResources/1206/malaria.php.1.html>)

Los más vulnerables a la enfermedad son los niños y las mujeres embarazadas. La malaria afecta anualmente a muchos más individuos que otras enfermedades como el cáncer o el sida, pero parece que no constituye una prioridad puesto que afecta a los países más pobres.

Componentes del ciclo infectivo

El patógeno que provoca la malaria, *Plasmodium sp.*, es un protozoo con un ciclo vital muy complejo que requiere dos hospedadores: el hombre y un mosquito del género *Anopheles*. Se transmite de un hombre enfermo a un hombre sano mediante la picadura de este insecto.

Existen cuatro especies de parásitos causantes de esta enfermedad: *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae* y *Plasmodium ovale*. Las dos primeras se encuentran en África y Asia, siendo *Plasmodium falciparum* el responsable de la mayor parte de los casos más graves. *Plasmodium vivax* se encuentra en Asia, África, Oceanía, América y en los últimos años ha resurgido en la Europa del Este.

El parásito presenta en su ciclo de vida dos formas de reproducción: sexual (fase de esporozoito) y asexual (fase de merozoito) (**Fig. 2**). La reproducción sexual ocurre en el mosquito (hospedador definitivo), y la reproducción asexual en el hombre (hospedador intermediario).

El vector de la malaria humana es la hembra del mosquito *Anopheles*. *Anopheles* es un género de mosquito de la familia Culicidae que habita en prácticamente todo el mundo incluyendo Europa, África, Asia, América y Oceanía, con especial intensidad en las zonas templadas, tropicales y subtropicales. Hay aproximadamente 400 especies de este mosquito, de las cuales 50 transmiten cuatro especies diferentes de parásitos del género *Plasmodium* causantes de la malaria. La especie *Anopheles gambiae* es una de las mejor conocidas, porque trasmite el más peligroso, el *Plasmodium falciparum*.

El mosquito es un díptero que presenta una metamorfosis completa: huevo larva, pupa y adulto. Es en la etapa adulta, y sólo en el caso de las hembras, en la que el mosquito actúa de vector de la malaria. Las hembras requieren una ingesta de sangre para el desarrollo puesto que son insectos hematófagos. Durante dicha toma, los esporozoitos (formados por división múltiple a partir de un cigoto) que se desarrollan en las glándulas salivales del mosquito, pasan al hombre y parasitan a los hepatocitos (células del hígado). Tras varios minutos, los esporozoitos comienzan a dividirse asexualmente dando lugar a miles de merozoitos que se liberan al torrente circulatorio, donde infectan los glóbulos rojos causando la disgregación de las células y liberando más merozoitos. En ocasiones los merozoitos se convierten en gametocitos

masculinos y femeninos, que pueden ser ingeridos por otros mosquitos cuando se alimentan de sangre. En el interior del mosquito los gametocitos se convierten en gametos que tras la fecundación dan lugar a un nuevo cigoto que tras múltiples divisiones forman nuevos esporozoitos. La esperanza de vida del mosquito depende de la temperatura, humedad y también su capacidad para obtener con éxito sangre.

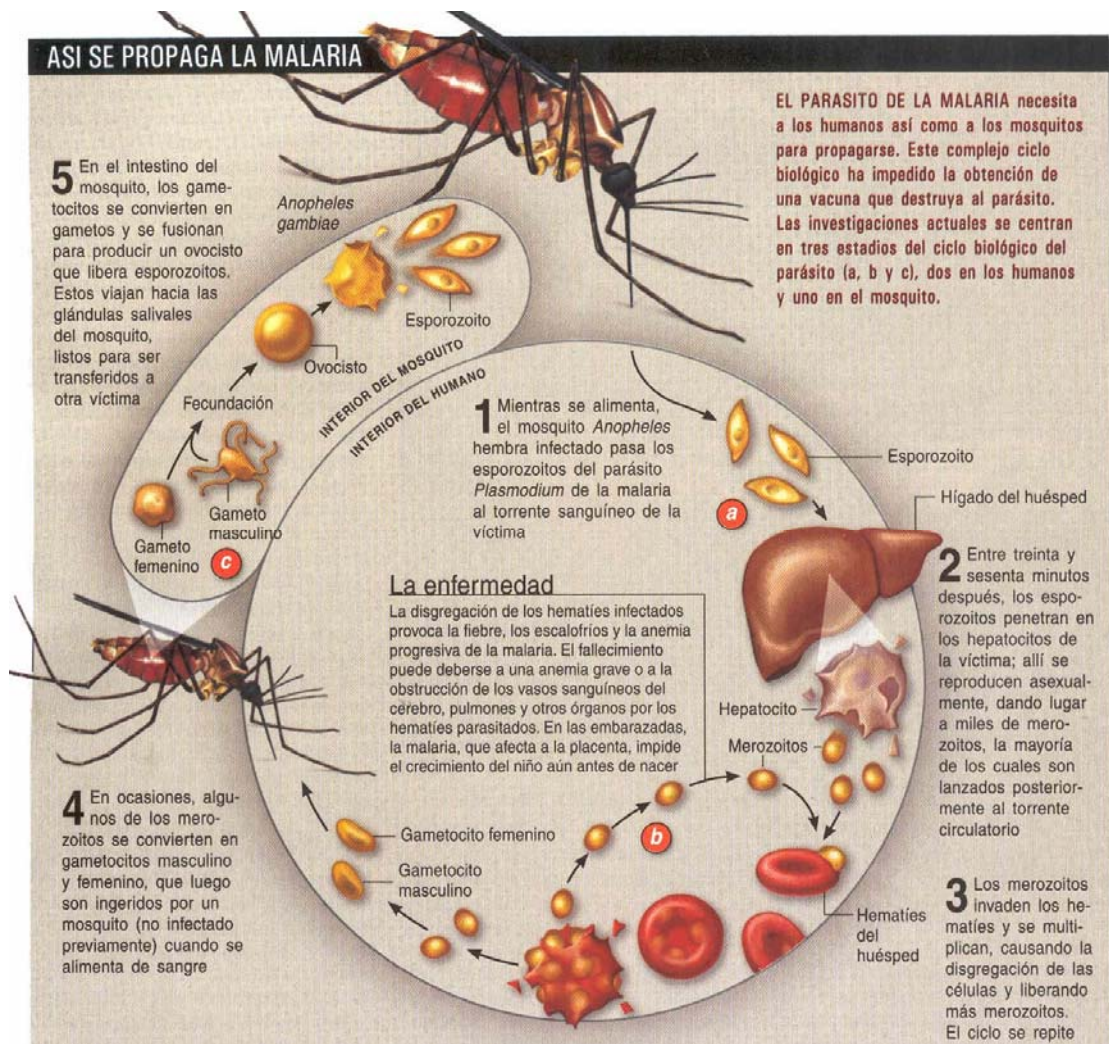


Figura 2. Esquema del ciclo vital del parásito

(Tomado de http://www.iesabastos.org/archivos/daniel_tomas/2bachillerato/malaria.jpg)

Vacunas contra la malaria

Una vacuna contra la malaria totalmente efectiva debe tener epítomos derivados de distintas proteínas que se encuentran en diferentes estados del parásito. Por lo tanto, debe incluir moléculas del esporocito capaces de inducir inmunidad bloqueando el acceso del parásito a las células hepáticas. La proteína anónima en relación con la trombospondina (TRAP) es una de ellas.



El desarrollo de una vacuna contra la malaria es un rompecabezas que todavía no se ha podido solucionar, debido a múltiples factores. *Plasmodium* presenta una miríada de antígenos que varían a lo largo de los diferentes estadios de su ciclo vital, así un anticuerpo desarrollado contra la fase inicial no protegerá contra las otras fases. El desarrollo de estas vacunas tiene la dificultad añadida de que no existen modelos animales adecuados para el estudio. Además, el coste medio de desarrollar una vacuna candidata se cifra alrededor de unos 500 millones de dólares, y el proceso para permitir su comercialización puede llegar a durar entre 10 y 12 años.

A pesar de estas enormes dificultades, existen suficientes datos para pensar que el desarrollo de una vacuna efectiva es factible. Para ello, se intentan desarrollar vacunas que reproduzcan la inmunidad adquirida que desarrollan los individuos de zonas endémicas.

La labor de Manuel Elkin Patarroyo

El primero en descubrir una vacuna sintética contra la malaria fue el investigador de origen colombiano Dr. Manuel Elkin Patarroyo. El nombre que se le dio a esa vacuna fue SPf66, sintetizada químicamente hace 21 años contra la malaria causada por *P. falciparum*, la cual tiene mayor prevalencia y letalidad. Se hicieron estudios básicos, preclínicos y clínicos, así como estudios de campo para determinar su eficacia protectora. La molécula SPf66, de 45 aminoácidos de longitud compuesta por secuencias aminoacídicas de tres proteínas de merozoito, entre las cuales están dos importantes proteínas de anclaje a superficie en el estado invasivo del parásito: las proteínas MSP-1 y CSP.

En los estudios preclínicos de la fase cero se usaron monos *Aotus sp.* de Atlanta y otros de la selva amazónica en Leticia (Colombia). Los monos fueron inmunizados con el polipéptido SPf66 y con dos de sus péptidos constituyentes. En las fases posteriores, el estudio se realizó con voluntarios y poblaciones mesoendémicas de diferentes partes del mundo, siendo los individuos tanto adultos como niños. Se aplicó un protocolo de inmunización variable con el fin de establecer el protocolo de vacunación más eficaz.

Tras analizar los resultados, vieron que en los estudios preclínicos en fase cero con monos: cuando los monos *Aotus* del Amazonas fueron inmunizados con SPf66, se inducían altos títulos de anticuerpos. Sin embargo, se obtuvieron resultados muy diferentes en los ensayos realizados en los monos de Atlanta, cuyos anticuerpos solo reconocían uno de los péptidos constituyentes de la vacuna. No se produjo la protección total contra el polipéptido en ninguno de los monos de Atlanta, mientras que en Leticia 3 de los 8 monos vacunados sí la adquirieron.

Los estudios llevados a cabo en las fases I, II y III (ver **Fig. 3**) mostraron que el polipéptido SPf66 producido en Colombia era seguro, inmunogénico y capaz de proteger al 35% de la población vacunada por un mínimo de dos años.

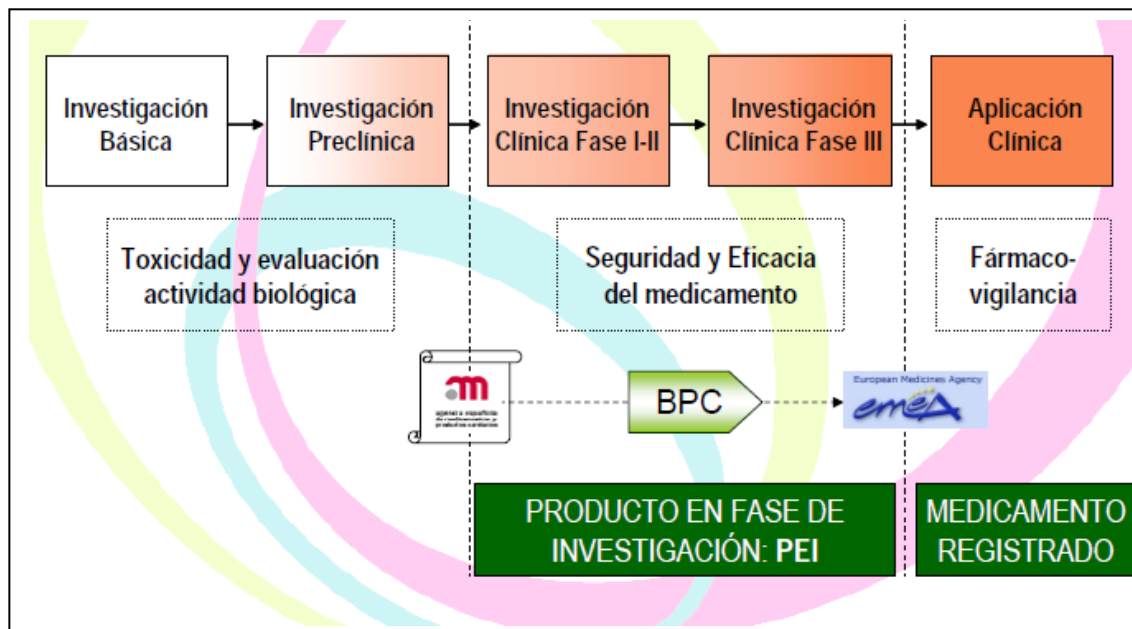


Figura 3. Fases en el desarrollo de un medicamento. Todas las fases de investigación clínica farmacológica se realizan bajo los parámetros de Buenas Prácticas Clínicas (BPC). (Tomado de www.espaciosaludinvestiga.es/jeecc/doc/download.php?f...pdf)

Por lo tanto, SPf66 fue la primera vacuna de subunidades, de varios componentes, multiestadio y sintética exitosa. A partir de este momento los laboratorios del Dr. Patarroyo se han dedicado a estudiar la vacuna con el objetivo de tener un 99,9% de efectividad en todos los casos.

Pedro Alonso: vacuna antimalárica RTS,S/AS02A

Un grupo de investigadores encabezados por el español Pedro Alonso dieron a conocer los alentadores resultados de un ensayo clínico de fase IIb realizado en Mozambique con una vacuna preeritrocítica contra la malaria. La vacuna antimalárica conocida como RTS,S/AS02A está dirigida contra las fases preeritrocitarias de *Plasmodium falciparum*; contra los esporozoitos y las formas asexuadas que se alojan en el hígado para evitar la liberación de merozoitos primarios hacia la sangre.

Sus dos componentes, RTS y S, se expresaron simultáneamente mediante técnicas de recombinación de ADN en la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

El primero (RTS) es un polipéptido de cadena simple correspondiente a los aminoácidos 207-395 de la parte C-terminal de la proteína circunsporozoítica (CSP), que se fusionó al extremo amínico del antígeno de superficie del virus de la hepatitis B (HBsAg) del serotipo *adw*.

El segundo componente (S) es un polipéptido de 226 aminoácidos que corresponde también al antígeno de superficie del virus de la hepatitis B. Durante la purificación los dos polipéptidos se ensamblan espontáneamente y forman una partícula.

El adyuvante (sustancia que administrada con un antígeno, o previamente a este, aumenta la formación de anticuerpos) que se utilizó fue AS02A, una emulsión de aceite en agua, que tiene incorporado como inmunoestimulantes el monofosforil lípido A (MPL) y un derivado de saponina denominado QS21.

La formulación de los dos polipéptidos con el adyuvante AS02A estimuló altas concentraciones de anticuerpos contra la zona repetitiva de la proteína circunsporozoítica y desencadenó la respuesta celular de los linfocitos T auxiliares 1 caracterizada por su especificidad y por una elevada producción de interferón gamma. La finalidad de la vacuna es que tras la inmunización se evite que el esporozoito pueda sobrevivir y seguir desarrollándose en el hígado.

Ensayos realizados

Los ensayos iniciales de la vacuna RTS,S/AS02A se llevaron a cabo en Gambia sobre adultos voluntarios no inmunes demostrándose una protección del 41%. Posteriormente en este mismo país, se mostró que la vacuna era segura e inmunogénica tras realizar estudios en niños de 6 a 11 años y de 1 a 5 años, y se propuso hacer un estudio en fase I en Mozambique y en fase IIb para determinar su eficacia:

- Ensayo en fase I (Mozambique, 2001), fue un estudio doble ciego, aleatorizado y controlado en 60 niños de 1 a 4 años para evaluar la seguridad, la reactogenicidad y la inmunogenicidad de la vacuna. Los resultados confirmaron que la vacuna era segura, tolerable e inmunógena.
- Ensayo en fase IIb (Mozambique, abril 2003), fue un ensayo clínico doble ciego y aleatorizado en 2022 niños de 1 a 4 años, para evaluar la eficacia, la inmunogenicidad y la reactogenicidad de la vacuna. El objetivo primario de este estudio era evaluar la eficacia en los casos clínicos de malaria por *P. falciparum* a los seis meses de seguimiento.

Los resultados mostraron a los 6 meses de la vacunación una eficacia frente al primer episodio de malaria clínica del 29,9%, una eficacia frente a la primera infección del 45% y frente a la malaria grave del 57,7%.

Después de un seguimiento de 18 meses tras la tercera dosis, los pacientes seguían protegidos frente a la malaria clínica.

La Fase III del ensayo ya se ha puesto en marcha y comprende a 16.000 niños de 11 centros ubicados en 7 países africanos: Mozambique, Tanzania, Burkina Faso, Gabón, Ghana, Kenia y Malawi.

Otras vacunas

Vacunas de subunidades

a) Vacunas preeritrocíticas

La vacuna debe inducir una respuesta inmune capaz de inhibir el ciclo de maduración de esporozoitos, una vez que han invadido los hepatocitos. Este tipo de vacuna podría impedir la entrada de los esporozoitos en los eritrocitos o hematíes, y por lo tanto inhibir su desarrollo en merozoitos.

b) Vacunas eritrocíticas

Estas vacunas están diseñadas para generar una respuesta inmunitaria contra antígenos del estadio eritrocitario del parásito. Así, su función sería impedir la invasión de los hematíes por los merozoitos que provienen de la ruptura del esquizonte hepático, acelerar la eliminación de eritrocitos parasitados y prevenir su secuestro en la microvasculatura. Estas vacunas no impedirían la infección, pero disminuirían la gravedad.

c) Vacunas de bloqueo de transmisión

Su administración no beneficiaría al individuo vacunado en particular sino a la comunidad a la que éste pertenece. Esta vacuna tendría además la ventaja de no facilitar (al usar antígenos que se expresan en el mosquito y no en el ser humano) la aparición de cepas mutantes.

Vacunas de organismos enteros

Un enfoque posible es utilizar vacunas con todo el organismo que pueden ofrecer protección contra especies cruzadas y por lo tanto eludir la necesidad de incluir múltiples variantes alélicas.

El enfoque de usar el organismo total ha sido visto como no práctico debido a las dificultades percibidas en la generación de grandes cantidades de un producto estéril, eficaz. Sin embargo, los recientes avances en tecnología han hecho posible generar cantidades suficientes de esporozoitos de mosquitos para proteger contra la etapa eritrocítica de la malaria.

Otros tratamientos

El fármaco recetado y la duración del tratamiento dependen del tipo de malaria, el lugar donde se adquirió la infección, la edad y el grado de enfermedad. La droga se administra tanto de forma oral como intravenosa, dependiendo de la gravedad de la enfermedad. En algunos países se administran en forma de supositorios.

Por otro lado, la historia de los fármacos antimaláricos siempre ha estado marcada por la competición entre la evolución de parásitos resistentes al medicamento y la formulación de nuevos fármacos. En la actualidad, los expertos en medicamentos contra la malaria se están centrando en terapias que combinan derivados de artemisina con otros compuestos acompañantes, con el fin de evitar estas resistencias (ver **tabla 1**).

Tabla 1. Lista de fármacos más recetados

Fármacos	
Cloroquina (Aralen)	Doxiciclina (Doryx, Vibramicina, otros)
Sulfato de quinina (Qualaquin)	Medicamentos derivados de artemisina
Hidroxiclороquina (Plaquenil)	Halofantrina
Una combinación de sulfadoxina con pirimetamina (Fansidar)	Primaquina
Mefloquina (Lariam)	Una combinación de atovacuona con proguanilo (Malarona)

Bibliografía

Ashleya, E., McGreadya, R., Prouxa, S., Nostena, F. 2006. Malaria. Travel Med. Infect. Dis. 4 (3-4):159-73.

Craig, A.G, Holder, A.A, Leroy, O.Y., Ventura. R.A. 2009. Malaria vaccines – how and when to proceed? Trends Parasitol. 25 (12):535-7.

Crawley, J., Nahlen, B. 2004. Prevention and treatment of malaria in young african children. Semin. Pediatr. Infect. Dis. 15 (3):169-80.



- Girard, M.P., Reedb, Z.H., Friede, M., Kieny, M.P. 2007. A review of human vaccine research and development: malaria. *Vaccine* 19; 25 (9):1567-80.
- Greenwood, B.M., Fidock, D.A., Kyle, D.E., Kappe, S.H., Alonso, P.L., Collins, F.H., Duffy, P.E. 2008. Malaria: progress, perils, and prospects for eradication. *J. Clin. Invest.* 118 (4):1266-76.
- Herrera, S., Corradin, G., Arévalo-Herrera, M. 2007. An update on the search for a *Plasmodium vivax* vaccine. *Trends Parasitol.* 23 (3):122-8.
- Matuschewski, K., Mueller, A.K. 2007. Vaccines against malaria – an update. *FEBS J.* 274 (18):4680-7.
- Pinzon-Charry, A., Anderson, V., McPhun, V., Wykes, M., Good, M.F. 2006. Malaria vaccines: New hope in old ideas. *Drug Discovery Today: Therapeutic Strategies.* 3 (2):167-172.
- Targett, G.A. 2005. Malaria vaccines 1985–2005: a full circle? *Trends Parasitol.* 21 (11):499-503.
- Targett, G.A., Greenwood, B.M. 2008. Malaria vaccines and their potential role in the elimination of malaria. *Malar. J.* 11; 7 Suppl 1:S10.
- Todryk, S.M., Hill, A.V. 2007. Malaria vaccines: the stage we are at. *Nature Rev. Microbiol.* 5, 487–489.
- Tongren, J.E., Zavala, F., Roos, D.S., Riley, E.M. 2004. Malaria vaccines: if at first you don't succeed. *Trends Parasitol.* 20 (12):604-10.
- Torrades, S. 2001. La malaria y la controversia sobre su vacuna. *Offarm* 20: 140-3.
- Van Agtmael, M.A., Eggelte, T.A., Van Boxtel, C.J. 1999. Artemisinin drugs in the treatment of malaria: from medicinal herb to registered medication. *Trends Pharmacol Sci.* 20 (5):199-205.
- Winzeler, E.A. 2008. Malaria research in the post-genomic era. *Nature* 9; 455 (7214):751-6.
- Wykes, M., Good, M.F. 2007. A case for whole-parasite malaria vaccines. *Int. J. Parasitol.* 37 (7):705-12.



Páginas web consultadas

- <http://www.digherbs.com/malaria-treatment.html>
<http://unabmalaria.blogspot.com/>
<http://www.mayoclinic.com/health/malaria/DS00475/DSECTION=treatments-and-drugs>
<http://www.nature.com/nature/journal/v439/n7079/full/439926b.html>
http://www.wwhd.org/mosquito_facts.htm
http://www.digesa.minsa.gob.pe/pw_desb/vectores/anopheles.asp
http://www.uprm.edu/biology/profs/acostaj/3021/proto_files/frame.htm
http://www.comunidadsmart.com/tematicos_detalle.php?id=144
<http://www.anlis.gov.ar/inst/consulta/infecciosas/malaria/malaria.htm>
http://herenciageneticayenfermedad.blogspot.com/2009_04_01_archive.html
<http://www.path.org/vaccinresources/details.php?i=747>
<http://www.svmfyc.org/Grupos/Publicaciones/XJornadas/JPuig.pdf>
<http://www.biochem.umass.edu/garman/index.html>
<http://www-cryst.bioc.cam.ac.uk/groups/higgins>

La hierba de Santiago, medicina natural en el Camino

Laura García Calvo¹ y Manuel Álvarez Rodríguez²

¹Alumna del Máster de Metodología e Investigación en Biología Fundamental y Biomedicina, Universidad de León

²Becario F.P.I. Grupo ITRA-ule, Universidad de León.

(lgarc@unileon.es)¹, (malvr@unileon.es)²

La Hierba de Santiago es una de las plantas silvestres cuyas propiedades curativas han sido aprovechadas durante siglos por peregrinos e instituciones para intentar sanar las posibles dolencias de los caminantes. Se encuentra ampliamente distribuida por toda Europa, creciendo en los márgenes de los caminos, a disposición de quienquiera que pase por su lado. Curiosamente se trata de una planta tóxica, debido a su alta concentración de alcaloides pirrolicidínicos, y en la actualidad está prohibida su comercialización. Tanto su nombre vulgar como científico hacen alusión directa al Camino de Santiago, por lo que forma parte de la simbología imprescindible en la peregrinación hacia el Apóstol.

Palabras clave

Senecio jacobea, hierba de Santiago, plantas medicinales, etnobotánica, Camino de Santiago

1. Introducción

El camino de Santiago es una vía llena de misterios al alcance del peregrino. A lo largo de los siglos, son muchos los viajeros que han recorrido este “Camino de las estrellas” lleno de simbolismo, admirando cada uno de los rincones que se esconden detrás de cada paisaje y cada curva del camino, para llegar al destino final, Santiago de Compostela.

Este viaje no dejará indiferente a nadie que lo recorra: creyentes o no creyentes. Unos buscarán en sus pasos el perdón de los pecados que pesan sobre sus conciencias. Los otros pretenderán ver y sentir los paisajes históricos que han pervivido en la naturaleza a lo largo de los tiempos.

Los hospitales en el Camino de Santiago

Un trayecto tan largo como el del Camino de Santiago, requería de la presencia de albergues, hospicios y hospitales que atendiesen las necesidades básicas de los peregrinos: agua, comida, cama y cura para los enfermos. Estos lugares no guardan similitud con los hospitales que conocemos actualmente, ya

que consistían en instituciones de acogida para desvalidos y enfermos con los que ejercer la caridad cristiana de forma desinteresada, poniendo en peligro, en muchas ocasiones, la propia vida de quien sanaba. A lo largo de la Edad Media, estos lugares fueron cambiando hasta convertirse en dos instituciones bien diferenciadas: albergue de pobres y peregrinos, y enfermería para los enfermos.

La mayoría de los hospitales eran lugares pequeños, cuya función principal era permitir que los peregrinos gozaran de las condiciones necesarias para continuar el viaje hasta Santiago. También había grandes hospitales que contaban con varias plantas y patio interior. Característica común a todos ellos era la presencia de capilla o ermita, así como un cementerio propio para los peregrinos que perecieran en sus instalaciones.

Los hospitales más importantes del camino, fueron posiblemente el de Roncesvalles y el localizado en la propia ciudad de Santiago de Compostela. El monasterio-hospital de Roncesvalles tenía una localización estratégica, porque los peregrinos necesitaban un lugar de reposo donde reponer fuerzas para continuar con el viaje, ya que atravesar el paso pirenaico entrañaba grandes dificultades. El hospital de Santiago de Compostela se localizaba en la propia Plaza del Obradoiro. Gozaba de dos claustros para separar a hombres y mujeres, mediados por un huerto donde cultivaban tanto alimentos como plantas medicinales para su uso en la enfermería (González, 1994). La cantidad de peregrinos que pasaron por sus estancias fue muy elevada, ya que tras un camino tan largo y con tantas adversidades, llegaban exhaustos a su destino.

En la ciudad de León, la primera alberguería documentada se localiza ante la puerta de la catedral. También en San Isidoro se estableció durante unos años un hospital de peregrinos, aunque la institución más importante de la ciudad se localizó en el actual Hostal de San Marcos, habilitado como hospital para “acoger a los pobres de Cristo” (Fernández, 1995).

Para la cura de los enfermos se empleaban remedios naturales surgidos del saber popular de las gentes de la zona. Principalmente se utilizaban raíces y otras partes de plantas con las que se hacían unguentos y obtenían fórmulas magistrales que procuraban remediar los males que les afligían. Estas plantas medicinales las recogían de las proximidades del hospital o bien las cultivaban en sus patios (*hortus sanitatis*). Asimismo, en las boticas de algunos hospitales está documentado el uso de la hierba de Santiago en el proceso de curación de las dolencias de los peregrinos (Barreiro, 2004).

Seguramente, también importaban o intercambiaban drogas con otras instituciones con el fin de aumentar la cantidad y la variabilidad de sustancias para desinfectar y tratar las distintas afecciones con las que llegaban los peregrinos.

Son muchas las plantas que se han utilizado a lo largo de los años para remediar los males de los peregrinos, como la ortiga o el diente de león, empleados como diuréticos, entre otros (cf. Mugarza, 1993; Hoffmann, 1996). En este artículo vamos a centrarnos únicamente en el estudio del uso medicinal de una de las especies más emblemáticas que los peregrinos encontraban a lo largo del camino: la Hierba de Santiago (*S. jacobaea* L., Sp. Pl. 870 (1753)). La elección de esta planta, se debe a la alusión directa que tiene tanto su nombre vulgar como su nombre científico, *Senecio jacobea*, con el Camino de Santiago.

La hierba de Santiago

La hierba de Santiago (*Senecio jacobea*) (**Fig. 1**) es una planta silvestre muy común perteneciente a la Familia Asteraceae, que goza de una amplia distribución, principalmente por toda Europa. Esta planta crece de forma espontánea en los márgenes de caminos y senderos, así como en montes y praderas de zonas caracterizadas por precipitaciones abundantes.

El género *Senecio*, establecido por Linneo, comprende 1300 especies, algunas de ellas también tóxicas por la presencia de compuestos pirrolicidínicos, entre las que destaca la cineraria o *Senecio vulgaris*. El género *Senecio* está tan generalizado que existe un refrán castellano que dice:

“*Boticario que no conoce el senecio es un necio*”. Y es que la mayoría de los



Figura 1. Detalle de la flor de la hierba de Santiago (*Senecio jacobea*). Foto: Álvaro Bayón Medrano.

niños ha jugado con sus frutos, que soplados fuertemente, el aire se los lleva volando. El género *Senecio* toma su nombre del verbo latino “senescere / envejecer” ya que las cabezas florales encanecen en la primavera como los cabellos en la vejez (Font Quer, 1999).

La floración de la hierba de Santiago tiene lugar a finales de la primavera y durante el verano, por lo que se dice

que acompaña en el viaje a los peregrinos que hagan el camino en las proximidades de la festividad del santo, el 25 de Julio.

Se trata de una planta bianual cuya altura puede oscilar entre los 0,3 y 1,5 metros. Sus flores, de un color amarillo intenso, se distribuyen en ramilletes en la parte final del tallo. Las partes que se utilizaban con propiedades curativas (drogas) eran principalmente la raíz y las flores, aunque también se realizaban friegas con las hojas en algunos casos (Berdonces y Serra, 2001).

Es una planta tóxica debido a que está compuesta por alcaloides, que son compuestos que contienen nitrógeno en un anillo heterocíclico y son generalmente básicos. Su amargor es un mecanismo de defensa químico contra los herbívoros (Araya, 1990).

También es curioso destacar que el nombre jacobeo de una mariposa cuyas orugas se alimentan de esta planta, *Tyria jacobaeae*, procede de la especie en la cual se desarrolla y no en alusión al Apóstol Santiago.

Etimología

“El Apóstol Santiago”

El nombre común de esta planta, también llamada *Jacobeae vulgaris* por Gaertner (1791), en muchas otras lenguas también hace referencia a Santiago: ‘herbe de Saint Jacques’ en francés, ‘Saint James-wort’ en inglés o ‘Jacobs-Greiskraut’ en alemán son una pequeña muestra de ello. En gallego se la conoce como ‘Erva-de-santiago’ y en catalán ‘Herba de Sant Jaume’.

“Cortar de pie”

Algunos consideran que el nombre de la planta procede del latín *secare* “cortar” y *pede(m)* “pie”. Esto haría referencia a que al ser una planta que crece tanto en altura, en comparación con otros senecios, puede “cortarse de pie” sin necesidad de agacharse. Así, para segarle el penacho no era necesario inclinarse. De dicho nombre latino pasaría a denominarse “xacapede”, pudiendo asemejarse posteriormente a “Xacobeo”, y de ahí el nombre específico botánico de *jacobeae*. También de “xacapede” vendría el nombre de “sacapedos” como también se la conoce en algunos lugares, y no tanto de sus propiedades carminativas, como algunos señalan.

Aplicaciones

La hierba de Santiago, a pesar de ser tóxica, ha tenido un papel curativo muy importante en el camino de Santiago.

Algunas de sus propiedades se deben a la composición de esta hierba: contiene alcaloides pirrolicidínicos, principalmente la senecionina, aunque también otros típicos de la especie, como jaconina y jacobina (**Fig. 2**). Éstos son los que le confieren la acción tóxica, ya que son metabolitos de defensa frente a

animales. La presencia de estos alcaloides requiere que la ingesta de la planta sea muy controlada, ya que puede producir importantes lesiones hepáticas.

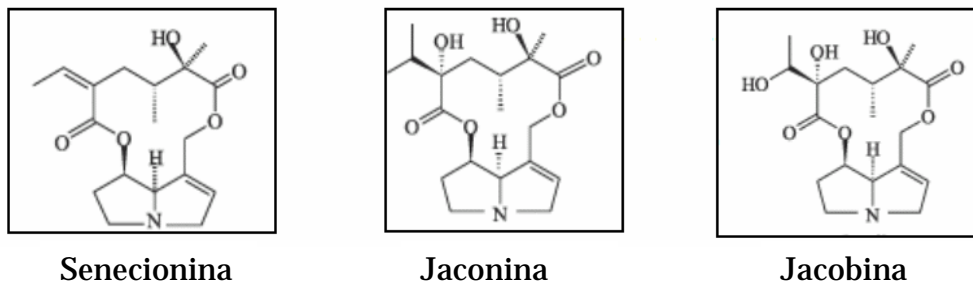


Figura 2. Estructura molecular de los alcaloides mayoritarios de *S. jacobea*.

Vía interna

Era muy común el uso de la hierba de Santiago en infusiones. Para esto se utilizaba toda la planta exceptuando las raíces. Se hervía y se dejaba reposar para que sus componentes ejercieran mejor su efecto. En este caso era utilizada principalmente para aliviar problemas circulatorios (venotónica), pero además como emenagoga, hipoglucemiante y antiparasitaria (Font Quer, 1999). También se usó durante años como remedio para dolores de estómago ocasionados por el cólera. Incluso, para curar afecciones oculares: en este caso se vertían unas gotas de esta infusión sobre los ojos.

Vía externa

Inicialmente la hierba de Santiago se utilizó como cataplasma porque se consideraba que tenía propiedades antiinflamatorias. Para ello se introducía la planta, con flores incluidas, en aceite de oliva virgen y se dejaba la mezcla al sol para su maceración durante al menos tres semanas. Su aplicación posterior podía realizarse en crudo o frita en aceite para que estuviera caliente, haciendo frías con dicho unguento. Se aplicaba para curar rozaduras, golpes, quemaduras, esguinces, moratones, picaduras, dermatitis, granos infectados y heridas infectadas (Font Quer, 1999). Se usaba también de forma muy efectiva para las quemaduras producidas por el sol en los peregrinos que recorrían el camino en épocas más calurosas, aliviando y curando estas dolencias.

Se conoce un recetario usado por los antiguos peregrinos del Camino, que incluye las siguientes recetas (Mugarza, 1993):

1. *Receta para el tratamiento de llagas, heridas y úlceras*

Coger un puñado de hojas frescas, lavarlas bien, machacarlas, colocarlas en una gasa o tela y aplicar después de lavar la llaga, sujetar con una venda o tela, cambiar dos o tres veces al día la cataplasma.

2. *Receta para el tratamiento de las rozaduras y heridas en los pliegues de los dedos de los pies o manos.*

Coger un puñado de hojas frescas, cortar en trocitos, y en una sartén con un poco de aceite, freír un poco a fuego lento durante 2 o 3 minutos, después dejar enfriar, colocar la masa frita, en un trocito de tela o bien poner directamente sobre la herida y curar por la noche y al comienzo de la caminata diaria. Con el aceite se suele lavar y dar fricciones sobre las heridas y rozaduras.

3. *Tratamiento para las inflamaciones de los tejidos (pies, manos, rodillas y pantorrillas).*

Coger un puñado de hojas frescas y flores, hervir durante 3 minutos, en un poco de vino tinto o blanco, dejar templar, y hacer unas fricciones sobre la parte afectada con el vino, y después poner la cataplasma compuesta con las hojas y flores hervidas, en una gasa o tela, sujetar con una venda, hacer dos o tres curas en el día, sobre todo por la noche y al empezar un nuevo día antes de la caminata del día.

Uso veterinario

En veterinaria, prácticamente no se conocen usos; por el contrario es conocida la intoxicación crónica producida por estas plantas en el ganado (seneciosis), sobre todo por el consumo de heno seco, ya que, a diferencia del consumo en verde, los animales no pueden discernir entre esta planta tóxica y las comestibles.

Diagnosticar una seneciosis es complicado, ya que los síntomas que presenta son muy leves y pueden confundirse con otras patologías. Si se observa una disminución progresiva del peso del animal y se determina que ha pastado en campos contaminados con esta planta, podríamos determinar una intoxicación temprana por *Senecio*. Pero lo normal es observar un cuadro clínico grave, que se produce tras la ingesta de una dosis letal de *Senecio*, en cuyo caso no hay tratamiento posible.

En el único caso que se han obtenido resultados favorables ha sido en bovinos, cuando se tratan animales precoces con metionina cristalina (Araya, 1990).

Estudios actuales concluyen, que no existen pruebas suficientes para considerar que esta planta tiene propiedades terapéuticas. Su contenido de alcaloides puede ocasionar toxicidad en dosis elevadas: estas sustancias actúan por acumulación, y han ocasionado en animales muchas muertes incluso meses después de haber cesado el consumo de esta planta (Araya, 1990). De todos

modos las muertes por consumo de *Senecio* son raras, ya que su amargor disuade de su ingesta.

Se trata de una planta hepatotóxica, porque los alcaloides pirrolicidínicos son absorbidos y metabolizados en los hepatocitos, especialmente en la región centrolobulillar, donde existe la mayor actividad de las enzimas microsomales. Los alcaloides que no sean metabolizados por el hígado, pueden ser activados y transformados en metabolitos tóxicos. De esta forma, pueden modificar moléculas constituyentes de otros tejidos, como pulmones o riñones (Araya, 1990).

A pesar de su hepatotoxicidad, durante años fue prescrita por “fitoterapeutas” y se comercializaba en herbolarios de nuestra Comunidad Autónoma. Tras la comunicación al Centro Regional de Farmacovigilancia de la aparición de dos casos sospechosos de hepatitis tóxica en los que estaba implicada la planta de forma directa (Ordax et al, 2000), en el año 2004, el Ministerio de Sanidad y Consumo emitió una orden en la que se prohibía comercializar esta planta (ORDEN SCO/190/2004), al no estar suficientemente demostrada su utilidad terapéutica, así como por el posible riesgo de hepatotoxicidad debido a su alto contenido en alcaloides pirrolicidínicos.

Conclusión

La hierba de Santiago se ha utilizado durante siglos por peregrinos e instituciones sanitarias a lo largo del Camino de Santiago. Se ha cuestionado mucho la veracidad de sus propiedades curativas tras el estudio de la acción tóxica de los alcaloides que produce. A pesar de que en la actualidad está prohibida su comercialización, la presencia de *Senecio jacobea* en zonas tan accesibles como los márgenes de las veredas a lo largo de todo el Camino de Santiago, hace que aún hoy sea una planta al alcance de todos, y deleite para el peregrino que ve en ella el recuerdo del Apóstol, que le indica la cercanía de la meta.



Agradecimientos

Gracias a Álvaro Bayón Medrano por cedernos de manera desinteresada las fotos de *Senecio jacobea*, tomadas el año pasado en la ciudad de León, y al profesor José Luis Acebes Arranz por el apoyo tanto en la obtención de bibliografía como en el desarrollo del trabajo.

Bibliografía

- Araya, O. (1990). Seneciosis en caballos. Monografías de Medicina Veterinaria. Vol.12 (1). http://www.monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon_vet_completa/0,1421,SCID%253D14002%2526ISID%253D420,00.html
- Barreiro, B. et al. (2004). El hospital real de Santiago de Compostela y la hospitalidad en el camino de la peregrinación. Xunta de Galicia.
- Berdonces, I., Serra, J.L. (2001). Gran enciclopedia de las plantas medicinales. Ed. Tikal, Madrid.
- Fernández, J (1995). El antiguo hospital de San Antonio Abad, de la ciudad de León. Tierras de León 99: 2-28.
- Font Quer, P. (1999). Plantas medicinales: el Dioscórides renovado. Ed. Península, Barcelona.
- González, A. (1994). El entorno sanitario del Camino de Santiago. Ed. Cátedra.
- Hoffmann, D. (1996). Atlas ilustrado de plantas medicinales: guía de las 200 plantas medicinales más comunes. Ed. Susaeta, Madrid.
- Mugarza, J. (1993). Las plantas medicinales de los Caminos de Santiago: recetario auxiliar usado por los antiguos peregrinos del Camino de Santiago. Ediciones de Librería San Antonio.
- Ordax, J., Carvajal, A., Martín, L.H., García, J. (2004). Hierba cana (*Senecio vulgaris*). Consulta terapéutica, nº 7, Enero 2000, p. 4. Centro regional de Farmacovigilancia de Castilla y León, Instituto de Farmacoepidemiología. Universidad de Valladolid.
- ORDEN SCO/190/2004. Lista de plantas cuya venta al público queda prohibida o restringida por razón de su toxicidad. Ministerio de Sanidad y Consumo (B.O.E. 32, de 6 de febrero de 2004).

SIGUIENDO LA PISTA

Estudio preliminar de la calidad del aire en el Campus de Vegazana de la Universidad de León⁽¹⁾

Cristina Gallinas Suazo^(2,3), Fernando Pérez García^(2,4) y Laura López Campano⁽¹⁾

(1) Trabajo desarrollado en las asignaturas de *Introducción a la Investigación y Trabajo de Investigación* (2009-10), bajo la supervisión de la Dra. Laura López Campano del área de Física Aplicada. Universidad de León. laura.lopez@unileon.es

(2) Alumnos de 4º curso de la Licenciatura en Biotecnología. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de León.

(3) btccgs00@estudiantes.unileon.es (4) btcfpg00@estudiantes.unileon.es

El presente trabajo se ha realizado en el marco de las asignaturas de *Introducción a la Investigación y Trabajo de investigación* y pretende ser una primera aproximación al análisis de la calidad del aire en el Campus de Vegazana, tanto en el exterior como en el interior de los edificios. El trabajo consta de tres partes. En primer lugar, se ha realizado un estudio del aire exterior. Los resultados nos muestran cómo en el 11% de los días, la calidad del aire en el Campus no cumple los límites establecidos por la legislación, y cómo los meses en los que el número de superaciones es más elevado son noviembre y febrero. Además, mediante un Análisis de Componentes Principales se han podido clasificar los episodios de contaminación en tres tipos: *episodios con contaminación fotoquímica*, *episodios con contaminación ácida* y *episodios con elevadas concentraciones de partículas*. El segundo objetivo del estudio, ha sido evaluar la calidad del aire en el interior de aquellos edificios del campus que hemos considerado representativos de la exposición media de los miembros de la comunidad universitaria. Para ello, se han realizado mediciones directas, mediante tubos difusores activos, de la concentración de distintos contaminantes: CO, NO, NO_x, SO₂ e hidrocarburos. Finalmente, y debido a la importancia que las partículas en suspensión presentan sobre nuestra salud, se ha medido la concentración de aerosoles en el interior de los edificios mediante la sonda de aerosoles PCASP. Los resultados evidencian que el origen de los mismos es mayoritariamente el humo del tabaco.

Palabras clave: contaminación atmosférica, Campus de Vegazana, Análisis de Componentes Principales, aire interior, aerosoles, tabaco.

Introducción

De manera general, el término Contaminación Atmosférica hace referencia a la “presencia en el aire de sustancias o formas de energía que alteran la calidad del mismo, implicando riegos, daños o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza”. 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).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera el estudio de los contaminantes en la atmósfera como una de sus prioridades a nivel mundial. Así, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino en el año 2008 afirmaba que todos los años mueren en España 17.000 personas de manera prematura debido a la contaminación atmosférica. Esta cifra es tres veces superior a la de los accidentes de tráfico, por ejemplo, y diez veces superior a la de los accidentes laborales. Los efectos de la exposición a niveles de contaminación atmosférica son múltiples, siendo los sistemas más afectados el respiratorio y el cardiocirculatorio. Además, exposiciones elevadas a estos contaminantes aumentan la aparición de problemas alérgicos, la aparición temprana de enfermedades respiratorias en niños o incluso las tasas de aparición de cáncer de pulmón según la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica. El número de estudios relativos a los efectos de este tipo de contaminantes en la salud es muy elevado (Ballester, 2005; Ballester et al., 1996; 2001; Michelozzi et al., 1998).

Con el objetivo de garantizar que la población disfrute de una calidad del aire ambiente 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”. Por tanto, la superación de estos valores implica que se producirán efectos nocivos sobre la salud de las personas. Por otro lado, el RD 1073/2002

señala que “Las Administraciones públicas adoptarán las medidas necesarias para garantizar el respeto de los Valores Límite teniendo en cuenta un enfoque integrado de la protección del Medio Ambiente”. Por tanto, es fundamental conocer los valores de contaminación de los diferentes contaminantes presentes en el aire a fin de evaluar la calidad del aire ambiente, y adoptar las medidas correctoras oportunas si esta no fuese adecuada.

Los contaminantes atmosféricos pueden proceder tanto de fuentes fijas (industrias, calefacciones, etc.) como de fuentes móviles (vehículos). Además, y utilizando una clasificación en función de su origen, podemos distinguir los denominados *contaminantes primarios* (aquellos que proceden directamente de la fuente emisora) de los *contaminantes secundarios* (producidos como consecuencia de las reacciones y transformaciones físicas y químicas sufridas por los contaminantes primarios en la atmósfera). En la **Tabla 1** se resumen algunos de los principales contaminantes atmosféricos y sus fuentes.

Tabla1. Descripción de los principales contaminantes atmosféricos y sus fuentes (Ballester, 2005).

Contaminantes atmosféricos	Formación	Fuentes
Partículas en suspensión	Primaria	Vehículos, industria, humo del tabaco
Dióxido de azufre (SO ₂)	Primaria y secundaria	Procesos industriales, vehículos
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Primaria y secundaria	Vehículos, calefacciones
Monóxido de carbono (CO)	Primaria	Combustiones, vehículos
Ozono (O ₃)	Secundaria	Foto-oxidación de NO _x
Hidrocarburos	Primaria y secundaria	Vehículos, industria, combustiones

Por otro lado, la contaminación atmosférica puede ser evaluada no sólo en el aire ambiente exterior sino también en el interior de los edificios. De hecho, los contaminantes presentes en los ambientes interiores son los responsables de los mayores niveles de exposición de la población. Dentro de

los recintos cerrados, las concentraciones de contaminantes alcanzadas son superiores a las del aire exterior como consecuencia de las peores condiciones de dispersión. Además, es necesario destacar que de media, la población permanece el 95% de su tiempo diario en el interior de edificios (bien en su lugar de trabajo, en su casa, en sus lugares de ocio, etc.). Hay casos particulares, como las personas ingresadas en un recinto hospitalario en las que el tiempo de permanencia en un recinto cerrado es del 100% (Instituto de Salud Carlos III, 2006). Estos niveles de exposición muy elevados a concentraciones altas, hacen que evaluar la concentración de los contaminantes en el interior de los recintos cerrados adquiera especial importancia.

En el interior de los edificios existen contaminantes que proceden del exterior, pero hay un grupo de contaminantes que se han generado *in situ*. Dentro de los contaminantes propios del interior de los edificios, es el humo del tabaco el que presenta unos valores más elevados, y el que se encuentra presente en un mayor número de ambientes. En este sentido, es necesario puntualizar que son los aerosoles de tamaños inferiores a 2,5 micras de diámetro, generados por el humo del tabaco los que presentan unas consecuencias para la salud más graves, ya que son capaces de alcanzar los alvéolos pulmonares.

Finalmente, y teniendo en cuenta los aspectos anteriores, los objetivos del presente trabajo han sido los siguientes:

1. Conocer la calidad del aire ambiente en el Campus de Vegazana y clasificar los diferentes episodios de contaminación registrados.
2. Estudiar la calidad del aire en el interior de los edificios del Campus de Vegazana.
3. Evaluar, de manera particular, la contaminación debida a las partículas en suspensión en el interior de los edificios, debido a los importantes efectos causados por las mismas sobre la salud.

Atendiendo a los tres objetivos planteados, el presente estudio se ha dividido en tres apartados diferenciados que resumiremos a continuación.

Evaluación del aire ambiente en el Campus de Vegazana

Como ya hemos señalado, los contaminantes presentes en la atmósfera pueden proceder de diversas fuentes. Una vez emitidos, estos se mezclan con el aire ambiente. Es necesario puntualizar que son las condiciones meteorológicas,

las que van a determinar el grado de dispersión de los contaminantes en un determinado punto, y por tanto las concentraciones máximas alcanzadas. Son especialmente significativas las condiciones existentes en la denominada Capa Límite Planetaria (Stull, 1950), ya que en esta se produce la mayoría de los procesos y transformaciones químicas que sufrirán los contaminantes hasta llegar a nuestro organismo. Así, cuando medimos la concentración de los contaminantes ya mezclados con el aire ambiente, hablamos de medidas de *inmisión* (en contraposición a las medidas de *emisión*, que se refieren únicamente a los contaminantes sin mezclar en el ambiente). La administración mide estos niveles de inmisión en diversos puntos ya que es responsable, como sabemos, de mantener la calidad del aire que respiramos “dentro de unos umbrales que no entrañen riesgos inaceptables para la salud de las personas”. El número de puntos de muestreo, los métodos de medida y los Valores Límite para cada contaminante vienen marcados por la legislación, como ya hemos señalado (RD 1073/2002).

A la hora de evaluar los niveles de inmisión en el Campus de Vegazana, por tanto en el exterior de los edificios, nos planteamos, en primer lugar, conocer las características de la calidad del aire a lo largo del año. Es decir, evaluar el porcentaje de días en los que la calidad del aire que respiramos incumple la legislación, en qué meses contamos con una peor calidad del aire o qué contaminantes están presentes mayoritariamente.

Pero además y por otro lado, a partir de la base de datos generada, realizamos una clasificación de los episodios de contaminación atmosférica generados en función tanto del tipo de contaminantes presentes, como de las características meteorológicas registradas durante los mismos.

Base de datos

En el estudio se utilizaron datos procedentes de la “Red de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica en Castilla y León”. En concreto, y debido a su proximidad al Campus de Vegazana, se han utilizado los datos de la denominada estación “León 3”, situada en la Calle de San Juan de Sahagún, muy próxima al Campus. Se trata de una estación ubicada en una zona de carácter residencial, con tráfico rodado medio, y ubicada en un área amplia y llana (Red de control de la calidad del aire del Ayto. de León). La estación se encuentra orientada a realizar medidas representativas de la calidad del aire que afecta más directamente a la población, lo que se conoce como medidas de “fondo urbano”.



En el trabajo se han utilizado los datos diarios del año 2007 (Ayto. de León, 2007), ya que se trataba del año más reciente en el que se disponía de datos mensuales completos. Diariamente, se ha dispuesto de datos tanto de contaminantes como de diversas variables meteorológicas. Los parámetros medidos aparecen recogidos en la **Tabla 2**. Se han evaluado estos contaminantes ya que son los que presentan usualmente unas concentraciones más elevadas en zonas urbanas, y por ello, también son los que marca la legislación (RD 1073/2002). El método de muestreo y medida viene fijado por la legislación (RD 1073/2002).

Tabla 2. Lista de contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas registradas en la estación “León 3”.

Contaminantes atmosféricos ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Variables meteorológicas
NO	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 y resultados: Calidad del aire exterior

Con el objetivo de realizar una primera aproximación a las situaciones de contaminación atmosférica en el Campus, se ha representado en la **Figura 1** el número de días en los que se han producido superaciones de los Valores Límite a lo largo de los meses del año. Como puede observarse, son los meses de noviembre y febrero los que han registrado un mayor número de días con aire contaminado. No obstante, el resto de los meses de invierno también presentan valores elevados. En el otro extremo, se encuentran los meses de julio y octubre en los que la calidad del aire se ha mantenido siempre dentro de los valores legales permitidos.

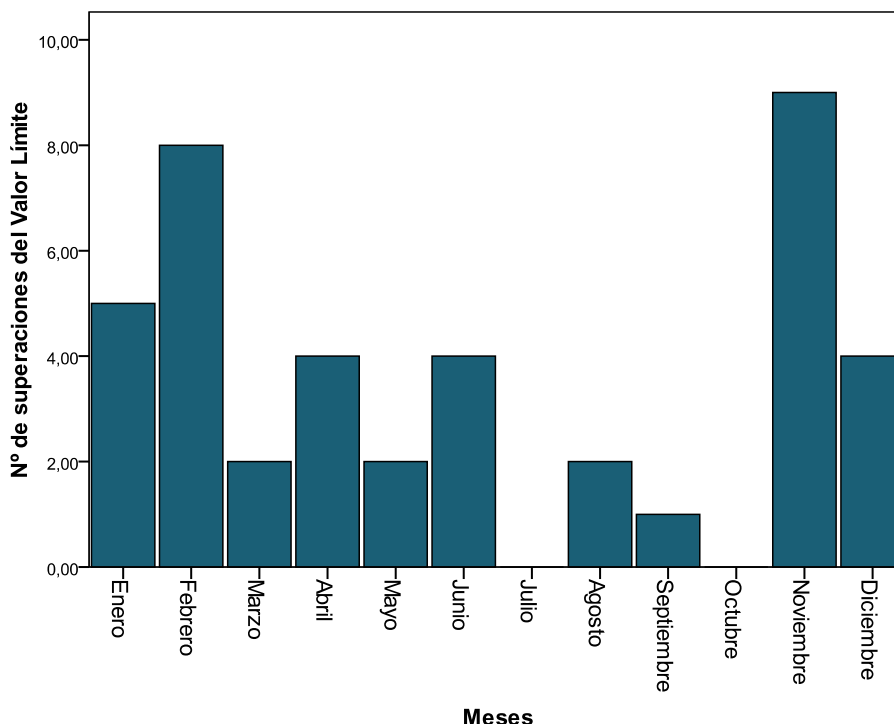


Figura 1. Número de días en los que se han producido superaciones de los Valores Límite a lo largo del año 2007.

Es importante destacar que durante los meses de agosto y septiembre las superaciones registradas se deben únicamente a los valores de partículas medidas, manteniéndose el resto de contaminantes por debajo de sus Valores Límites. En el resto de los episodios, se produce la superación de los umbrales máximos permitidos en la totalidad de los contaminantes evaluados. De manera global, se han registrado un total de 41 días con superación de los valores máximos marcados por la legislación, lo que implica que en el Campus respiramos aire contaminado el 11,23% de los días del año.

Posteriormente, se ha representado la variación diaria de las concentraciones de los contaminantes a lo largo del año. En la **Figura 2** puede apreciarse cómo existen contaminantes típicos del invierno (y principios de la primavera), ya que es en esta época dónde se registran sus mayores concentraciones (fundamentalmente debido a que tienen su origen en las combustiones de las calefacciones). Por ello, en la **Figura 2** se ha representado de manera conjunta la evolución anual de estos compuestos (NO, NO₂ y SO₂).

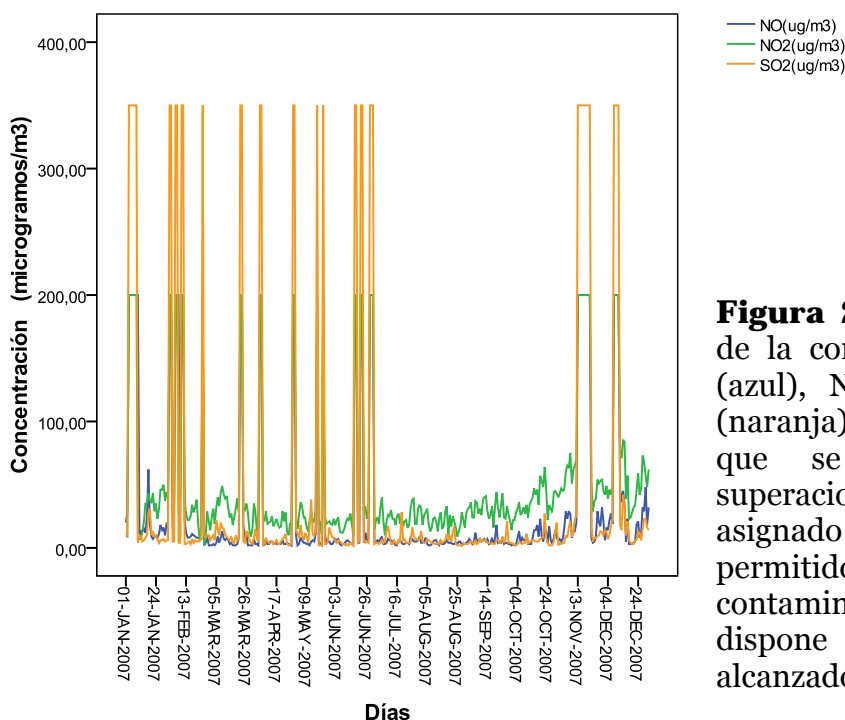


Figura 2. Evolución diaria de la concentración de NO (azul), NO₂ (verde) y SO₂ (naranja). A los días en los que se han registrado superaciones, se les ha asignado el Valor Límite permitido para cada contaminante, ya que no se dispone del valor máximo alcanzado.

Por otro lado, otros contaminantes presentan valores especialmente elevados en primavera, como el ozono (**Fig. 3**). Esto se debe a que se trata de un contaminante secundario, que tiene un origen fotoquímico por lo que aparece en días con radiación solar elevada.

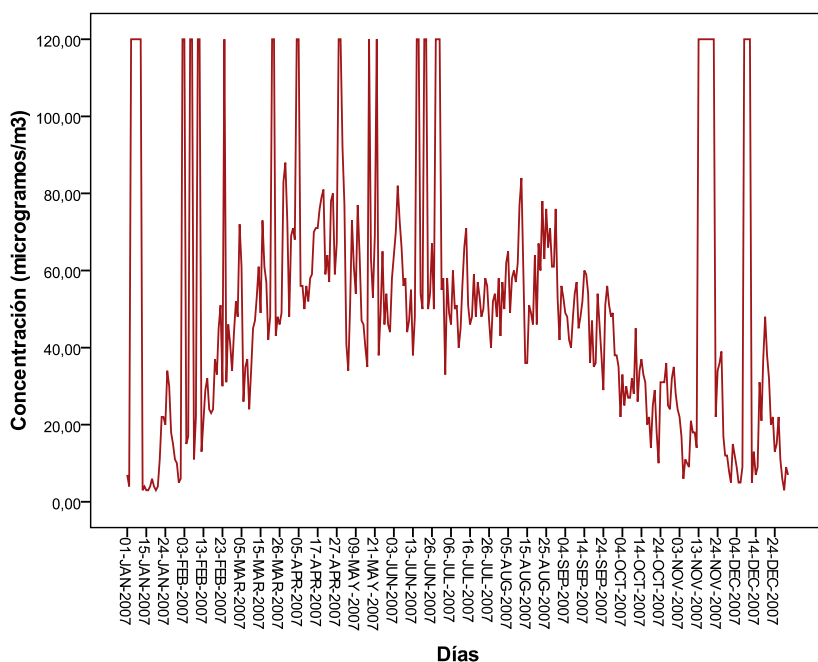


Figura 3. Evolución diaria de la concentración de ozono. Durante los días en los que se han registrado superaciones, se ha asignado el Valor Límite permitido.

Finalmente, hay contaminantes como las partículas que presentan valores elevados en diferentes épocas del año (**Fig. 4**).

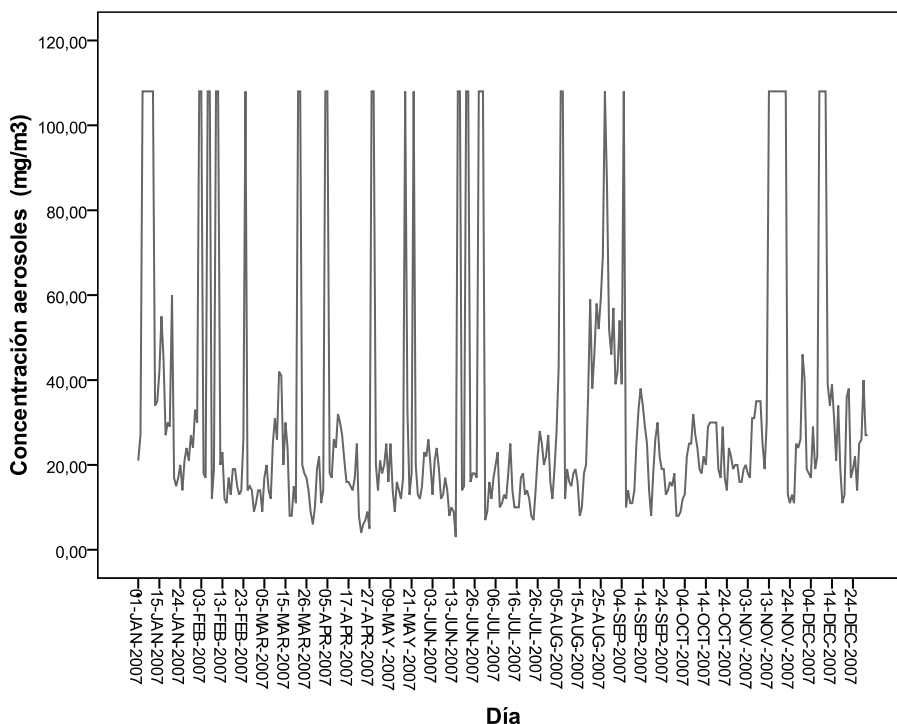


Figura 4. Evolución diaria de la concentración de aerosoles. Durante los días en los que se han registrado superaciones, se ha asignado el valor de $110\mu\text{gm}^{-3}$.

Es necesario puntualizar que algunos de estos episodios (con elevado contenido de partículas) pueden estar ocasionados por contaminación local, es decir aquella generada en la propia ciudad de León, pero hay otro tipo de situaciones en los que la presencia de elevados niveles de partículas se encuentra relacionada con las invasiones de masas de aire continental tropical. Estas situaciones se caracterizan por presentar elevadas temperaturas, baja humedad relativa y sobre todo por la presencia de un número muy elevado de partículas en suspensión procedentes del norte de África (polvo del desierto).

Metodología y resultados: clasificación de los episodios de contaminación

Con el objetivo de clasificar los episodios de contaminación atmosférica registrados, se ha realizado un Análisis de Componentes Principales. El mismo nos ha permitido además, evaluar cuáles son las variables meteorológicas que describen de manera más adecuada cada uno de las Situaciones Tipo obtenidas.

El criterio seguido para el cálculo de la matriz factorial es el método de Componentes Principales junto con una rotación Varimax de Kaiser posterior. El valor de corte para las saturaciones ha sido de 0,5, es decir, las variables con saturaciones superiores quedan asociadas a ese componente (Leiker, 1988). Por

otra parte, se ha tratado de minimizar el número de factores para llegar a una solución lo más sencilla e interpretable posible.

Tabla 3. Variables asociadas a cada uno de los Componentes Principales (CP) y varianza explicada por los mismos.

Variables	CP 1	CP 2	CP 3
NO	-0,534	0,263	-0,009
NO ₂	-0,572	0,715	0,005
O ₃	0,843	-0,216	0,106
Partículas	0,003	0,262	-0,689
SO ₂	-0,461	0,519	0,315
Temperatura máxima	0,832	0,333	-0,192
Temperatura mínima	0,768	-0,007	-0,302
Humedad relativa	-0,596	-0,579	-0,159
Presión	0,505	0,554	0,009
Radiación solar	0,845	0,187	0,235
Velocidad media	0,122	-0,486	0,542
Dirección del viento	0,006	0,404	0,358
VARIANZA EXPLICADA	34,657	17,982	10,291

De la **Tabla 3** podemos deducir que la primera componente está formada por seis variables. Esta componente explica por sí sola el 34,66% de la varianza. La primera componente integra elevadas concentraciones de ozono, elevadas temperaturas, tanto máximas como mínimas y radiación solar alta (lo que indica que las concentraciones elevadas se produjeron durante el día). Además, la humedad relativa es baja y las concentraciones de NO también lo son. La interpretación meteorológica de esta primera componente señala que engloba a los días en los que ha aparecido **contaminación fotoquímica**.

La segunda componente, que explica el 17,98% de la varianza integra concentraciones elevadas de NO₂ y SO₂ y también presiones altas. Tanto el SO₂ como el NO₂ son dos contaminantes derivados de los combustibles fósiles. Las concentraciones altas podrían explicarse debido a la presencia de un anticiclón (altas presiones). En este tipo de días la dispersión de los contaminantes se ve reducida debido a la aparición de una inversión térmica de subsidencia o radiativa en la Capa Límite. Esta situación sería característica de las noches y

primeras horas de la mañana, y se produce fundamentalmente en invierno. A este tipo de episodios los denominaremos de **contaminación ácida**. Esto es debido a que durante los mismos, hacen su aparición en la atmósfera diversos ácidos derivados de sus contaminantes primarios (fundamentalmente HNO_3 y H_2SO_4). Es la responsable del mayor número de superaciones de los Valores Límite registrados en el campus.

Finalmente, la tercera componente, incluye la velocidad media del viento y la concentración de partículas. Cuando se reduce la velocidad del viento se incrementa el número de partículas debido a que la dispersión de los aerosoles en la atmósfera se ve disminuida. Por otro lado, situaciones con un elevado número de partículas pueden presentarse tanto en verano como en invierno. Es necesario destacar que las tres superaciones registradas durante los meses de agosto y septiembre, se deben a la advección de aire del SE de la Península. En este tipo de situaciones, la presencia de una borrasca en el Mediterráneo o en el N de África introduce aire cargado de aerosoles. La velocidad del viento y su dirección son por tanto factores determinantes a la hora de predecir las máximas concentraciones de partículas registradas. Con esta tercera componente, caracterizada por situaciones de **contaminación por partículas**, conseguimos explicar el 62,93% de la varianza total.

Pues bien, a la vista de los resultados, podemos clasificar los episodios en tres situaciones tipo:

- *Episodios de contaminación fotoquímica*: caracterizados por elevado contenido de ozono, elevadas temperaturas y elevada radiación solar. Este tipo de situación se produce fundamentalmente durante los meses de primavera y aparece durante las horas centrales del día.
- *Episodios de contaminación ácida*: caracterizados por elevadas concentraciones de NO_x y SO_2 (y sus ácidos derivados) y la presencia de un anticiclón. En este tipo de situaciones, es frecuente la aparición de una inversión térmica cerca del nivel de superficie lo que impide la dispersión vertical de los contaminantes. La superación de los Valores Límite se produce durante las primeras horas del día o de la noche. Este es el tipo de episodio más frecuente.
- *Episodios con elevadas concentraciones de partículas*: Se registran altas concentraciones de partículas con velocidades de viento bajas. Puede aparecer tanto en invierno como en verano. En verano, estas concentraciones se deben a las irrupciones de la masa de aire continental tropical cálida.

Como ya hemos señalado, la varianza total explicada es del 62,9%. En futuros trabajos se pretende ampliar la base de datos actual con las nuevas medidas de años más recientes con el objetivo de ver incrementada la representatividad de los resultados alcanzados. De igual manera, se desea evaluar con mayor rigurosidad la estabilidad atmosférica añadiendo nuevas variables como la Clase de estabilidad de Pasquill registrada o la Altura de la Capa de Mezcla estimada.

Evaluación de la calidad del aire en el interior de los edificios

Los elevados tiempos de exposición de la población universitaria en el interior de los edificios, hacen que las medidas de la contaminación presente en ambientes interiores sean de especial importancia. Por ello, se decidió realizar una medida de la calidad del aire en el interior de aquellos edificios que pudieran ser representativos de la exposición en el campus universitario. En cada uno de los puntos evaluados se midieron cinco contaminantes: NO_x (NO, NO₂), CO, SO₂ e hidrocarburos.

Puntos de muestreo y bases de datos

Se eligieron seis puntos de control dentro del Campus de Vegazana en los que se evaluó la calidad del aire (**Fig. 5**). Los mismos se han considerado representativos de los diferentes ambientes a los que puede verse expuesta la comunidad universitaria. Así, los puntos seleccionados fueron:

- Hall de la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales.
- Aula 5 de la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales.
- Cafetería Universitaria.
- Sala de reprografía del Edificio Darwin.
- Laboratorio de Fisiología Vegetal.
- Despacho 205 de la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales.

Las mediciones en cada uno de los puntos de control han sido duplicadas, realizándose una primera medida en el mes de noviembre y repitiéndose de nuevo esta en el mes de febrero en cada uno de los puntos.



Figura 5. La contaminación se ha evaluado en distintos ambientes interiores.

Metodología y resultados

Para realizar las medidas se utilizó una bomba de muestreo de gases modelo GV-100S. Esta permite coleccionar con precisión un volumen de muestra para un determinado tubo detector. El volumen de muestreo viene determinado por la posición de la carrera completa del pistón (100ml) y el número de bombeos realizados con la misma.

La bomba de muestreo utiliza tubos detectores específicos para cada uno de los gases contaminantes evaluados (**Fig. 6**). Los detectores GASTEC son tubos de vidrio fino con escala de calibración impresa en los que se puede leer directamente las concentraciones de gases o vapores a medir. Cada tubo contiene reactivos de detección que son especialmente sensibles al componente objeto de medición y producen rápidamente una marca distinguible de cambio de color. Para asegurar una indicación de alta precisión, el diámetro interior de los tubos detectores está controlado y los reactivos de detección presentan

estabilidad a largo plazo. Por otro lado, los lotes de producción individual se calibran independientemente, llevando impreso cada tubo un número con el control de calidad.

Una vez obtenidos los resultados, estos han sido corregidos teniendo en cuenta la temperatura, la humedad y la presión existente en el punto de medida, según nos señalan las especificaciones de los tubos detectores. Cada uno de los tubos detectores cuenta con unos valores de corrección característicos.

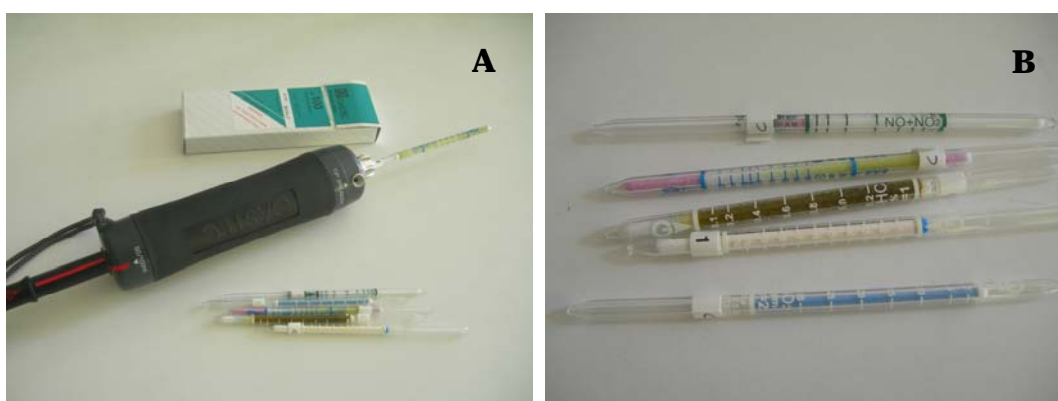


Figura 6. (A) Bomba GASTEC modelo GV-100S y (B) tubos detectores GASTEC utilizados en las medidas tomadas en el campus de la ULE.

Respecto a los resultados, hay que destacar que en ninguna de las ubicaciones se han superado los Valores Límite marcados por la legislación RD 1073/2002 durante las medidas realizadas. La actualización legislativa referente a las concentraciones límite en los ambientes interiores es uno de los principales objetivos del Programa C.A.F.E. (Clean Air for Europe) de la Unión Europea. Actualmente, existe normativa para la medida en ambientes interiores de algunos contaminantes (UNE 77 260-3 para el formaldehído, UNE-EN ISO 16017-1 para los Compuestos Orgánicos Volátiles), pero también existen muchos otros compuestos (NO_x , PCB's, Dioxinas y otros) para los que se está elaborando en la actualidad este tipo de normativa. Normalmente, los ambientes interiores, especialmente aquellos no industriales, no están bien recogidos en la legislación, por lo que no se realiza ningún tipo de estudio de la calidad del aire hasta la aparición de episodios graves para la salud (especialmente los referidos a Síndrome del Edificio Enfermo).

En la **Tabla 4** se pueden observar los valores medidos en la sala de reprografía del Edificio Darwin. En la misma, y aunque todos los parámetros estaban por debajo de los Valores Límite, las concentraciones alcanzadas por los NO_x eran las más elevadas de todas las ubicaciones. No debemos olvidar que las fotocopiadoras emiten NO_x, y O₃ (Valuntaitė y Girgždienė, 2007) por lo que en este tipo de recintos es especialmente importante contar con mecanismos de ventilación adecuados.

Tabla 4. Valores horarios medidos en la sala de reprografía del Edificio Darwin. (*) valor promedio máximo para un periodo de 24 h; (**) valor promedio máximo para un periodo de 0,5 h.

Contaminante	Medida	Límite Legislación
	(ppm)	
NO _x	0,005	0,01
SO ₂	<0,1	0,13
CO	<5	8,6 (24h)*; 25,8 (0,5 h)**
Hidrocarburos	<0,1	200

No obstante, es necesario señalar que a fin de obtener un mapa de la calidad del aire en el interior de los edificios del campus, sería necesario ampliar los periodos de muestreo en cada uno de los puntos así como la red de puntos de medida.

Evaluación del contenido de aerosoles o partículas en suspensión

En meteorología, el término *aerosol* comprende “aquellas partículas sólidas y/o líquidas presentes en suspensión en una masa de aire, con exclusión de las gotitas o cristales de nube o las gotas de lluvia, definidos estos últimos con el término de hidrometeoros”. También se utiliza el término *partículas en suspensión* o *material particulado*. A fin de caracterizar el comportamiento de los aerosoles, el tamaño es el parámetro más importante, ya que determina tanto su evolución en la atmósfera como su eliminación. El tamaño de los aerosoles está condicionado no solo por sus mecanismos de formación, sino por

los procesos físicos y químicos que ha sufrido a lo largo de la atmósfera. Por otro lado, el diámetro de los aerosoles es un parámetro clave a la hora de evaluar los efectos provocados por los mismos sobre la salud de las personas. Medir por lo tanto la distribución de tamaños de los aerosoles es fundamental a la hora de conocer no solo su procedencia sino también sus efectos en la salud de las personas.

Las relaciones entre la presencia de material particulado y los daños en la salud han sido plasmadas en diversos trabajos. El sistema respiratorio es la principal vía de entrada de los aerosoles. Cuando inspiramos llega a nuestros pulmones alrededor de medio litro de aire, que puede contener tanto gases contaminantes como partículas sólidas. 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. No debemos olvidar que el tipo de respiración de la persona (nasal u oral), el tiempo de exposición y la susceptibilidad del individuo son factores importantes a tener en cuenta. Las partículas de la fracción PM_{2,5} (partículas con diámetros iguales o inferiores a 2,5 μm) son las más peligrosas para la salud ya que poseen una mayor capacidad de penetración en el organismo y una mayor reactividad química. Estas son capaces de alcanzar los alvéolos, y por tanto la sangre. Según la OMS, estas partículas ocasionan graves riesgos para la salud, al incrementar la mortalidad debido a enfermedades respiratorias, cardiovasculares y oncológicas.

Puntos de muestreo y bases de datos

Se eligieron cuatro puntos de control dentro del Campus de Vegazana en los que se evaluó la calidad del aire. Se dio especial importancia a los muestreos realizados en la cafetería, ya que era previsible que los valores de partículas en suspensión fuesen elevados. Así, los puntos seleccionados fueron:

- Hall de la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales.
- Aula 1.3 del Edificio Darwin.
- Cafetería Universitaria (durante la mañana).
- Cafetería Universitaria (durante la tarde).

Para cada uno de los puntos se realizó un solo muestreo durante el mes de abril, salvo en la cafetería en la que se realizaron 3 mediciones. Dado el carácter anual de las asignaturas en las que se ha enmarcado el presente estudio, no ha sido posible ampliar el número de muestreos, a fin de aumentar la representatividad de las medidas.

Metodología y resultados

Con el objetivo de conocer el espectro de tamaños de partículas se ha dispuesto de un espectrómetro láser (Passive Cavity Aerosol Spectrometer), PMS, modelo PCASP-X (**Fig. 7**). El PCASP es un contador óptico de partículas que mide la distribución del tamaño de las mismas (diámetros ópticos nominales) comprendidos entre 0,1 y 10 μm . Es decir, con las medidas realizadas podemos conocer tanto el número total de aerosoles presentes en un determinado volumen de medida, como la distribución por tamaños de los mismos.



Figura 7. Espectrómetro láser PMS, modelo PCASP-X.

Los resultados nos muestran que respecto a las concentraciones alcanzadas, los valores más elevados han sido los registrados en la cafetería (4.828 aerosoles m^{-3}). Estos valores son en promedio 20 veces superiores a los registrados en el Hall de la Facultad, o 150 veces superiores a los registrados en un Aula 1.3 ventilada. Las medidas realizadas durante la tarde, con menos personas y menos fumadores, son en promedio diez veces inferiores a las registradas durante la mañana.

A fin de conocer el cumplimiento de la legislación en la cafetería, es necesario ampliar el periodo de medida y disponer de métodos de medida complementarios. Así, en futuros trabajos se desea utilizar un sistema de muestreo por aspiración en filtros seguido de determinación gravimétrica.

Por otro lado, con el objetivo de investigar el origen de los aerosoles en el punto más contaminando, se ha representado, y calculado la correlación entre el número total de aerosoles y el número de fumadores presentes en el interior del edificio (**Fig. 8**). También se ha evaluado la correlación entre aerosoles y el número de personas no fumadoras. Se han encontrado correlaciones significativas entre el número de aerosoles y el número de fumadores, pero no entre el número de aerosoles y el número total de personas. Por tanto, las correlaciones encontradas, con un nivel de significación del 0.01 para la *r de Pearson*, nos llevan a afirmar que el origen de las partículas contaminantes es el humo del tabaco.

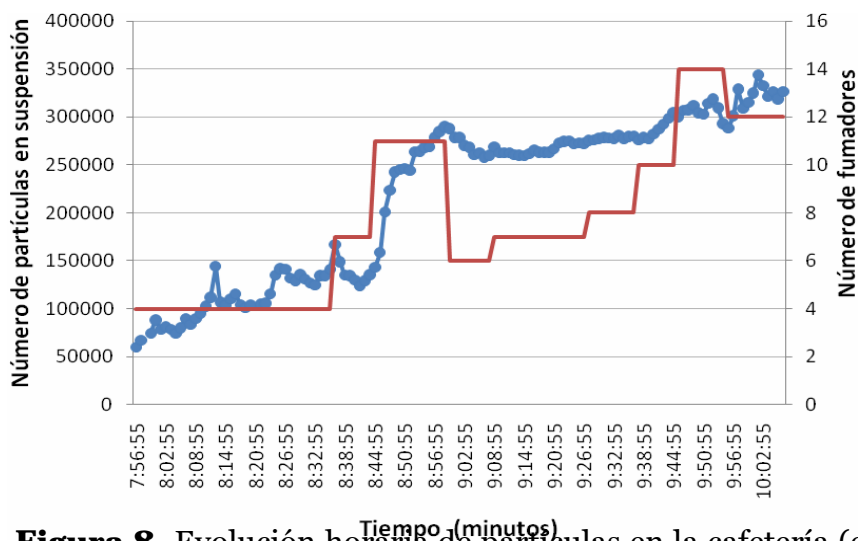


Figura 8. Evolución horaria de partículas en la cafetería (en azul) vs. número de fumadores (rojo).

Conclusiones

1. En el Campus de Vegazana, y respecto a los niveles de inmisión, en el 11% de los días la concentración de contaminantes sobrepasa los Valores Límite permitidos por la legislación.
2. Mediante un Análisis de Componentes Principales los episodios de contaminación se han clasificado en tres grupos: *contaminación fotoquímica*, *contaminación ácida* y *contaminación por aerosoles*. Estas situaciones están caracterizadas tanto por un tipo de contaminantes, como por unas determinadas condiciones meteorológicas.
3. En el interior de los edificios y durante los días de medida, no se han registrado concentraciones en las que se superasen los Valores Límite. Las concentraciones más elevadas se encontraron en la Sala de reprografía del Edificio Darwin, con valores elevados de NO_x.
4. Los niveles de aerosoles registrados en la cafetería son 20 veces superiores a los registrados en el interior de la Facultad de Biología, y 100 veces superiores a un aula con ventilación.
5. Las correlaciones significativas encontradas entre el número de fumadores y el número total de aerosoles dentro de la cafetería, nos permite afirmar que la principal fuente de partículas en suspensión es el

humo del tabaco. No se han encontrado correlaciones entre el número de aerosoles y el número de personas.

6. El presente trabajo se encuentra enmarcado dentro de dos asignaturas anuales de Libre Elección Curricular: *Introducción a la investigación* y *Trabajo de investigación*. Por ello, y para garantizar la representatividad de los resultados encontrados, será necesario en futuros trabajos aumentar tanto el número de puntos de muestreo como las mediciones directas. Por otro lado, se hace también necesario disponer de un mayor número de días de muestreo en la estación de control de la contaminación “León 3”.

Agradecimientos

Los autores y la tutora quieren agradecer la amabilidad y colaboración del personal de la Cafetería Central Universitaria, en especial de D. Antonio Nido, del personal de Consejería de la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales y también del P.A.S del Edificio Darwin y de su personal de reprografía. Asimismo, quieren agradecer al Dr. Antonio Encina la atención prestada durante las mediciones en el Área de Fisiología Vegetal. Finalmente, agradecer a D. Andrés Merino su ayuda en el despliegue experimental y a la Dra. Amaya Castro, Dra. Ana Isabel Calvo y D. Andrés Merino por sus valiosos comentarios.

Bibliografía

- Ayuntamiento de León (2007) Informe sobre la calidad del aire en el municipio de León durante el año 2007. Disponible en: [http://www.aytoleon.es/es/ayuntamiento/areasmunicipales/medioambiente/calidadambiental/atmosfera/resmenes%20anuales/informe resumido_2007.pdf](http://www.aytoleon.es/es/ayuntamiento/areasmunicipales/medioambiente/calidadambiental/atmosfera/resmenes%20anuales/informe_resumido_2007.pdf)
- Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, Cambio Climático y salud. Rev. Esp. Salud Pública 79:159-175.
- Ballester F., Corella D., Pérez-Hoyos S., Hervás A. (1996). Air Pollution and Mortality in Valencia, Spain: a Study using the APHEA Methodology. J. Epidemiol. 50:527-533.



- Ballester F., Tenías J.M., Pérez-Hoyos S. (2001). Air pollution and emergency hospital admissions for cardiovascular diseases in Valencia, Spain. *J. Epidemiol.* 55:57-65.
- Instituto de Salud Carlos III. (2006). Calidad del aire y salud. V Seminario de Calidad del Aire en España.
- Leiker, K. (1988). Application of Factor Analysis techniques to the mapping of tornado data: A New England Application. 15th Conference on Severe Local Storms, AMS, Baltimore, 517-519.
- Michelozzi P., Forastiere F., Fusco D., Perucci C.A., Ostro B., Ancona C. (1998). Air pollution and daily mortality in Rome, Italy. *Occup. Environ. Med.* 55: 605-610.
- Red de control de la calidad del aire del Ayto. de León. Disponible en <http://www.aytoleon.es/es/ayuntamiento/areasmunicipales/medioambiente/calidadambiental/atmosfera/Paginas/reddecontroldecalidaddelaireenLeon.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.
- Stull R., (1950). *An Introduction to boundary layer meteorology*. Pp 647, Kluwer Academic Publishers, London.
- Valuntaitė V., Girgždienė R. (2007). Investigation of ozone emission and dispersion from photocopying machines. *J. Environ. Eng. Landsc. Manag.* 2:61-67.

Cristina Gallinas Suazo y **Fernando Pérez García** son alumnos de 4º curso de Biotecnología (2009-10).



BAÚL DE LA CIENCIA

Las vicilinas, una lección sobre evolución

Luis E. Sáenz de Miera y Carnicer

Área de Genética. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales de la Universidad de León

Las vicilinas son un grupo de proteínas de reserva de las leguminosas, codificadas por familias génicas cuyos genes sufren fenómenos evolutivos mediante procesos de evolución concertada y de nacimiento y muerte génica (*birth and death*). Algunas vicilinas han sufrido mutaciones suficientemente importantes como para que admitamos un cambio en su función; de hecho reciben nuevos nombres, como es el caso de la convicilina. Las convicilinas representan una innovación evolutiva que conlleva la ganancia de una nueva proteína para la planta y la ganancia de información dentro del propio gen. Pero vayamos por partes, todo esto merece una explicación más detallada.

Palabras clave: evolución, innovación evolutiva, proteína de reserva, leguminosas, familia genética

Las proteínas de reserva de distintas plantas tienen un origen común

Tradicionalmente las proteínas de reserva de las semillas vegetales han sido consideradas como meros reservorios de aminoácidos. Son necesarias para la germinación de la semilla y para soportar los primeros días de desarrollo de las nuevas plántulas. Durante bastante tiempo se creyó, equivocadamente, que carecían de cualquier otra función. De ser esto cierto los genes que las codifican no deberían tener demasiadas restricciones en su secuencia y estarían sometidos a un proceso de cambio rápido mediado mayoritariamente por el azar. La actuación selectiva quedaría reducida, de forma muy somera, a mantener la estructura y composición de las mismas. Sin embargo es posible reconocer homologías entre proteínas de reserva de especies que divergieron desde poco después de la aparición de las angiospermas, lo que sugiere que los procesos de selección han participado de manera importante en su evolución.

A pesar de que es posible reconocer la homología entre la mayoría de las proteínas de reserva, al menos en su estructura secundaria, se clasifican en diferentes grupos con denominaciones específicas en función de la composición de aminoácidos, la posibilidad de glicosilaciones y algunas propiedades físicas, tales como la solubilidad. En las leguminosas nos encontramos con las globulinas y dentro de éstas encontramos dos familias proteicas, leguminas y vicilinas que difieren en sus coeficientes de sedimentación, pero en sus genes puede detectarse suficiente similitud como para asegurar que tienen un origen

común. Aunque son típicas de las leguminosas, globulinas semejantes se encuentran en especies como *Ginkgo biloba*, lo que muestra que la globulina ancestral es anterior a la divergencia entre gimnospermas y angiospermas. Pero en este baúl de la ciencia nos centraremos exclusivamente en las vicilinas de las leguminosas.

Las vicilinas están codificadas por familias génicas

Las vicilinas son proteínas heterogéneas. Cada especie presenta varios genes que codifican para precursores que pueden almacenarse durante la formación de la semilla como monómeros o como polímeros. Algunos de los precursores sufren un procesamiento proteolítico que origina las subunidades más pequeñas típicas de las proteínas maduras. En gran medida, la diversidad de formas proteicas está determinada por la información contenida en los genes codificantes para vicilinas. Y en este caso en todas las especies estudiadas se han encontrado varios genes, es decir, las vicilinas están codificadas por familias génicas. Entre las especies estudiadas se incluyen soja, judía, guisante y lenteja, entre otras.

La presencia de varios genes semejantes que codifican para una proteína o un tipo determinado de proteínas, una familia génica, permite comparar distintos genes, ya sean de la misma o de distintas especies. Todos son genes homólogos porque se han originado a partir de un ancestro común. Pero podemos encontrar genes homólogos originados por un proceso de especiación, el mismo gen en especies distintas, son genes ortólogos. También podemos encontrarnos con genes homólogos diferentes cuyo origen se encuentra en una duplicación dentro de una especie, son genes parálogos. Pero no es tan sencillo, las relaciones de ortología y paralogía se establecen entre parejas de genes, un gen particular puede tener su ortólogo en una especie próxima y ser parálogo a copias de su misma especie o a genes de otras especies, siempre que la duplicación se haya producido antes de la especiación (**Fig. 1**).

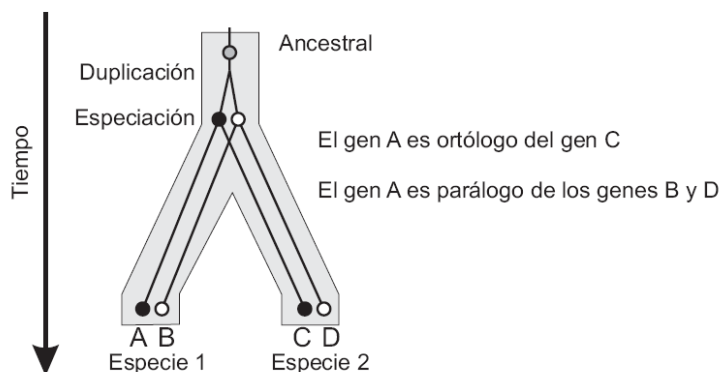


Figura 1. Genes ortólogos producidos por especiación y parálogos, procedentes de duplicaciones.

Si una proteína está codificada por sendas familias génicas en dos especies diferentes, que están relativamente próximas a nivel evolutivo, podríamos esperar que las duplicaciones que originaron las diferentes copias se hayan producido antes de la separación de los linajes que consideramos especies distintas. En este caso, las copias ortólogas de las dos especies tendrían un origen común (coalescen) en un gen ancestral más reciente que las copias parálogas, aunque pertenezcan a la misma especie. Dicho de otro modo, considerando dos genes dados, si corresponden al mismo gen en dos especies distintas, estarían más próximos evolutivamente que dos genes originados por una duplicación.

Gracias al modelo neutralista de la evolución molecular de Kimura vamos a poder relacionar las variables “número de cambios” y el tiempo transcurrido desde que dos secuencias coalescen y el momento presente. Así, de acuerdo con el modelo neutralista, la gran mayoría de los cambios que observamos en las secuencias de aminoácidos y nucleótidos se habrían fijado mayoritariamente por deriva genética, es decir por azar y no por selección. Por tanto las diferencias observadas entre dos secuencias dependen del tiempo que ha pasado desde el momento en que coalescen. De hecho este principio se cumple en la mayoría de parejas de genes ortólogos.

Existen distintos modelos de evolución para las familias génicas

Cuando se estudiaron los genes de vicilinas de judía, denominados faseolinas por el nombre del género al que pertenecen (*Phaseolus*), se encontró que existen entre 6 y 8 genes, tan próximos físicamente que se localizan en la misma posición del mapa genético. Estos genes se parecen tanto entre sí que un análisis de coalescencia indicaría que su origen es muy reciente. Todos los genes de judías se parecen más entre ellos que a cualquier otro de especies relativamente próximas. Para explicar este hecho podemos proponer dos hipótesis:

- Los distintos miembros de la familia génica de las vicilinas de una especie tienen un origen muy reciente, esta hipótesis necesita una serie de consideraciones que analizaremos a continuación, de momento la denominaremos evolución por *birth-and-death* (nacimiento y muerte) como propusieron Nei y sus colaboradores.
- La segunda hipótesis es la actuación de algún mecanismo que evite la diferenciación de los genes parálogos presentes en el mismo genoma, a este mecanismo se le denomina evolución concertada.

Los modelos de evolución concertada y de evolución *birth-and-death* pueden verse en la **Fig. 2**. En la evolución concertada los diferentes miembros de una familia génica sufren procesos de homogenización dentro de las especies. Esta homogenización suele estar asociada a recombinación entre genes de familias génicas situadas en tandem sobre los cromosomas; el ejemplo clásico es el de los genes codificantes para los RNA ribosomales. Aunque los genes se diferencien con el tiempo tal y como propone la teoría neutralista, la recombinación ocasional entre elementos distintos de la familia génica de los cromosomas homólogos que los portan eliminan esas diferencias. De este modo los distintos genes de una familia génica evolucionan en bloque. Es como si todos los genes de una especie fuesen ortólogos de los genes de otra especie emparentada. Serían los bloques de genes los que se diferenciarían, sometidos a la deriva genética acumulando diferencias a lo largo del tiempo tal y como propone la teoría neutralista. La evolución concertada explica mejor las grandes semejanzas entre los genes de faseolinas, existen pruebas adicionales, como la presencia de una pequeña región central donde se concentran las escasas diferencias en la secuencia.

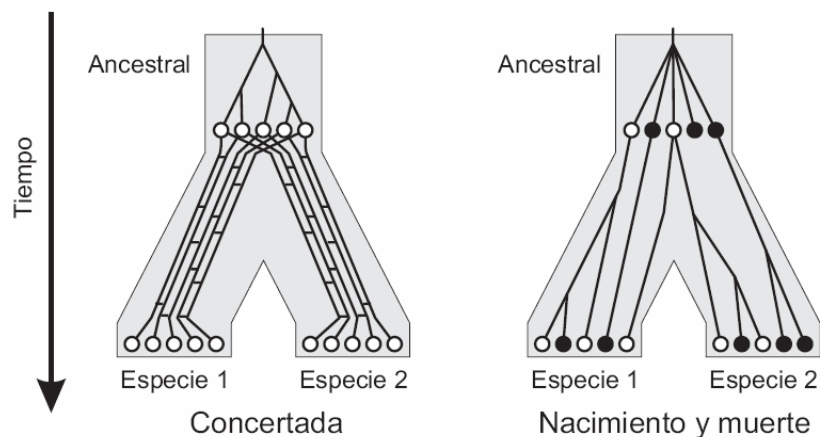


Figura 2. Modelos de evolución concertada y evolución por nacimiento y muerte en las familias génicas. Los círculos abiertos representan genes funcionales, y los cerrados pseudogenes. Las líneas horizontales representan homogenizaciones por recombinación.

La alternativa del modelo de evolución *birth-and-death* propone que una vez formada una familia génica (varias copias de un gen) es fácil que se añadan nuevos genes por nuevas duplicaciones. Cuando un gen sufre alguna mutación que lo hace inservible, el individuo que lo porta tiene otros miembros de la familia que realizan la función, pueden suplir al gen mutado. De este modo en las familias génicas “nacen” nuevos miembros cada cierto tiempo y “mueren” otros miembros más antiguos, los “cadáveres” (las comillas indican términos

utilizados incorrectamente) de los genes muertos se convierten en pseudogenes. Los distintos genes que podemos encontrarnos en especies actuales pueden ser muy semejantes entre sí porque efectivamente proceden de duplicaciones recientes.

Al estudiar las vicilinas de otras especies de leguminosas se encuentra que también hay varios genes, unos 5 en haba (*Vicia faba*) y entre 7 y 24 en soja (en esta especie, *Glycine max*, las vicilinas se llaman β -conglucininas), en este caso no todos los genes dentro de una especie son tan parecidos como en judía.

En nuestro laboratorio se han estudiado los genes de vicilinas de lentejas y se han comparado con los de vicias y guisantes, plantas pertenecientes a la tribu Vicieae. Se pueden distinguir subfamilias génicas en las que las diferencias entre genes de distinta especie eran menores que las diferencias entre genes pertenecientes al mismo genoma. No hay evolución concertada entre subfamilias génicas en estas especies. Así en guisante y lenteja se encuentran dos tipos de precursores (formas proteicas de las vicilinas antes de madurar) de 47 y 50 kilodaltons respectivamente, aunque en lenteja se han visto al menos dos tipos de genes relacionados con cada precursor (**Fig. 3**).

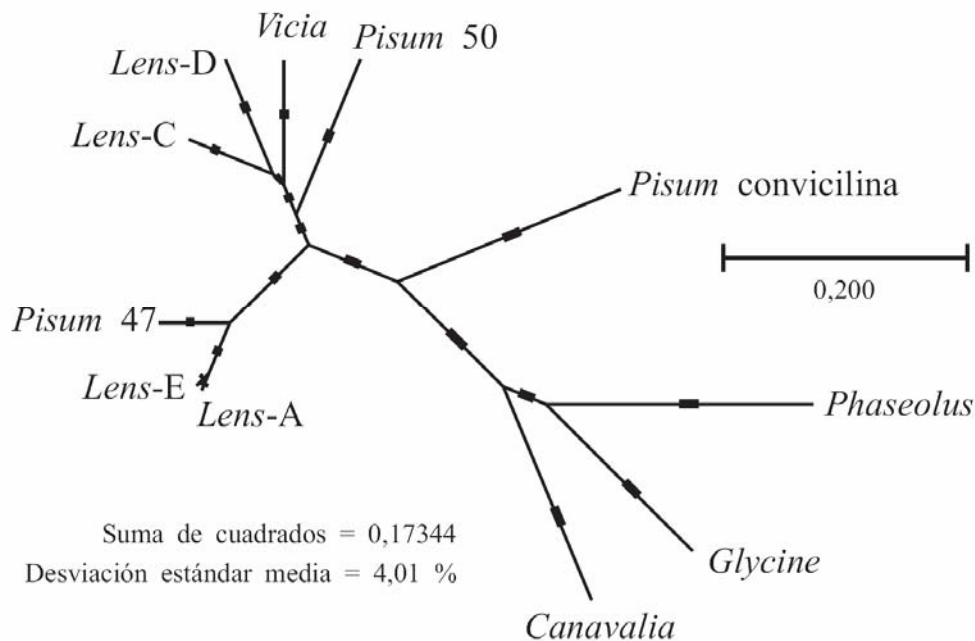


Figura 3. Relaciones filogenéticas entre genes de vicilinas de diferentes especies. Las letras en *Lens* (lenteja) indican los diferentes tipos de secuencias. En *Pisum* (guisante) 47 y 50 corresponden a los genes codificantes para los dos tipos de precursores de vicilinas. Las cajas negras sobre las ramas corresponden a los errores en las longitudes de las mismas.

Sin embargo, no es posible establecer cuáles son los equivalentes a las subfamilias génicas de guisante y lenteja en soja, que también incluye genes diferentes. Además se ha encontrado un pseudogén en lenteja que apunta al modelo de evolución por nacimiento y muerte de genes. Este pseudogén parece un “cadáver” muy nuevo por varias razones: puede reconocerse una semejanza superior a una subfamilia génica concreta, a la que llamamos tipo C; incluye tripletes de fin en su secuencia; mantiene las señales para la eliminación de intrones y está presente tanto en la lenteja cultivada como en una especie silvestre próxima, *Lens odemensis*. El simple hecho de que haya podido ser amplificada mediante la técnica de PCR muestra su semejanza a los genes activos y lo reciente que ha sido su muerte.

Estos dos modelos ilustran de forma fehaciente cómo actúan los mecanismos evolutivos. La homogenización de genes por evolución concertada se produce por recombinación desigual entre cromosomas, el resultado es una evolución que afecta a más de un gen. En este caso son los genomas los que evolucionan, no es una evolución independiente de cada unidad de información, es decir de cada gen. Se trata de la evolución de un gen en un contexto determinado, los otros forman parte del ambiente en que un gen debe pasar a próximas generaciones o perderse.

La evolución *birth-and-death* es aún más interesante. Gracias al proceso evolutivo surge nueva información a partir de la pre-existente. La duplicación de genes particulares, fragmentos cromosómicos o genomas completos son la fuente de gran parte de la nueva información durante la evolución; mutación y recombinación convertirán esta nueva información en algo realmente diferente. En los genes de copia única, una mutación que provoque “la muerte” de un gen significaría que la presión de selección actuará sobre los individuos; los portadores de mutaciones deletéreas o sus descendientes tienden a ser eliminados de las poblaciones a lo largo del tiempo. Cuando nos encontramos con familias génicas donde cada gen realiza una función semejante, las copias pueden ser “prescindibles” y la tasa de mortalidad génica es alta.

Duplicación y diferenciación son el origen de nueva información

Hemos hablado de la ganancia de información mediante la duplicación de genes, pero la familia génica de las vicilinas normalmente incluye elementos semejantes, no queda claro que realmente sea nueva información y no información repetida. Exclusivamente en la tribu Viciae se ha encontrado una nueva proteína derivada de las vicilinas, se trata de la convicilina (la posición de una convicilina de *Pisum* se señala en la **Fig. 3**).

En los cuatro géneros que incluye la tribu Viciae (*Pisum*, *Vicia*, *Lathyrus* y *Lens*) se han aislado genes de convicilina. Estos genes se parecen más entre sí que a cualquier otro gen de vicilinas; no han sufrido, por lo tanto, evolución concertada con otros genes de vicilinas. En guisante y en algunas vicias se han aislado dos copias de genes de vicilina y al menos en *Pisum* cada una de las dos copias son más parecidas a la de otras especies (su ortólogo) que entre sí (su parálogo).

Las convicilinas son proteínas de reserva de la semilla, pero algo en su función y en su estructura ha cambiado respecto a otras vicilinas. La síntesis de los mensajeros de las proteínas de reserva se produce únicamente durante el desarrollo de la semilla en los tejidos embrionarios, cotiledones e hipocotilo. Entre los días 9 y 10 después de la antesis predominan los mensajeros para las vicilinas convencionales y a los 18 días predominan los mensajeros de convicilinas. Las vicilinas son proteínas relativamente hidrofóbicas en las que predominan aminoácidos como leucina, ácido glutámico, serina, asparragina y lisina, mientras que las convicilinas incluyen una región en su extremo N-terminal muy rica en ácido glutámico y glutamina que las hace más hidrofílicas, al menos en este extremo. Encontramos que la modificación de un gen de vicilina mediante mutación ha dado lugar a un gen de una nueva proteína, con diferencias en la regulación de su expresión y de su composición, se trata claramente de una nueva función proteica. La evolución adquiere nueva información a nivel molecular mediante la duplicación y la modificación de información preexistente.

La región hidrofílica del extremo N-terminal de las convicilinas, a la que denominamos extensión N-terminal, no tiene su homólogo en otras vicilinas. En las conglucininas de soja existe una región semejante, también situada en el extremo N-terminal de la proteína y con un claro carácter polar. Algunos autores han pensado que ésta podría ser una característica ancestral de las vicilinas, así en muchas especies se habría perdido esta región. Sin embargo, la posición en la que se sitúa la extensión N-terminal en conglucininas y convicilinas no coincide, como tampoco coinciden las secuencias. Se trata por lo tanto de estructuras análogas y no homólogas, no tienen el mismo origen. Podemos aprender una nueva lección sobre el funcionamiento de la evolución, posiblemente en este caso la selección natural ha favorecido la presencia en las proteínas de reserva de un dominio proteico característico, siendo un ejemplo de convergencia evolutiva.

El origen de la secuencia nucleotídica que codifica la extensión N-terminal de la convicilina es incierto. Se trata de entre 351 y 570 pares de bases situadas en el primer exón, por lo demás los genes de vicilinas y convicilinas son muy semejantes en su estructura, formados casi siempre por seis exones

separados por intrones que son en general muy pequeños. En la **Fig. 4** puede apreciarse la estructura de la zona amplificada mediante PCR de los genes de convicilinas y su comparación con otras vicilinas de especies de la tribu Viceae.

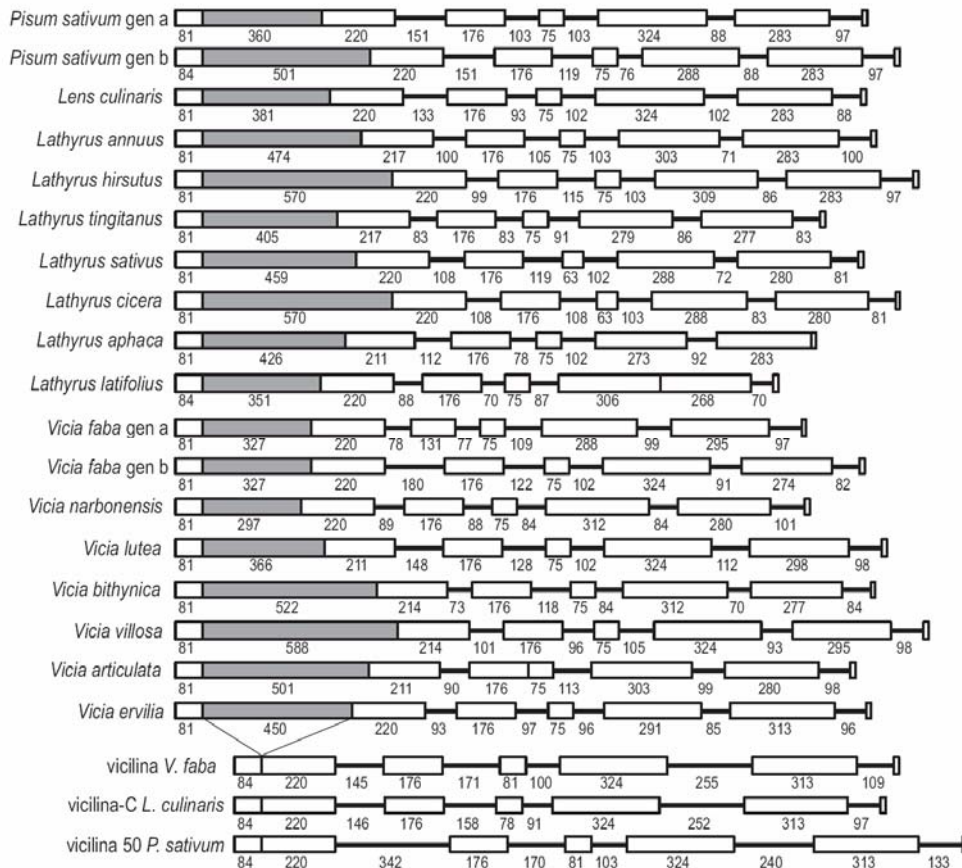


Figura 4. Estructura de los genes de convicilina y vicilina en distintas especies de la tribu Viceae. Las cajas representan exones y las líneas sencillas intrones. Los exones 1 y 6 no están completos. Las zonas grises del primer exón representan la región codificante para la extensión N-terminal de las convicilinas.

La comparación de las secuencias de los distintos genes de convicilina muestran las relaciones filogenéticas entre especies, los géneros *Lens* y *Pisum* son monofiléticos (existe un ancestro común único y exclusivo de todas las especies del género), pero estarían incluidos dentro del grupo de los *Lathyrus*, que se convierten así en un grupo parafilético (el ancestro común a todos los *Lathyrus* lo es también de las especies de *Lens* y *Pisum*). Las vicias se agrupan en dos clados (linajes) independientes, siendo el grupo por lo tanto polifilético. Estas observaciones se basan en datos de un único gen, por lo que no son en

absoluto concluyentes. En cualquier caso este es un problema evolutivo que corresponde a una lección de un tema distinto al que tratamos aquí.

Como hemos visto, los intrones de vicilinas y convicilinas son muy pequeños, algunos de 73 nucleótidos, tamaño inferior al que algunos autores consideran mínimo para poder ser eliminados en la maduración de los RNA mensajeros. La composición de los intrones de estos genes en la tribu Vicieae tiene otra característica peculiar, su contenido en adeninas o uracilos es en todos ellos superior al 75%. Puestos a especular, este pequeño tamaño de los intrones y la baja cantidad de triples enlaces en los genes que las codifican deben afectar a la expresión de los genes y podría explicarse como una adaptación a la función de las proteínas de reserva que deben de sintetizarse en grandes cantidades durante un periodo de tiempo relativamente corto mientras se produce el desarrollo de la semilla. Esta explicación en la que encontraríamos una presión selectiva que mantiene intrones que requieren un gasto energético bajo, podría también explicar por qué en algunas convicilinas se pierden intrones completos. En la **Fig. 4** se puede observar cómo las convicilinas de *Lathyrus aphaca*, *Lathyrus latifolius* y *Vicia articulata* han perdido los intrones 5, 4 y 2 respectivamente.

Modificaciones estructurales intragénicas otra fuente de nueva información

Si volvemos a la extensión N-terminal de las convicilinas nos encontramos con que incluye ciertas particularidades. En la secuencia codificadora son frecuentes los tripletes GAA (un 21%) o derivados del mismo como CAA (10%) o GAG (9%). Estos tripletes se encuentran en tandem, por lo que parecen proceder de poli-GAAs. Cuando comparamos las secuencias mediante análisis *dot-plot*, que consiste en comparaciones parciales (20 nucleótidos en este caso) de dos secuencias en ventanas móviles (se desliza la ventana de nucleótidos comparados, primero en una secuencia y después en la otra) de modo que se produce señal cuando coinciden suficientes nucleótidos (18 de los 20 comparados), encontramos que en los gráficos aparece mucho ruido de fondo, este ruido se debe a estas repeticiones de tripletes (**Fig. 5**).

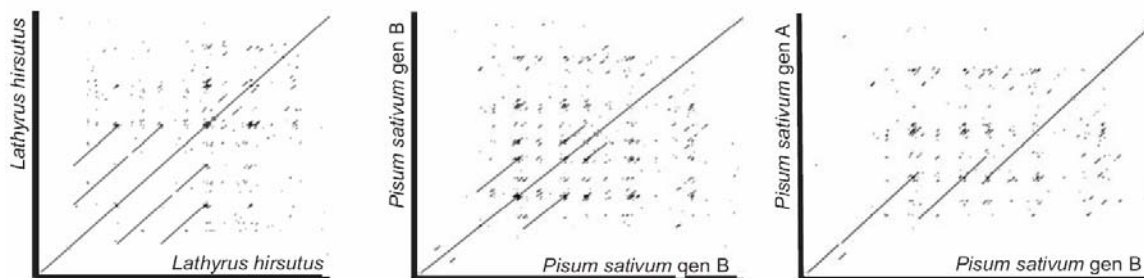


Figura 5. Comparaciones dot-plot entre secuencias codificantes para la extensión N-terminal de distintas convicilinas.

La región codificante para la extensión N-terminal se ha mostrado un tanto inestable en su estructura cuando comparamos las secuencias de distintas convicilinas. En la **Figura 5** podemos observar que además de la diagonal principal que aparece cuando comparamos dos secuencias con estructura semejante (sin inserciones y deleciones), aparecen otras diagonales secundarias, así al comparar la secuencia de *Lathyrus hirsutus* consigo misma nos aparecen dos diagonales secundarias a cada lado de la diagonal principal. Esto significa que un fragmento bastante grande de la secuencia está triplicado. Algo semejante ocurre con una secuencia de *Pisum sativum*, en este caso observamos dos fragmentos independientes repetidos. En otros casos y cuando comparamos secuencias distintas encontramos saltos en la diagonal principal que corresponden a inserciones o deleciones, entre los dos genes de *P. sativum* encontramos los saltos correspondientes a la inserción por duplicación que habíamos visto antes.

El resultado de esta inestabilidad, que en general parece estar asociada al aumento de tamaño de la secuencia de las convicilinas, ya sea por amplificación de tripletes GAA o por duplicación de fragmentos de mayor tamaño, es el de un aumento de información, en este caso intragénica. La evolución no se “dedica” únicamente a modificar la información preexistente.

La comparación entre las regiones codificantes para la extensión N-terminal permite establecer una posible secuencia ancestral de 133 aminoácidos. En esta secuencia se localizan 4 elementos (S1 a S4 en la **Fig. 6**) formados por 5 aminoácidos y que derivan de la secuencia EDEEE (E es ácido glutámico y D ácido aspártico). La mayoría de las duplicaciones y deleciones se producen en regiones contiguas a estos elementos o los incluyen. De algún modo las secuencias de nucleótidos que codifican estos elementos participan en el mecanismo evolutivo que produce estas mutaciones.

A partir de la secuencia ancestral pueden reconocerse las mutaciones específicas que se han ido produciendo en la estructura de la extensión de las convicilinas hasta llegar al estado actual de cada especie. Las mutaciones

estructurales que pueden observarse son más numerosas que los cambios puntuales en la secuencia que suponen sustituciones de aminoácidos, hecho sumamente extraño si comparamos con lo que ocurre en otros genes o en otras regiones de los propios genes de convicilinas. Nuevamente la selección natural podría estar implicada en este hecho. Las inserciones y deleciones suelen suponer cambios en el marco de lectura de los genes, formando proteínas totalmente diferentes o proteínas con estructuras no funcionales que serían eliminadas por selección.

En la **Fig. 6** podemos ver un modelo de la historia evolutiva de algunas secuencias de convicilinas, en este caso pertenecientes a distintas especies de *Vicia*. En muchos casos las deleciones y duplicaciones que se producen en la secuencia se podrían explicar por una recombinación desigual entre los dos alelos de los genes de convicilina. En la **Fig. 6** se puede observar el papel que podría jugar la recombinación de posibles ancestros en el origen de la estructura de las convicilinas actuales de *V. lutea* y *V. peregrina*.

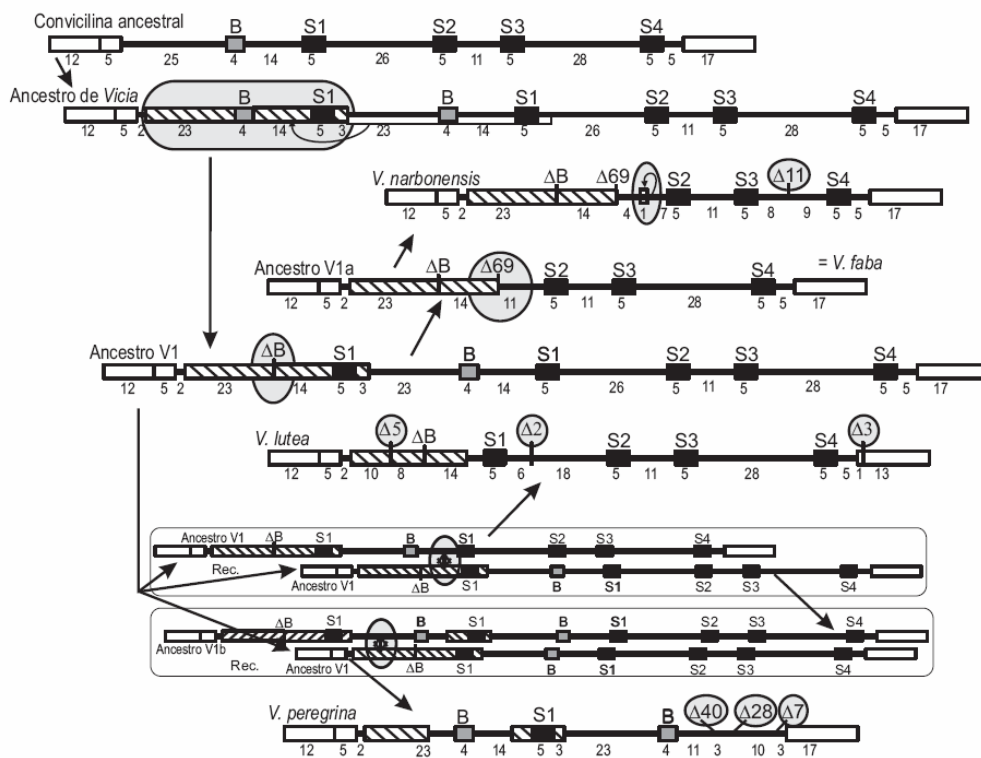


Figura 6. Historia evolutiva de la extensión N-terminal de las convicilinas de algunas especies del género *Vicia*. Los números indican longitudes de las secuencias en aminoácidos, las cajas negras elementos que podrían estar implicados en las mutaciones estructurales, las cajas rayadas duplicaciones, las Δ deleciones, en cajas grandes se muestra posibles procesos de recombinación (Rec). Los óvalos señalan los cambios producidos en cada paso.



Luis E. Sáenz de Miera, es Doctor en Biología por la Universidad de León y aunque es Profesor Titular de Genética desde 2002 empezó a impartir clases e investigar en 1989 en esta Universidad. Ha impartido docencia en las titulaciones de Biología, Biotecnología e Ingeniería Técnica Agrícola así como en diversos programas de doctorado y masters. Sus clases están relacionadas con la Genética, la Bioinformática y la Evolución. Ha publicado numerosos trabajos de investigación relacionados siempre con la genética de poblaciones y la evolución.

UNO DE LOS NUESTROS

Félix Rodríguez de la Fuente, uno de los nuestros

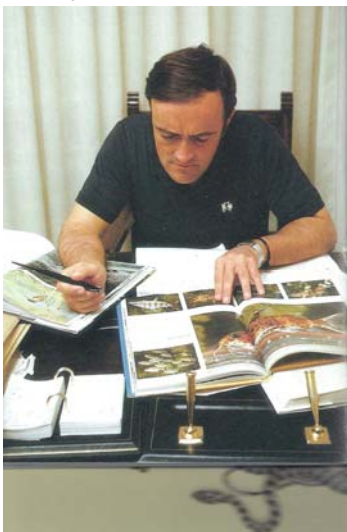
Rafael de Garnica Cortezo

Profesor Titular de Biología Animal de la Universidad de León
Colegiado de Honor del Cobcyl

Planteamiento

Me piden una semblanza sobre Félix Rodríguez de la Fuente y, no es un tema fácil. La razón es que su vida pública fue muy intensa, incluso su muerte, podemos decir que también fue pública.

No soy un estudioso de su vida, aunque sí he seguido su obra con cierto detenimiento. He analizado atentamente alguno de sus más importantes trabajos y leído un par de biografías muy interesantes. Personalmente tuve muy poco contacto con él, pero he conocido a unos cuantos colaboradores y todo ello me ha ayudado a completar mi conocimiento del personaje.



Félix en el despacho de estudio.

Otra de las razones para la dificultad es su extraordinaria capacidad de trabajo y de aglutinar colaboradores, que ha dado libros, conferencias, radio, vídeos, películas e intervenciones públicas, algunas de ellas perdidas para siempre. Eso hace muy difícil, tanto la síntesis como el análisis.

Es un personaje muy rico y poderoso, de forma que mientras escribía estas líneas, como método de trabajo y para no repetirme, me propuse hacer una lista de calificativos que se le pudieran aplicar, pero tuve que desistir de ello.

Para acercarnos al personaje podemos estudiar desde su personalidad a su compromiso conservacionista, pero yo he elegido dos aspectos que creo muy interesantes para todos: sus libros y su cine.

Espero aportar un enfoque enriquecedor sobre su vida y transmitir algo de su entusiasmo y pensamiento, a las generaciones que ya no lo pudieron conocer en directo.

No obstante, cualquier enfoque que hagamos sobre el personaje hay que tener en cuenta que aparece y se desenvuelve en una sociedad entre treinta y cincuenta años antes del momento actual.

Desde el punto de vista político, es un periodo autoritario y bastante inmovilista. Pero desde el punto de vista social también, aunque muchas veces

no se hable tanto de ello. En esa sociedad, tener un comportamiento distinto o introducir -en cualquier ámbito- ideas y prácticas nuevas era difícil y, si no caías bien, era fácil ser señalado.

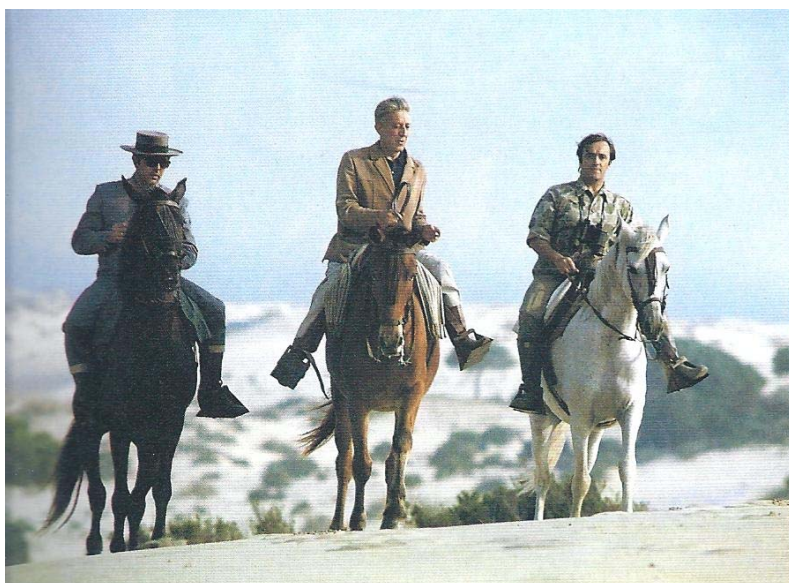
Desde el punto de vista de la naturaleza, estábamos pasando de segar con hoz, a los primeros tractores. El pensamiento que imperaba era “ave que vuela a la cazuela” y todo ser que no fuera aprovechable o comestible, estaba en una categoría de “sin importancia”, “mala hierba” o “alimaña”. La investigación biológica era más bien de tipo sanitario, y el resto estaba muy despegada del medio natural, siendo los conocimientos bastante librescos. La ecología era solo conocida y nombrada por algunos elegidos.

Félix y los libros

¿Que hace que Félix pase de ser un joven poco fácil (al que, pese a su origen socioeconómico, y debido a sus vivencias personales, su infancia asilvestrada y su propio carácter, le cuesta ser convencional y normal), a convertirse en un cetrero excepcional, un naturalista, un divulgador y, más tarde un conservador de la naturaleza comprometido?

Yo interpreto que seguramente son los libros. Al menos dos pequeñas pero importantes bibliotecas de uso diario que, durante su juventud, cambian su vida. La primera es una biblioteca viviente, se llama José Antonio Valverde, y la otra, es de papel. Son el Infante Don Juan Manuel, Federico II de Prusia y el canciller D. Pero López de Ayala. Ellos fueron los que, sin violencia, domaron -“afeitaron” para utilizar el término cetrero-, a Félix, haciendo de él (que era el equivalente a un áspero halcón zahareño) un halcón maestro.

Valverde es, porque sus obras permanecen, un biólogo, un zoólogo, holístico, culto, yo diría que renacentista; con gran conocimiento zoogeográfico



Félix con Valverde en Doñana.

y clarividente intuición ecológica que influyó, decisivamente, en la estructura de las dos grandes obras zoológicas de Félix. Valverde es el profesor de Biología ambiental que nunca tuvo Félix en su Facultad de Medicina.

Esta influencia se nota en que Félix, en vez de intentar

explicar la fauna a través del clásico enfoque sistemático y linneano, lo enfoca a través de los biomas, los hábitats y las biocenosis y los hechos que ocurren en su seno.

De esta forma, el lector entra en la obra como el que se sumerge en un paisaje a través de una novela o de una película. Una vez aquí, él le explica, sin perder un átomo de interés, los aspectos zoológicos, ecológicos, de relaciones entre especies, de modo que uno se satisface de aprender en vez de hartarse de erudición y datos.

Pero Félix no es un lector acumulador. Félix es un creador imaginativo y ordenado. Con los elementos que le aportan las lecturas trabaja. Trabaja en el campo con los halcones, se equivoca y, en un proceso de “ida y vuelta”, relee los viejos tratados y de nuevo lo intenta ¡tenaz!, con la disciplina, el orden y el sacrificio que enseña la cetrería bien practicada. El resultado, en 1964, es un tratado, “El Arte de Cetrería”: un prodigio de orden y sistema. El paso de la medievalidad genial, a la práctica razonada, paralela a los descubrimientos fisiológicos y etológicos de Pavlov y Lorenz. Félix se ha construido a sí mismo como biólogo. Ha creado su doctrina.

Además hay otros trabajos. A fines de los años sesenta (1967 y 1968) se publican en la revista Blanco y Negro dos series de artículos, que son el ensayo general para otras obras de mayor envergadura. La primera es sobre la fauna ibérica y la segunda sobre la fauna africana.

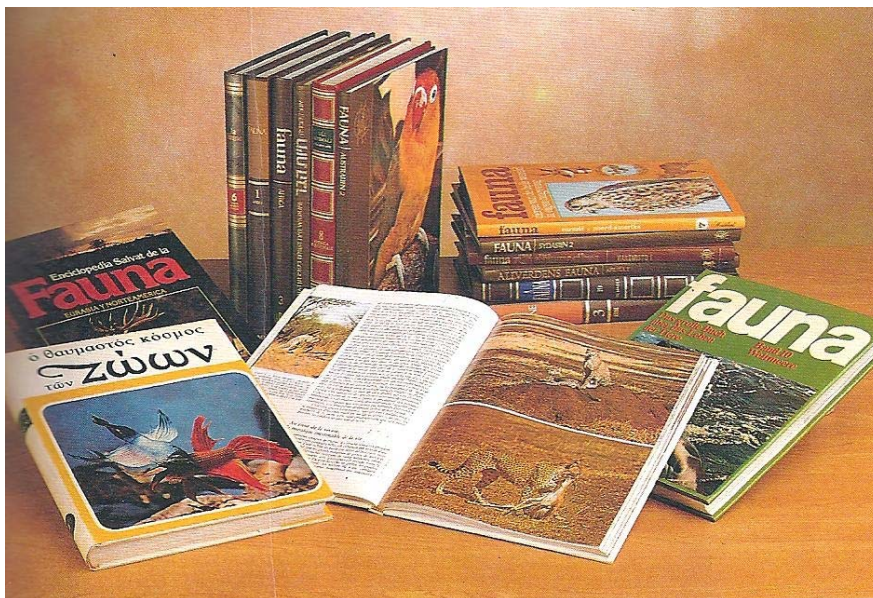
El primer capítulo se titulaba “Los cazadores del espacio”. En él se muestra el patrón clásico de las obras de Félix. Comienza con un esbozo ecológico del tema, para luego, a través de la relación depredador-presa, enriquecer la información, al tiempo que le permite dramatizar la situación. Finalmente termina con un mensaje de conservación que el lector recibe sin rechazo porque su mente ya ha sido preparada.

En la “Actualidad española” publica, más tarde, otro tipo de trabajo que puede entenderse como el embrión de los “Cuadernos de Campo”. Son unas hojas dobles separables y coleccionables en las que acumulaba, resumía y actualizaba la información sobre una especie animal. Cada entrega, además de una fotografía a página completa de Francisco Ontañón, estaba acompañada de mapas, diagramas y esquemas muy interesantes y didácticos.

En estas obras, y en las que podemos llamar obras mayores, “Fauna” y “Fauna Ibérica”, hay un personaje oculto entre las hojas; es el dibujante Josechu Lalanda, hijo del torero Marcial Lalanda, que como Félix se cría en el campo, tan silvestre o más que él. Éste renueva radicalmente la ilustración animalista española del momento. Josechu, criado entre jabalíes, perdices y venados, no es ajeno a su biología y comportamiento. Josechu incorpora al genoma de su cerebro y a la tinta de su pluma el movimiento del azor en la espesura, el

husmear el viento de la jeta del jabalí y muchas otras actitudes que superan, en poder analítico y sintético, a muchas fotografías.

El biógrafo de Félix, Benigno Varillas, afirma que Konrad Lorenz, impresionado por los dibujos de Lalanda, acepta prologar la “Enciclopedia Salvat de la Fauna”, que ése era el nombre completo de la obra.



Ediciones diferentes de “Fauna”.

Sería interesante un estudio sobre los colaboradores gráficos de Félix, pero eso excede este trabajo.

Félix y su cine

Cuando en los años cincuenta y sesenta deseábamos ver algo sobre animales en el cine, la única posibilidad que existía era acudir a alguna de las películas de “Tarzán” con sus inexactitudes biogeográficas y etológicas. También se podían ver las de cazadores africanos, tipo “Mogambo”, o la que ya nos parecía increíble por la cantidad de minutaje sobre la caza de animales vivos y su banda sonora, “Hatari”.

Las películas de mejor calidad que recuerdo fueron la italiana “Sexto continente”, o el “Mundo del silencio” de J.Y. Cousteau, ambas de tema marino. El libro de Walt Disney sobre el “Desierto viviente”, película que vi mucho más tarde, me impresionó mucho. Seguramente Félix las contempló e influyeron de alguna manera en su concepto cinematográfico.

Es natural que Félix se planteara avanzar en sus primeros relatos televisivos y se preguntara qué hacer para comunicar las experiencias vividas desde su infancia sobre la naturaleza, los animales silvestres o la cetrería. La

respuesta lógica es el cine documental que inmortaliza la experiencia y permite revivirla y comentarla mientras se contempla.

Pero, ¿cómo hacer cine contando la vida, la ecología o la conservación?, ¿cómo huir del rollo cientifista plagado de datos?, ¿cómo evitar la humanización sensiblera y tontorróna? Félix encuentra la solución. Busca el drama de la vida y contarlos como una historia. La clave está en que el espectador tome partido, a través del relato cinematográfico subrayado por su palabra, por el que sufre la sequía, por la presa perseguida o por la habilidad del depredador que también defiende su vida; mostrar con imágenes las complejas relaciones ecológicas.

La intensidad con la que Félix contaba y por la que era capaz de comunicar lo que los ecosistemas experimentaban a lo largo de sus ciclos o lo que los seres sentían, se debía, indudablemente, a que durante su infancia y juventud, (como dijo Ortega en su prólogo sobre la filosofía de la caza al libro “Veinte años de Caza mayor”), había sido protagonista del juego de la naturaleza, en vez de contemplarla como simple espectador, y continuó así durante toda su vida.



Félix en el archivo de TVE.

Muchos hablan sobre la fuerza del lenguaje de Félix. Éste no era únicamente hablado, sino mímico y corporal, de modo que todo el personaje se volcaba en comunicar, como si fuera un gran chamán o un fabuloso cuentacuentos de la naturaleza. Pero para adquirir ese lenguaje hablado, rico y suelto, debió de haber previamente un niño que tuvo que leer mucho. En algún momento tuvo que enfrentarse a la lectura y a su propia mente, en silencio, en soledad fecunda. Yo no conozco de nadie que lo haya documentado; quizá su viuda Marcelle lo sepa. Espero que no se olvide.

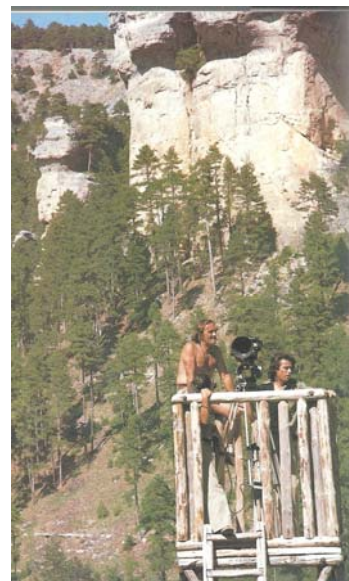
¿Qué mueve a un personaje a querer dar unos pasos adelante sobre la cultura y el pensamiento imperante? ¿Qué sucede en una sociedad bastante inmóvil para que se abra al mensaje? ¿Qué hace que esas dos situaciones se engargen y complementen?

Quizás la respuesta esté en que, en primer lugar, tenía un gran deseo de ver, vivir y aprender. En segundo lugar, porque fue capaz de mostrar, tanto a los habitantes de la ciudad, como a los que a ella acababan de emigrar o a los que

permanecían en el campo, lo que no habían visto, o mejor, lo que sucedía junto a ellos y no habían sabido ver; eso les sorprendió y enganchó a los relatos.

Llevar a cabo las secuencias de un documental de naturaleza con el guión dramático que Félix concebía, precisaba no solamente filmar del natural, sino que había que incluir determinadas secuencias clave.

Para poder aproximar las cámaras, tomar desde determinados ángulos, o realizar los planos requeridos, en una naturaleza española en la que hasta los grillos tenían terror al hombre, es o pudo ser necesario utilizar animales improntados o adiestrados. Ejemplo de ello son las aves rapaces o la “milana bonita” de los “Santos inocentes”, todos ellos manejados por su magnífico colaborador Aurelio Pérez. En otras películas, sin embargo debió de tener que trabajar duro y durante bastante tiempo, como creo que fue el caso de la filmación de la vida del martín pescador.



Félix rodando en Cuenca.

Eso, entiendo yo, no es un fraude, si lo que se narra es cierto y el animal no sufre innecesariamente.

El trabajo hay que enjuiciarlo en su momento de técnica cinematográfica y de conocimientos biológicos. Posiblemente no sea tan reprobable como



Félix rodando con su colaborador Aurelio Pérez.

algunos insinúan, si otros países, más cuidadosos con el trato animal que nosotros en aquel momento, emitieron su obra y la premiaron. El resultado sigue, aún, teniendo tirón y nos sigue interesando.

Félix, a través de su cine, nos heló la sangre con las imágenes de la caza de los lobos en los páramos, nos angustió con la

indefensión del buitre negro que se nos extinguía por los cebos envenenados y la reducción de la cabaña ganadera, nos sorprendió con el alimoche aprendiendo a

romper huevos y nos ayudó a recorrer el mundo desde los montes Obarenes hasta el Orinoco, pasando por el Serengueti.

Epílogo

Félix, con su estudio y su práctica, nos enseñó a acudir a las fuentes y rescató un arte perdido.

Félix, desde el saber comunicado por el pajarero y el pastor, nos enseñó Ornitología.

Félix, desde la caza con aves de presa, nos enseñó la Conservación.

Félix, desde sus experiencias con los lobos, nos inició en la Etología.

Félix, desde sus escritos, nos transmitió el concepto de la interpretación ecológica de Valverde y nos hizo ecólogos.

Félix, llenó las Facultades de Biología de alumnos entusiasmados y tuvo colaboradores que son, hoy día, científicos y divulgadores de talla mundial.

Félix, desde su defensa de los hábitats y la fauna ibérica, nos hizo ecologistas.

Por eso, Félix, con su trabajo, fue uno de los nuestros y, el que lo niegue, solamente muestra su mediocridad y su mezquindad.



Portada del ABC dos días después de su muerte.

MI PROYECTO DE TESIS

Los adéfagos acuáticos (Coleoptera) de Costa Rica

Roberto Blanco Aller

Área de Zoología. Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental.
Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de León.

coleopterorba@hotmail.com

Los coleópteros constituyen un grupo de gran interés con importancia biológica y ecológica. Por el gran número de especies que presentan, su gran diversidad ecológica y la enorme variedad de hábitats que ocupan, algunos investigadores han propuesto su uso para determinar el grado de conservación de los hábitats. Constituirían una buena herramienta como indicadores de las condiciones ambientales en proyectos de gestión y conservación de áreas naturales.

En un país como Costa Rica, tropical y considerado de elevadísima biodiversidad, cabría esperar “a priori” excelentes resultados en los trabajos entomológicos. Como consecuencia de una propuesta de colaboración con la Universidad de Costa Rica (UCR), en el que participé junto a mi director de Tesis y a través del proyecto: “1^{er} inventariado de artrópodos de la Reserva Biológica Albero Manuel Brenes (RBAMB). Universidad de Costa Rica (2006)”, dirigido por el Prof. Alberto Hammer, se pudo observar que en lo referente a la coleopterofauna acuática, había muy poca información. Los trabajos que aludían directamente a los coleópteros acuáticos de Costa Rica eran escasísimos y en muchos casos se trataba de trabajos antiguos en los que la información es tan puntual como imprecisa, y por ello, la mayoría de las ocasiones de poca utilidad. Estas observaciones nos llevaron a pensar que este grupo de insectos, presentaban un alto interés, pues como acabo de explicar, existían numerosas lagunas en su investigación.

Aquella primera estancia en la RBAMB, fue decisiva, a la vez que inolvidable, fundamentalmente por dos razones: la calidad de las personas que nos acogieron en la Reserva y acompañaron durante esos días y, por supuesto, la tipología de VIDA que nos rodeaba. A nuestra vuelta, analizando los primeros resultados de nuestras capturas, los resultados fueron muy esperanzadores, ya que si en un pequeño punto del país encontramos dos géneros (*Celina* e *Hydaticus*), anteriormente no citados y cuyas dimensiones, no les hacen

insectos que pasen desapercibidos, ¿cuáles serían los resultados en un muestreo por todo el territorio nacional de Costa Rica?

Así es como se gestó, el proyecto de Tesis enmarcado en este país y continuó con el posterior viaje a Costa Rica (febrero-marzo de 2009), cuyo objetivo fundamental era muestrear todas las provincias -7 en total-, y en todos los hábitats compatibles con la existencia de adéfagos acuáticos (**Fig. 1**).

Todo esto si lo vemos desde la perspectiva del escaso tiempo disponible, del no conocimiento de la zona y de que es un país tropical -con todo lo que eso conlleva-, nos podremos hacer una idea de las dificultades que entrañó y entraña el muestreo en esas condiciones. Al final se logró culminar el muestreo por todas las provincias, recolectando en todos los ambientes propicios localizados en cada una de ellas.



Figura 1: Uno de los ambientes muestreados y que son propicios para los adéfagos acuáticos.

Analizados los resultados confirmaron nuestra hipótesis: aún son más los géneros y especies que hay que añadir a los recolectados y no citados en la RBAMB. En total, 10 géneros y 20 especies, pudiéndose ampliar estas cifras con material en estudio (**Fig. 2**) y las posibles nuevas especies encontradas para la ciencia.



Figura 2: Ejemplar de *Gyrinus* (Coleoptera: Gyrinidae) recolectado.

Pero fundamentalmente el gran aporte se ha hecho en la ampliación de áreas de distribución, en unos casos, y nuevas citas, en otros, de géneros y especies para Costa Rica. Algunas especies están recogidas en colecciones de museos y otras instituciones pero no estudiadas y citadas bibliográficamente. Con todo ello se puede concluir que hay mucho trabajo por hacer y grandes

posibilidades de ampliación de conocimiento de los adéfagos acuáticos en un país como Costa Rica.

Paralelamente a la culminación de la tesis, se está preparando todo el material, tanto bibliográfico como de especímenes, para ir configurando las futuras publicaciones que vayan recogiendo todos los resultados y nuevas aportaciones.

Dirigida por:

Dr. Juan Antonio Régil Cueto, del Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental de la Universidad de León.

Fecha prevista de defensa: Otoño-Invierno 2010.



El autor de la tesis doctoral, Roberto Blanco, en pleno muestreo.

AMBIÓLOGOS DE AQUÍ

Investigar en tiempos revueltos: un biólogo del programa Ramón y Cajal

Felipe Martínez Pastor

Instituto de Desarrollo Ganadero y Sanidad Animal, ULE.

felipe.martinez@unileon.es



Soplan malos vientos para la investigación en España¹. Que la carrera investigadora era una carrera de obstáculos ya lo intuía

cuando comencé mi tesis doctoral, en el año 2000. Aunque la aventura comenzó mucho antes, cuando estaba cursando segundo de Biología (1995) y entré como alumno en el Departamento de Biología Celular. Allí estuve echando una mano con las ranas del Dr. Rafael Álvarez (cría de anfibios) y las truchas de la Dra. Paz Herráez (espermatozoología de salmónidos).

El último año de carrera (1999) lo aproveché para ir trabajando en los experimentos de mi tesina, la cual defendí poco después de enterarme de que me habían concedido una beca de Formación de Profesorado Universitario del entonces Ministerio de Educación y Ciencia (principios de 2000). Recuerdo la entrega de los papeles de la solicitud, en el último día del plazo, a la carrera y haciendo cola frente al Vicerrectorado de Investigación. Si mi tesina fue con espermatozoides de trucha, la tesis fue con espermatozoides... de ciervo. Paz me presentó al profesor Luis Anel, del Departamento de Medicina y Cirugía Animal, que tenía abierta una línea de investigación sobre la reproducción del ciervo ibérico. Comencé a trabajar en el tema, dirigido por Paz, Luis y el profesor Paulino de Paz, también de Biología Celular. Siendo un tema relativamente novedoso (aunque complicado de explicar a mis amistades), pronto estuve ocupado, leyendo todo tipo de artículos sobre espermatozoología e intentando obtener y almacenar en nuestro criobanco el material que conseguíamos de las reservas de caza en las montañas de León.

Durante mis años de tesis, sucedieron dos eventos que marcarían el resto de mi carrera investigadora. Uno de ellos fue mi creciente interés por la política científica y la reivindicación de mejores condiciones para los “becarios”. En aquel entonces, las cosas pintaban realmente mal. La Federación de Jóvenes

Investigadores (FJI/Precarios²), fundada en 2000, era una organización ya muy activa. Casi sin darme cuenta, acabé como Presidente de la asociación local Precarios-León. Esta actividad absorbió gran parte de mi tiempo durante esos años, aunque a cambio aprendí que la investigación es mucho más que lo que hay en el laboratorio.

El otro evento fue la decisión de presentar mi Tesis como compendio de publicaciones. Esto es ahora bastante común, pero en 2004 no se estilaba tanto. En 2001 solicité un artículo de investigación a un post-doc iraní que trabajaba en los Países Bajos, el Dr. Fazeli. Para mi sorpresa, me envió su tesis... cuatro *papers* encuadernados. En 2002, realicé una estancia de tres meses en Uppsala (Suecia), con el Dr. Heriberto Rodríguez (aunque no lo parezca, profesor en la Sveriges Lantbruksuniversitet), donde asistí a una tesis al estilo sueco, también por compendio de publicaciones. Así, cuando leí mi tesis (2004), ésta incluyó tres artículos, más un cuarto “en camino”. Esto fue muy positivo, ya que publicar es imprescindible para avanzar en el complicado mundo de la investigación. Aún así, a veces no es suficiente, como prueba una solicitud fallida al programa de becas post-doctorales del Ministerio de Educación y Cultura. Más suerte tuve con la convocatoria de contratos post-doctorales Juan de la Cierva, aunque posiblemente habría que atribuirlo a una mayor experiencia preparando solicitudes y a tener alguna publicación más.

La historia de mi post-doc se inicia cuando el profesor Julián Garde me ofrece un lugar en su grupo. Casi un año después de defender mi tesis, firmé mi contrato Juan de la Cierva con la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), y durante tres años trabajé sobre el efecto del estrés oxidativo en espermatozoides de ciervo ibérico. Antes de incorporarme, Julián me sugirió que pidiese un proyecto en la convocatoria de la Junta de Castilla-La Mancha, como Investigador Principal. A los seis meses de mi incorporación a la UCLM, disponía de financiación propia para investigar sobre estrés oxidativo, e incluso para contratar a un licenciado (que, por cierto, continúa en el grupo como encargado de los análisis de citometría de flujo).

En cuanto a actividad científica, puedo decir que mi post-doc fue bastante provechoso. A pesar de no ser un grupo grande, no sólo conseguimos publicar un buen número de artículos y conseguimos algún proyecto más, sino que pude realizar una serie de colaboraciones con la Dra. Elsa Cabrita (doctoranda por la ULE, con Paz) en Faro (Portugal), y con el Dr. Aurelio Malo (a quién conocí en mi segunda estancia pre-doctoral, ¡en Sudáfrica!) en Chicago (EE.UU.). Aparte de estas estancias, mis aficiones extracurriculares me llevaron a crear una web para el grupo³ luego una base de datos con acceso web para llevar el inventario del laboratorio y, finalmente un sistema de gestión de nuestro banco de semen y embriones⁴.



Mientras tanto, mi actividad en la FJI me había llevado a coordinador de la Comisión de Trabajo Post-doc, luego de la de Carrera Investigadora, y acabé como presidente de FJI/Precarios durante casi 6 meses. Fue una etapa de numerosos debates, de la reedición del Informe de la Carrera Investigadora⁵ de duras negociaciones y sonados desplantes por parte del metamórfico Ministerio (ahora de Ciencia e Innovación). Conseguimos importantes avances para los jóvenes investigadores, pero nuestros esfuerzos para lograr cambios estructurales profundos en la gestión de la I+D española fueron infructuosos.

En 2008 envié mi propuesta para solicitar un contrato del programa Ramón y Cajal (RyC). En esa convocatoria se presentaron más de 2000 solicitudes para 250 contratos, una competencia dura. El RyC se propuso en sus inicios (2001) como una vía de consolidación de investigadores de excelencia, extranjeros o nacionales. Desgraciadamente, al poco tiempo, se empezó a ver cuánto de *versión española* había en el programa. Numerosos centros abandonaron a sus recién incorporados RyC a los caprichos del departamento o catedrático de turno, y, a la finalización de sus contratos, éstos se encontraron de nuevo a su suerte. Tantos fueron los problemas que, a partir de 2006, la convocatoria RyC empezó a exigir que los centros aceptasen un compromiso antes de que el investigador fuese contratado.

Lo más importante en esta convocatoria es el CV del investigador (80 puntos de 100). Sin embargo, no es extraño que las puntuaciones de muchos CV sean muy similares. El éxito, por lo tanto, depende de apenas cuatro páginas: la descripción de la trayectoria investigadora y la propuesta de líneas de investigación (20/100). Todo depende de la habilidad del investigador para “venderse”. En mi área, se escogieron 7 candidatos, en una horquilla de apenas 8 puntos (corte en 92 puntos de 100).

Y así llegué al Instituto de Desarrollo Ganadero y Sanidad Animal (INDEGSAL) En este momento, sólo somos cuatro investigadores RyC en la ULE, pasando un poco desapercibidos. Trabajo en el grupo de Investigación en Tecnologías de Reproducción Asistida⁶, e imparto docencia en el Departamento de Biología Molecular. Por casualidad, mi antigua compañera de promoción y departamento, la Dra. Vanesa Robles, consiguió otro de los RyC de 2008, y hemos acabado compartiendo despacho y proyectos. El primer año lo dedicamos a comprar e instalar conjuntamente un sistema de cría de pez cebra, un animal modelo con un gran potencial en biomedicina y biotecnología. Ya en el segundo año, las líneas de investigación se van definiendo. El año pasado conseguí mi primer proyecto (del programa regional de la Junta), para investigar el efecto de varios antioxidantes en espermatozoides de rumiantes. Este año he conseguido un proyecto del Plan Nacional de I+D, para realizar estudios de biología molecular en espermatozoides de rumiante, y colaboro con



Vanesa en otro proyecto de la Fundación Ramón Areces para investigar la expresión génica en espermatogonias y espermatozoides de pez cebra. Mi colaboración con Elsa y Aurelio continua, y —lo que son las cosas— el Dr. Fazeli, el post-doc que me envió su tesis hace 8 años, forma parte del equipo de investigación de mi proyecto del Plan Nacional.

Tal como escribió un colega de la FJI⁷:

¡Puede que nos quiten la financiación pero jamás nos quitarán las ganas de investigar! ¡Investigar es invertir en futuro!

1. <http://www.nature.com/news/2010/100705/full/news.2010.336.html>
2. <http://www.precarios.org>
3. <http://gbr.wikispaces.com/>
4. <http://cryobank.wikidot.com>
5. Informe de la Carrera Investigadora en España: deficiencias y propuestas (2007), <http://www.precarios.org/InformeCI>
6. <http://itra.unileon.es>
7. <http://es.groups.yahoo.com/group/precarios-estatal/message/44653>

DE TODO UN POCO

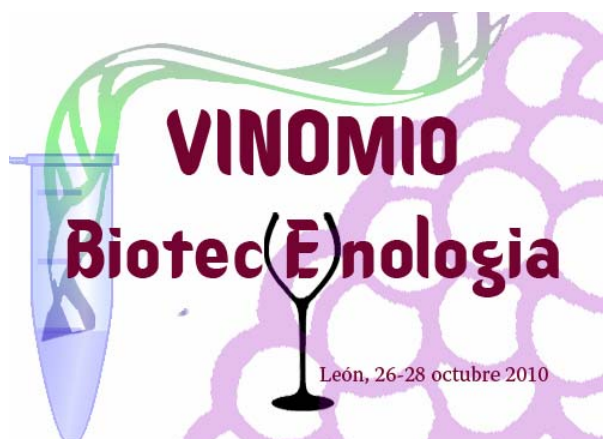
INVINOTEC 2010: I Congreso Nacional de la Biotecnología del Vino

El I Congreso sobre Vino y Biotecnología constará de una serie de actividades que tendrán lugar entre los días 26 y 31 de octubre de 2010 con las que se pretende dar a conocer el concepto de Biotecnología agroalimentaria y sus aportes en el sector vitivinícola, así como crear un punto de encuentro entre la investigación científica y la innovación empresarial para lograr una I+D+i competitiva en la industria del vino.



En el marco de este Congreso, se celebrarán las “**Jornadas *Vinomio: Biotec(E)nología***” que tendrán lugar en el Aula Magna de la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales de la Universidad de León. Se trata de un conjunto de conferencias, catas de vino y mesas redondas organizadas por la Asociación de Biotecnólogos de León (ABLE), que contarán con el reconocimiento de 1 crédito de L.E.C. por la Universidad de León para todas las personas asistentes.

Estas jornadas constan de tres sesiones. La primera será el 26 de octubre y tendrá un carácter divulgativo sobre la Biotecnología del vino a cargo del Dr. Ramón González, del Instituto de las Ciencias de la Vid y el Vino de la Rioja, y de la Dra. Eva Navascúes, de Agrovín. Esta sesión se cerrará con una mesa redonda acerca del uso de organismos genéticamente modificados en este sector. El 27 de octubre, se expondrá la investigación científica en el sector vitivinícola que se está llevando a cabo de la mano del Dr. José Manuel Guillamón, del Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos de Valencia, y de la Dra. Cinta Calvet, del *Institut de Recerca y Tecnologia Agroalimentàries*. La última sesión está orientada a la transferencia tecnológica, tratando de servir de marco de acercamiento entre los proyectos de investigación y el mundo empresarial del vino, así como ofrecer varios ejemplos de bioemprendedores en el sector vitivinícola.



En el marco del Congreso, también se celebrará la III Asamblea General de Socios de la Federación Española de Biotecnólogos.

Noticias de actualidad

Se detallan a continuación algunos cursos y actividades relacionados con nuestra Facultad que se han celebrado recientemente o se celebrarán en los próximos meses:

Taller sobre Turismo Activo en Espacios Naturales de Montaña

- Dr. Julio Lago

Del 14 al 17 de Septiembre

Guía Intérprete de Espacios Naturales

- Dr. Francisco J. Purroy

Del 17 al 19 de Septiembre

II Taller de Estudio de Fauna Cantábrica

- Dr. Benito Fuertes

Del 30 de Septiembre al 3 de Octubre

Micología Forestal Aplicada en Espacios Protegidos

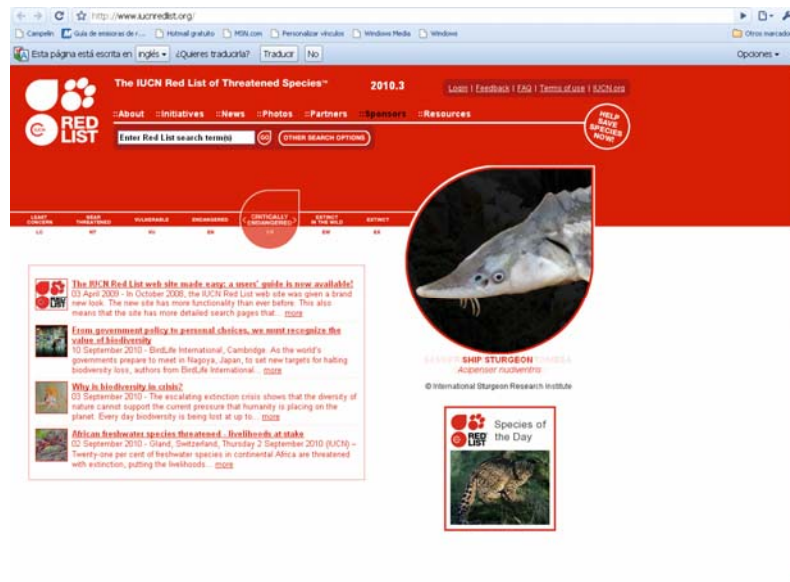
- Dr. Arsenio Terrón

Del 19 al 24 de Octubre

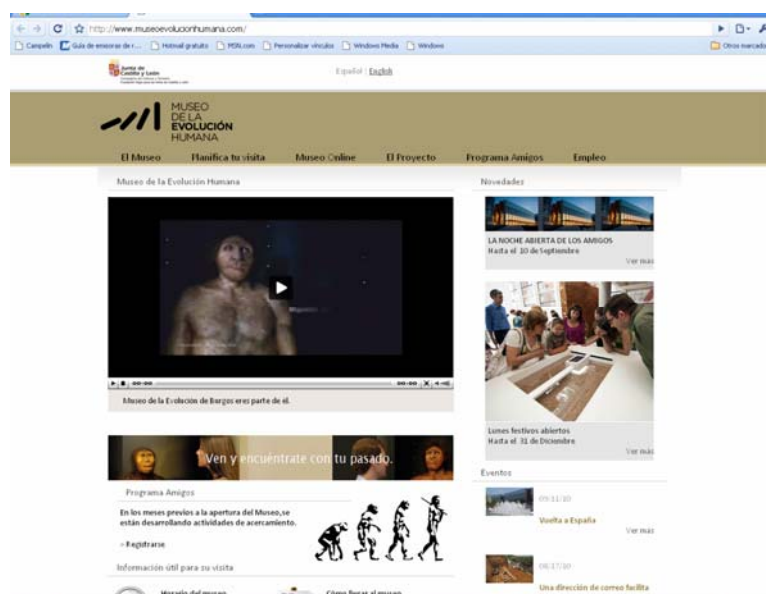


Enlaces de interés

La lista roja de especies amenazadas se puede consultar en: <http://www.iucnredlist.org/> Entra y conoce un poco más las especies que se encuentran en peligro.



Entra en el Museo de la Evolución Humana de Burgos a través de su página web (<http://www.museoevolucionhumana.com/>). En ella encontrarás los horarios de las actividades que se van a llevar a cabo en los próximos meses.



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:

<http://biologia.unileon.es/descargas.htm>



En contraportada: Detalles de las vidrieras de la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales de la Universidad de León.

Ambio ciencias

REVISTA DE DIVULGACIÓN



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES. UNIVERSIDAD DE LEÓN



★ 1968 ★



★ 2010 ★