

Ambio Ciencias

REVISTA DE DIVULGACIÓN



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES. UNIVERSIDAD DE LEÓN

REVISTA nº 4 / Junio 2009



Foto: Benito Fuertes

★ 1968 ★



★ 2009 ★

Comité Editorial

| | |
|-----------------------------|---|
| José Luis Acebes Arranz | Profesor Titular del Área de Fisiología Vegetal |
| Ana Alonso Simón | Profesora Asociada del Área de Fisiología Vegetal |
| Juan Ramón Álvarez Bautista | Catedrático de Universidad del Área de Lógica y Filosofía de la Ciencia |
| Gemma Ansola González | Vicedecana de la Facultad de CC. Biológicas y Ambientales |
| Antonio Encina García | Profesor Ayudante Doctor del Área de Fisiología Vegetal |
| Penélope García Angulo | Profesora Ayudante Doctor del Área de Fisiología Vegetal |
| Estanislao Luis Calabuig | Catedrático de Universidad del Área de Ecología |
| Francisco Javier Rúa Aller | Profesor Titular del Área de Bioquímica y Biología Molecular |

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

Colabora: Secretariado de Publicaciones. Servicio de Imprenta de la Universidad de León.

ISSN: 1988-3021

Dep. Legal: LE-903-07



Universidad de León



Facultad de Ciencias
Biológicas y Ambientales

En portada:

Gracias al análisis de ciertos isótopos estables en las plumas del carricerín cejudo (*Acrocephalus paludicola*) (en la foto) se averiguó los lugares de invernada de esta pequeña especie de paseriforme insectívoro. Ver artículo “Anillamiento científico”, p. 37.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| Editorial | 3 |
| A fondo | |
| Mujer y ciencia: mi propia experiencia | |
| Margarita Salas | 5 |
| Poniendo en claro | |
| Agricultura en la Luna | |
| Saúl Pérez Castrillo, María Teresa García Aldonza y Fernando Cartón García..... | 17 |
| Siguiendo la pista | |
| Actividad alelopática de la cafeína en plántulas de trigo y lenteja | |
| Isabel Maniega Cuadrado, Ramón Molero Llamazares, Ana Perea Martínez y Raquel Pérez García | 29 |
| Baúl de la ciencia | |
| Anillamiento científico | |
| Benito Fuertes Marcos | 37 |
| Uno de los nuestros | |
| Los primeros pasos del darwinismo en España | |
| Francisco Teixidó Gómez..... | 48 |
| Mi proyecto de tesis | |
| Bases para la elaboración de bancos de germoplasma de peces: aplicación a la trucha leonesa | |
| Sonia Martínez Páramo | 56 |
| Ambiólogos de aquí | |
| El Árbol de la Vida | |
| Roberto Ontañón del Castillo | 61 |
| De todo un poco | |
| Guías virtuales. ¿Hacia una nueva generación de guías naturaleza? | |
| Antonio Ordóñez y Nicolás Pérez Hidalgo | 65 |
| Noticias de actualidad | 67 |

EDITORIAL

El año de Galileo y de Darwin

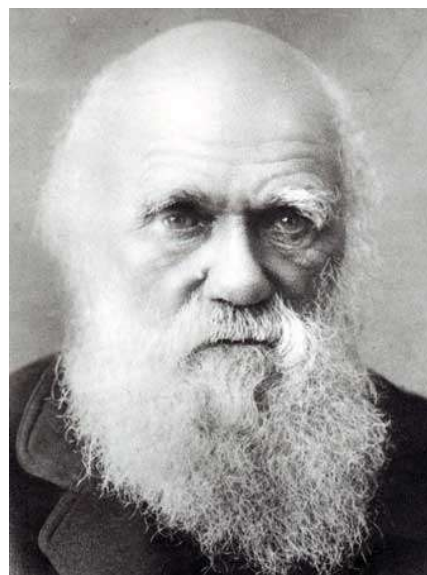
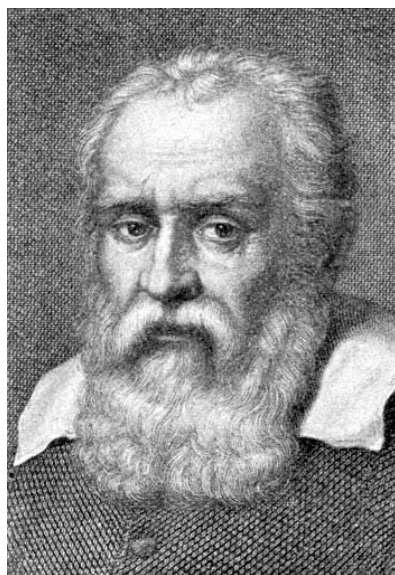
Con la celebración de las efemérides se busca conseguir una mayor atención hacia las cuestiones objeto de recuerdo, revelando tanto su trascendencia histórica como su situación actual y los problemas relacionados. Además, constituyen ocasiones interesantes para divulgar a la sociedad la relevancia de determinados personajes y obras.

Dos personalidades científicas son objeto de aniversario en este año 2009: Galileo y Darwin. El primero lo es por cuanto la ONU ha establecido que sea 2009 el Año de la Astronomía, en recuerdo a las observaciones realizadas por el sabio pisano, hace cuatrocientos años, cuando divisó con su telescopio la forma y superficie de la Luna, avistó las manchas solares y descubrió el sistema de los satélites de Júpiter. Darwin, por su parte, tiene una doble celebración en este año: el 12 de febrero se cumplieron dos siglos de su nacimiento y el 24 de noviembre será el sesquicentenario de una de sus obras, *Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural*, uno de los libros más importantes y controvertidos de toda la literatura científica.

Ambos fueron dos revolucionarios científicos que transformaron nuestra visión del mundo material (de la física o de la biología). Galileo, al dar prioridad a sus experimentos y observaciones sobre lo que decían los textos antiguos, logró avanzar sobre la física aristotélica y cambiar unos conceptos que estaban firmemente arraigados desde hacía casi 2000 años. Sus esfuerzos por probar la realidad física del sistema copernicano le llevarían al enunciado de nuevos principios sobre el movimiento de los cuerpos, formulando de manera restringida el principio de inercia, que luego Newton utilizaría en sus *Principia*, basado en que el estado “natural” del movimiento de un cuerpo es el de mantener su velocidad. Así, argumentaba Galileo, en un barco en movimiento todos los procesos naturales transcurrirán de la misma manera que si el barco estuviese en reposo. Otras aportaciones suyas esenciales a la mecánica fueron la ley de la caída de los cuerpos (recordemos sus célebres experimentos desde la Torre de Pisa con objetos de distinto peso que llegaban al mismo tiempo al suelo), el isocronismo del péndulo y el principio de composición de velocidades. La importancia de sus contribuciones a la física quedó recogida en una de las frases lapidarias de la ciencia, aquella que pronunció Newton, cuando afirmó, refiriéndose a Galileo y a Kepler: “... si he podido ver más allá es estando parado sobre hombros de gigantes”.

Darwin, al descubrir el mecanismo tan sumamente sencillo por el que se producen nuevas especies -la selección natural- transformó para siempre las

ciencias de la vida. En *El origen de las especies* incluyó dos asuntos principales: por un lado presentó pruebas de que las especies contemporáneas provenían de una sucesión de ancestros a través de una “descendencia con modificación”, esto es, basada en un conjunto de cambios diversos que se sucedían a medida que las especies se separaban de sus antecesores comunes; por otra parte, propuso un mecanismo para esta descendencia, al que denominó “selección natural”. Lo cierto es que Darwin cimentó su teoría de la selección natural a partir de observaciones que no eran nuevas ni profundas; pero sólo él tuvo la inspiración de juntar las piezas de un rompecabezas de las que otros investigadores habían dispuesto.



Galileo y Darwin, especialmente recordados este año, fueron dos gigantes de la ciencia, que transformaron nuestra visión del mundo material.

Galileo fue además un impulsor del método científico, que para él consistía en la demostración rigurosa, tomando como modelo la matemática, aplicada a enunciaciones ciertas y comprobadas por medio de la experiencia. Creía que luego de hecha la experiencia, observada objetivamente, utilizando el método demostrativo de la matemática era imposible que hubiera errores. No creía que existieran términos medios entre la verdad y la falsedad. El de Galileo no era ni fue el único método científico, también Descartes, Bacon o Stuart Mill enunciaron los suyos. De hecho, no existe “el método científico” como tal, sino “los métodos que utilizan los científicos”, algunos de los cuales son: métodos definitorios, métodos clasificatorios, métodos estadísticos, métodos hipotético deductivos y procedimientos de medición, por lo que hablar de “el método científico” es referirse a muchas tácticas utilizadas para construir el



conocimiento. Además, los métodos y la misma noción de ciencia se van modificando a lo largo de la historia. En concreto, la biología mezcla dos procesos de la investigación científica: la ciencia del descubrimiento y la ciencia basada en hipótesis. La primera consiste en la descripción de las estructuras y los procesos de la naturaleza por medio de la observación y el análisis de los datos. Además permite extraer conclusiones basadas en la inducción o razonamiento inductivo. Por su parte, la ciencia basada en hipótesis se refiere a la propuesta y verificación de explicaciones hipotéticas a los distintos interrogantes planteados.

Recordemos, finalmente, que este año se cumplen los aniversarios de otros descubrimientos científicos que, si bien no alcanzaron el relumbrón de los anteriores, también contribuyeron a jalonar con nuevos hitos el camino de la ciencia. Así, por ejemplo, es el centenario del aislamiento de la ribosa, un azúcar de cinco carbonos, extraído en 1909 por el norteamericano de origen ruso Theodore Levene. No todas las moléculas de ácido nucleico contenían ribosa, pero las que sí contaban con ella se llamaron ácido ribonucleico (RNA). Sin alejarnos de estas macromoléculas de la información, en ese mismo año el botánico danés Wilhelm Ludvig Johansen sugirió que se denominaran genes a las unidades de la herencia contenidas en los cromosomas. Dentro de la ciencia médica, 1909 también resultó prometedor en la lucha contra la sífilis y el tifus. Para eliminar el agente que causaba la primera enfermedad se aplicó de manera eficiente un compuesto orgánico de arsénico, la llamada arsfenamina, que curiosamente se había diseñado, con poco éxito, para matar a los tripanosomas que provocaban la enfermedad del sueño. Respecto al tifus, una epidemia de elevada tasa de mortalidad, el médico francés Charles-Jean-Henri Nicolle comprobó que la falta de higiene permitía que proliferaran los piojos transmisores de la enfermedad. En la química de síntesis, 1909 es recordado por ser el año en el que el químico norteamericano de origen belga Leo Handrik Baekeland preparó la baquelita, el primero de los plásticos termorresistentes de gran utilidad. Finalmente, dentro de la geología, los estudios de ondas sísmicas por el geólogo croata Andrija Mohorovicic mostraron el primer indicio de que la Tierra presentaba otras capas de distinta naturaleza debajo de la corteza terrestre.

Javier Rúa

A FONDO

Mujer y Ciencia: mi propia experiencia

Margarita Salas

Centro de Biología Molecular “Severo Ochoa” CSIC–UAM

Nací en Asturias, en el pequeño pueblo de Canero, cerca de Lluarca cuna de Severo Ochoa, de cuyo nacimiento se ha cumplido el centenario hace tres años. Cuando tenía un año mi familia se trasladó a Gijón, que fue donde me crié, junto a mi hermano y a mi hermana.

Mi hermana y yo tuvimos la suerte de que nuestros padres nunca nos discriminaron respecto a mi hermano desde el punto de vista de nuestra formación. Mis padres tenían muy claro que nuestro futuro dependería de nuestro trabajo. Así pues, los tres hermanos fuimos educados con esta idea.



Margarita Salas durante la conferencia que impartió en la Facultad de CC. Biológicas y Ambientales de la Universidad de León con motivo de la “I Jornada Mujer y Ciencia” organizada por la Asociación de Biotecnólogos de León (ABLE).

Cuando en el curso preuniversitario tuve que elegir entre Ciencias y Letras, claramente me decidí por las Ciencias. Sin embargo, dentro de las ciencias me atraían tanto las Ciencias Químicas como la Medicina, quizás esta última motivada por el hecho de que mi padre era médico. En aquella época no había Licenciatura de Medicina en la Universidad de Oviedo, por lo que decidí

irme a Madrid a hacer el curso selectivo que me serviría tanto para Químicas como para Medicina. Finalmente proseguí la carrera de Químicas. Creo que fue una buena elección pues rápidamente me entusiasmó, en particular las largas horas que pasábamos en el laboratorio de Química Orgánica.

Cuando terminé el tercer curso de la licenciatura de Químicas, pensaba que mi futuro podría ser la investigación en Química Orgánica. En aquel momento yo no había estudiado todavía Bioquímica. Pero se dio la circunstancia de que en ese verano, en Gijón, tuve la ocasión de conocer a Severo Ochoa, quien influyó decisivamente sobre mi futuro. Aquel verano de 1958 le conocí y le acompañé a Oviedo, donde escuché una conferencia que dio sobre su trabajo. Su conferencia y la conversación que mantuve con Severo Ochoa me fascinaron. Esto, unido al hecho de que poco después me envió desde Nueva York un libro de Bioquímica para que fuese estudiando esta disciplina, y el que el curso siguiente ya tuviese la asignatura de Bioquímica, hicieron que mi vocación se decantase por la investigación bioquímica. Ochoa me recomendó que, una vez acabada la carrera, hiciese una Tesis Doctoral en Madrid bajo la dirección de un excelente bioquímico, Alberto Sols, para después marcharme a Nueva York con él.

Para conseguir que Alberto Sols me admitiese en su grupo de trabajo para realizar una tesis doctoral, Severo Ochoa me dio una carta de recomendación. Por supuesto, Sols no se pudo negar a algo que le pedía Severo Ochoa, quien en aquella época ya había recibido el Premio Nobel de Fisiología o Medicina, en 1959, por su descubrimiento de la polinucleótido fosforilasa (PNPasa) con la que sintetizó por primera vez en el tubo de ensayo ácido ribonucleico. El uso de la PNPasa fue esencial en el desciframiento del código genético, es decir cómo la información de 4 bases en el DNA (A, T, G y C) se transfiere para codificar 20 aminoácidos en las proteínas.

Bastantes años después, con ocasión de recibir yo el Premio Severo Ochoa de Investigación de la Fundación Ferrer, Sols contaba la siguiente anécdota. Cuando Margarita fue a mi laboratorio para hacer una Tesis Doctoral pensó: "Bah, una chica. Le daré un tema de trabajo sin demasiado interés pues si no lo saca adelante no importa". Esta anécdota refleja la mentalidad que existía en 1961 respecto a lo que se podría esperar del trabajo científico de una mujer. Es evidente que el propio Sols, al contar esta anécdota, había cambiado ya su modo de pensar, al menos respecto a mí y probablemente respecto a las mujeres científicas en general.

De acuerdo con esta mentalidad, la realización de la tesis doctoral fue para mí bastante frustrante desde el punto de vista personal, aunque no desde el punto de vista científico, pues yo adquirí una buena formación en el campo de la

Bioquímica y publiqué trabajos de interés, todos ellos en revistas internacionales de prestigio.

Como pueden imaginar, el hecho de ser mujer marcó de un modo importante una parte de mi vida científica por lo que no puedo desligar las experiencias de mi vida dedicada a la investigación con mi condición de mujer.

Lo que también quiero resaltar es que mis vivencias científicas van unidas a las de Eladio Viñuela, con quien compartí 40 años de nuestras vidas.

Nuestro encuentro tuvo lugar en la Facultad de Ciencias Químicas en la Universidad Complutense cuando ya cursábamos el último año de nuestra licenciatura y nos encontrábamos realizando el trabajo de Tesina de Licenciatura con la idea de iniciar posteriormente una Tesis Doctoral.

Como ya he comentado, en mi caso, un encuentro con Severo Ochoa cuando terminé el tercer curso de Licenciatura me decidió a continuar una carrera de investigación en Bioquímica. Tres meses más tarde de mi comienzo con Sols se incorporó Eladio al mismo laboratorio y allí realizamos ambos nuestra tesis Doctoral.

Mi trabajo de Tesis consistió en el estudio de la conversión de glucosa – 6–fosfato en fructosa–6–fosfato en una reacción catalizada por la glucosafosfato isomerasa, con especial hincapié en una actividad tipo anomerasa del enzima. Con este trabajo vislumbré por primera vez en mi carrera científica lo que Severo Ochoa llamaba la emoción de descubrir. Había descubierto una propiedad de la glucosafosfato isomerasa inédita hasta la fecha, que era su actividad de anomerización.

Durante mi fase de doctorado también colaboré con Eladio en el estudio de la glucoquinasa de hígado, un nuevo enzima que había descubierto Eladio como primer paso en la ruta de la glucosa al glucógeno en hígado, que daba lugar a la formación de glucosa-6-fosfato. Muy generosamente, Eladio quiso compartir conmigo su descubrimiento, al que él le había dedicado ya mucho trabajo y esfuerzo. Posteriormente demostramos que la síntesis de la glucoquinasa de hígado de rata es dependiente de insulina. El enzima desaparece en animales diabéticos o en animales a los que se ha sometido a ayuno, y se resintetiza por administración de insulina o por realimentación, respectivamente.

En el año 1964, una vez finalizada nuestra Tesis Doctoral, nos casamos y nos fuimos al Departamento de Severo Ochoa en la Escuela de Medicina de la Universidad de Nueva York. Allí Ochoa nos puso en grupos de trabajo distintos. Citando textualmente sus palabras, dijo: "Así, por lo menos, aprenderéis inglés". Esta separación creo que más bien reflejaba su interés en que cada uno desarrollásemos nuestra personalidad científica. Durante los tres años que

estuvimos en Nueva York, no noté la menor discriminación por el hecho de ser mujer. Me sentí persona por primera vez desde el punto de vista científico.



Margarita Salas junto al premio Nobel Severo Ochoa, con quien realizó su estancia postdoctoral en Estado Unidos.

En aquel momento, a mediados de 1964, se acababa de terminar la fase febril de desciframiento de la clave genética. Ochoa me dio como tema de investigación el determinar la dirección de lectura del mensaje genético. Un año más tarde publicábamos el primer trabajo sobre este tema, demostrando que el RNA mensajero se lee en la dirección 5' a 3'. Posteriormente, en 1966, descubrí dos nuevas proteínas en *Escherichia coli* que resultaron ser los dos primeros factores de iniciación de la síntesis de proteínas. De nuevo conocí lo que Severo Ochoa llamaba la emoción de descubrir.

De la estancia en el laboratorio de Severo Ochoa guardo un recuerdo imborrable. Severo Ochoa nos enseñó, no solamente la Biología Molecular que después pudimos desarrollar y enseñar a nuestra vuelta a España, sino también su rigor experimental, su dedicación y su entusiasmo por la investigación. El seguía día a día el trabajo que se hacía en el laboratorio, y a diario discutíamos con él los experimentos que se habían hecho, y planeábamos los que había que realizar. Tengo un recuerdo especialmente agradable de los almuerzos en los que, además de largas discusiones sobre ciencia, también se hablaba de música, de arte, de literatura, de viajes. Era un rito el paso de Severo Ochoa a las 12 en punto por nuestros laboratorios para recogernos de camino al comedor de la Facultad.

También tengo un excelente recuerdo de las clases que se impartían a los estudiantes de Medicina por los profesores del Departamento, y a las que asistíamos todos los miembros del mismo. Ello nos dio ocasión de aprender la

Biología Molecular desde el punto de vista teórico de la mano de Severo Ochoa y de otros grandes profesores del Departamento.

En 1967, después de tres años en Nueva York, tomamos la decisión de volver a España, a intentar hacer trabajo de investigación en nuestro país. Éramos conscientes de que podíamos encontrarnos con un desierto científico, y podría ser difícil o imposible hacer investigación. Por ello, nos planteamos una vuelta condicional. Si las circunstancias no eran favorables para investigar en España, nos volveríamos a Estados Unidos.

La primera cuestión que nos planteamos fue el tema de trabajo. Descartamos seguir trabajando en nuestros temas de trabajo respectivos, muy competitivos en aquella época, y decidimos volver a trabajar en un proyecto único pues éramos conscientes de las dificultades que tendríamos al volver a España, y siempre sería más fácil salir adelante si uníamos y complementábamos nuestros esfuerzos.

Habíamos seguido un curso sobre virus bacterianos, en Estados Unidos. Precisamente, el estudio de los virus bacterianos había dado lugar a las primeras aportaciones a la Genética Molecular en la década de los 50. Decidimos elegir como tema de trabajo el estudio de un virus bacteriano relativamente pequeño, pero morfológicamente complejo, lo que nos daría la posibilidad de profundizar en su estudio a nivel molecular y de desentrañar los mecanismos utilizados por el virus para su morfogénesis. El nombre de este virus es $\phi 29$. Apoyados por Severo Ochoa, con cuya ayuda conseguimos financiación americana, volvimos a España, al Centro de Investigaciones Biológicas del CSIC en Madrid, a iniciar nuestra aventura. En aquella época no había ninguna ayuda estatal para hacer investigación y si pudimos empezar a trabajar en España fue gracias a la financiación americana. Partimos de un laboratorio vacío que nos proporcionó José Luis Rodríguez Candela, director del Instituto Gregorio Marañón, que tuvimos que equipar, y de entrada estábamos Eladio y yo solos. Afortunadamente, pocos meses después de nuestra vuelta se convocaron las primeras becas del plan de formación de personal investigador y pudimos seleccionar a nuestro primer estudiante de doctorado, Enrique Méndez. Después de él llegaron Jesús Ávila, Antonio Talavera, Juan Ortín, José Miguel Hermoso y Víctor Rubio. Esta fue nuestra primera generación de estudiantes de doctorado. Quiero resaltar que todos eran varones, no porque los hubiésemos buscado expresamente, sino porque ninguna mujer vino al laboratorio para hacer una Tesis Doctoral. Eso sí, en el Centro nos proporcionaron dos mujeres como ayudantes de laboratorio.

De los seis primeros estudiantes de doctorado tres eran dirigidos más directamente por Eladio y otros tres por mí, si bien ambos interveníamos en los proyectos de todos. En esta época descubrimos una proteína unida a los

extremos del DNA de $\phi 29$, que posteriormente demostramos que era necesaria para iniciar la replicación del DNA viral. Este fue el otro momento de mi vida científica en que sentí la gran emoción de descubrir.



Margarita Salas en su laboratorio, en el que tantas veces ha sentido la emoción de descubrir.

Aunque internamente en nuestro laboratorio no teníamos ningún problema (en ningún momento me sentí discriminada por ninguno de mis doctorandos hombres ni, por supuesto, por Eladio), de cara al exterior yo era la mujer de Eladio Viñuela. Eladio, que era una persona muy generosa y que siempre ha hecho todo lo posible para que mi trabajo personal fuese reconocido, estaba tan insatisfecho como yo de esta situación y decidió iniciar un nuevo tema de trabajo relacionado con un problema de mucha importancia en sus tierras extremeñas, el virus de la peste porcina africana. El tema del virus bacteriano $\phi 29$ eventualmente quedó bajo mi dirección. De esa forma yo podría demostrar a mis colegas científicos si yo era capaz de sacar adelante por mi misma un tema de trabajo. Tuve suerte, trabajé mucho, tuve muy buenos colaboradores, Eladio me ayudó y apoyó en todo momento. El caso es que salí adelante con éxito y me convertí en una científica con nombre propio.

Durante bastante tiempo me resistí a ocupar puestos científico-administrativos. Era feliz teniendo mi propio grupo de trabajo, dirigiendo investigaciones, y no quería perder tiempo en otras actividades. Sin embargo, llegó la hora en que tuve que ceder en mi resistencia. La primera cesión fue cuando me propusieron la Presidencia de la Sociedad Española de Bioquímica en 1988, con una duración de 4 años. Casi al mismo tiempo fui convencida para que aceptase la dirección del Instituto de Biología Molecular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en el Centro de Biología Molecular "Severo Ochoa", también por cuatro años. Posteriormente, en 1992 tuve que aceptar la dirección del Centro de Biología Molecular "Severo Ochoa". Más

tarde, pasé a formar parte de la Junta de Gobierno del CSIC y en 1997 formé parte de su Consejo Rector.

A partir de un cierto momento, todo lo que había sido negativo para mí por el hecho de ser mujer, se convirtió en positivo. Así pues, si me daban un premio, éste tenía más relevancia porque se lo habían dado por primera vez a una mujer. Cuando me nombraron Académica de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en 1988 era noticia por ser la primera mujer miembro de dicha Academia. Aunque mis méritos científicos fueran similares o menores que los de muchos de mis colegas masculinos, yo era noticia, y ellos no. Es decir, que a partir de un cierto momento el hecho de ser mujer me dio una ventaja, al menos desde el punto de vista mediático. Cuando me nombraron Presidenta del Instituto de España en 1995, fue una verdadera revolución el que dicho nombramiento recayera sobre un científico y además mujer. Pero la mayor repercusión en los medios de comunicación ha sido a raíz de mi nombramiento como Académica de la Real Academia Española en 2003. Tengo que decir que este nombramiento fue para mí totalmente inesperado, me produjo una enorme ilusión y está suponiendo un trabajo intenso y estimulante en un tema de gran importancia. Hoy día las ciencias biológicas, la biomedicina, han entrado en nuestras vidas y a todo el mundo le interesa saber lo que va a suponer la secuenciación del genoma humano en la curación de enfermedades, en nuestro bienestar. Yo creo que los científicos tenemos la obligación de hacer una difusión de la ciencia asequible, pero rigurosa, y eso es algo a lo que dedico una parte de mi tiempo en la actualidad.



Margarita Salas es Doctora *Honoris Causa* por cinco Universidades. En la foto aparece en su acto de investidura por la Universidad Politécnica de Madrid.

Yo creo que en mi actual situación profesional han contribuido dos factores: por una parte, la ayuda y el apoyo constantes de Eladio. Por otra parte, el hecho de que soy una persona luchadora y trabajadora, que siempre he creído que tenía que ganarme mi puesto en la sociedad a base de mi esfuerzo y trabajo.

Yo creo que a la mujer, tanto a la científica como a la de cualquier otra profesión, nadie la va a ayudar, nadie la va a regalar nada. Es cierto que para abrírnos camino en el mundo profesional, las mujeres hemos tenido que luchar mucho más que los hombres. Hemos necesitado tener una determinación muy clara de que queríamos ser profesionales serias, pues si no, la corriente nos habría llevado a resignarnos con nuestra suerte de ser esposas y madres de familia. Yo creo que ambas facetas no están reñidas y se puede ser una buena profesional y a la vez tener una familia, aunque es muy importante para la participación de la mujer en el mundo profesional que haya facilidades para el cuidado de los niños, con guarderías adecuadas, y que no haya discriminación hacia la mujer en general y hacia la mujer embarazada en particular.

¿Cómo veo a la mujer científica en el mundo actual y en el futuro? Tengo que decir que en la actualidad el número de mujeres que realizan la tesis doctoral en nuestros laboratorios iguala y, en algunos casos sobrepasa, al número de hombres. La mayoría de estas mujeres se plantean una carrera científica tan seria como la de los hombres. No veo en este momento discriminación frente a las mujeres a la hora de conseguir una beca para hacer la tesis doctoral o para obtener un puesto de trabajo en nuestros centros públicos de investigación. Sin embargo, todavía existen desviaciones, en particular en los puestos más altos. Datos recientes muestran que la mujer forma el 53% de la Universidad, pero sólo ocupa el 34% de las plazas de profesor titular y el 14% de las cátedras. Por otra parte, sólo 4 de los 68 Rectores actuales son mujeres.

De cualquier manera, es evidente que el número de mujeres científicas ha aumentado de una manera espectacular. Me gustaría, a modo de ejemplo, presentar los datos de mi laboratorio en cuanto a la distribución de hombres y mujeres a lo largo de los años, lo cual no es más que un reflejo de lo que ocurre en otros muchos laboratorios. También voy a presentar los datos del Centro de Biología Molecular "Severo Ochoa", donde yo trabajo, a lo largo del tiempo. De hecho, de un total de 57 grupos de investigación sólo 11 son dirigidos por mujeres, es decir, sólo el 20%, aunque en pocos años ha aumentado del 10 al 20%. Pero esto no ocurre sólo en los laboratorios de investigación. Recientemente me comentaban en un hospital de Madrid, de 17 nuevos MIR, 16 eran mujeres y sólo uno era hombre. Esto contrasta sin embargo, con el porcentaje de mujeres científicas en puestos directivos o de prestigio en la actualidad. Como ya he comentado existen aún muy pocas Rectoras de Universidad. En el CSIC, ninguna mujer ha sido Presidenta del mismo. En las ocho Reales Academias Nacionales el número de Académicas es muy exiguo: dos (que incluye una Académica electa) en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, una en Medicina, cinco en la de Farmacia, dos en la de

Bellas Artes de San Fernando, tres en la de Historia, una en la de Ciencias Morales y Políticas y tres en la Española. En la Real Academia de Jurisprudencia y Legislación aún no existe ninguna mujer como Académica Numeraria. Es decir, el total de las 8 Reales Academias Nacionales tiene tan solo 17 Académicas de un total de más de 300 Académicos.

Es cierto que en la actualidad no es equiparable la presencia de hombres y mujeres en puestos de responsabilidad. Pero hay que tener en cuenta que hace 30 años la presencia de las mujeres en ciencia era muy reducida y que el acceso a los puestos altos lleva tiempo.

Yo soy optimista y, debido al aumento del número de mujeres en los laboratorios de investigación pienso que, si las mujeres seguimos luchando e incorporándonos al mundo profesional, en un futuro no muy lejano la mujer investigadora ocupará en la comunidad científica el puesto que le corresponda de acuerdo con su capacidad.



La vidriera de la Facultad de CC. Biológicas y Ambientales fue el escenario elegido para la foto de clausura de las Jornadas sobre Mujer y Ciencia. En la imagen aparecen junto a Margarita Salas y el resto de las conferenciantes, el Vicerrector de investigación, el Decano de nuestra Facultad y varios miembros de la ABLE.

Volviendo a mi vida científica, la mía ha tenido muchas satisfacciones; pero también se sufren muchas frustraciones ya que los resultados que se obtienen frecuentemente no son los que uno desearía. Hace falta mucha paciencia y tesón, pero sobre todo mucho entusiasmo, ya que con él se pueden sobrellevar las frustraciones que conlleva una vida dedicada a la investigación. Cuando se obtienen resultados interesantes y/o inéditos se suplen con creces los

momentos de desánimo que se puedan tener. Pero aparte de esta alegría por descubrir, la investigación, al menos en mi caso, me ha dado otras dos grandes satisfacciones. Por una parte, una aplicación práctica en biotecnología que ha surgido como resultado de nuestra investigación básica. La DNA polimerasa, que es la proteína encargada de la duplicación del DNA, producida por el virus $\phi 29$, tiene propiedades que la hacen única para la amplificación del DNA. En la actualidad se ha comercializado la DNA polimerasa de $\phi 29$ con muy buenos resultados. Es ciertamente una satisfacción el que, de una investigación básica, se obtenga un resultado práctico de una gran repercusión económica. Y esto es también una buena prueba de algo que decía Severo Ochoa. Hay que hacer investigación básica de calidad y hay que dejar al investigador libertad para que realice su investigación. De esta investigación básica surgirán resultados prácticos que no son previsibles a priori y que redundan en beneficio de la humanidad. Aplicaciones prácticas que ha dado la Biología, como por ejemplo la tecnología del DNA recombinante, han surgido como resultado de proyectos de investigación básica. Como es bien sabido y como también decía Severo Ochoa, un país sin investigación es un país sin desarrollo. Es necesario que potenciemos nuestra investigación básica de calidad pues ella será la base para el desarrollo de nuestro país.

La otra gran satisfacción que me ha dado la investigación es la enseñanza, tanto a nivel de licenciatura como, en particular, a nivel de estudiantes de doctorado y postdoctorado.

En relación con la primera, yo impartí durante 23 años la asignatura de Genética Molecular en la Facultad de Químicas de la Universidad Complutense de Madrid. Esto me dio muchas satisfacciones y me permitió seleccionar excelentes estudiantes de doctorado. Durante 40 años de mi vida científica se han realizado en el laboratorio un total de 50 tesis doctorales.



En la actualidad Margarita Salas dirige un extenso grupo de investigación dedicado al estudio del bacteriófago $\phi 29$.



Es una enorme satisfacción formar futuros científicos, dirigirlos y alentarlos en los muchos momentos de desánimo que existen a lo largo de los cuatro años que dura una tesis doctoral. Pero sobre todo, ser testigo de sus éxitos, muchos de ellos como jefes de grupo con su investigación propia obteniendo importantes resultados científicos.

Quiero resaltar que los 50 doctorandos que se han formado en el laboratorio, otros muchos doctores que han obtenido una formación postdoctoral y los técnicos que han pasado y/o que están actualmente en el laboratorio formamos una gran familia formada por hijos, nietos y hasta bisnietos científicos. Cuando nos reunimos con ocasión de algún acontecimiento científico y/o personal siento una gran alegría y una enorme satisfacción. El orgullo de ver que los discípulos me han superado.

Hemos recorrido un largo camino desde que Eladio y yo iniciamos nuestro trabajo en Biología Molecular a nuestra vuelta a España en 1967. Un hito importante, del cual yo fui una espectadora de excepción, fue la creación del Centro de Biología Molecular “Severo Ochoa” con la idea de que Severo Ochoa pudiese venir a investigar a España. Los avatares políticos hicieron que el proyecto se retrasase hasta 1977. Y digo que fui una espectadora de excepción porque fue Eladio el que diseñó científicamente y programó un Centro moderno para hacer Biología Molecular. De hecho, fue el primer Centro que se construyó en España con una concepción nueva con facilidades básicas para ayudar a realizar investigación de calidad.

Afortunadamente, podemos decir que la investigación en Biología Molecular se ha potenciado de un modo importante. Existen grupos de indudable calidad en España, y así lo ha valorado la revista Nature quien ha dedicado no hace mucho un número completo sobre la investigación en España. Un comentario en la primera página de dicho número se titula “Spain breeds good science in lean times” (España produce buena ciencia en tiempos difíciles). Pero todavía es necesario potenciar la cantidad, en particular la recuperación de jóvenes investigadores excelentemente preparados.

Finalmente, quiero resaltar que el trabajo que se ha realizado en el laboratorio es el resultado de la dedicación de muchas personas que han trabajado en el grupo de Ø29 a lo largo de 40 años, muchas de las cuales tienen sus propios grupos de investigación y están realizando un trabajo excelente. Mi más profundo agradecimiento a todas ellas. Mi agradecimiento a mis dos maestros de las fases predoctoral y postdoctoral, Alberto Sols y Severo Ochoa, respectivamente, quienes me enseñaron, no solo la Bioquímica y la Biología Molecular, sino también su rigor experimental, su dedicación y su entusiasmo por la investigación. A mis padres, quienes siempre me facilitaron el desarrollar

mi carrera profesional. A mis hermanos y amigos, por su apoyo y amistad. A nuestra hija Lucía pues siempre me ha apoyado en mi dedicación a la investigación. Y muy especialmente a Eladio, con quien compartí los momentos difíciles de iniciar la investigación en España sobre el virus ø29. Tener a Eladio siempre a mi lado ha sido para mí un estímulo constante. Su consejo siempre acertado ha estado apoyándome continuamente. Eladio ha sido para mí, no sólo un marido, sino también un amigo y un maestro. De hecho, el mejor de mis maestros.



La Dra. Margarita Salas es en la actualidad Profesora de Investigación en el Centro de Biología Molecular "Severo Ochoa" (CSIC-UAM) y Presidenta de la Fundación Severo Ochoa. Ha sido Profesora *ad honorem* de Genética Molecular en la Facultad de Químicas de la Universidad Complutense de Madrid (1968-1992). Su producción científica asciende a más de 350 publicaciones en revistas y libros internacionales y ha dirigido 30 Tesis Doctorales. Es miembro de numerosas organizaciones científicas: European Molecular Biology Organization (EMBO, 1983), Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (1988), Academia Europaea (1988), American Academy of Microbiology (1996), Academia Europea de Ciencias y Artes (1997), Real Academia Española (2003), Academia Europea de Yuste (2004), American Academy of Arts and Sciences (2005) y US National Academy of Sciences (2007).

Ha sido Presidenta del Instituto de España (1995-2003) y Presidenta del Consejo Social de la Universidad de Oviedo (1999-2003). Ha recibido numerosos premios y distinciones, como el Severo Ochoa de Investigación de la Fundación Ferrer (1986), Carlos J. Finlay de UNESCO (1991), Rey Jaime I de Investigación (1994), Medalla Principado de Asturias (1997), Premio a los Valores Humanos del Grupo Correo (1998), Premio de Investigación de la Comunidad de Madrid (1998), Premio México de Ciencia y Tecnología (1998), Medalla de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (1999), Premio Helena Rubinstein-UNESCO "Women in Science" (1999), Premio Nacional de Investigación Santiago Ramón y Cajal (1999), Española Universal por la Fundación Independiente (2000), Medalla de Oro de la Comunidad de Madrid (2002), Medalla de Honor de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (2003), Gran Cruz de la Orden Civil de Alfonso X el Sabio (2003), Cristóbal Gabarrón de Ciencia e Investigación (2004), Medalla de Oro al Mérito en el Trabajo (2005), Medalla de Honor de la Universidad Complutense de Madrid (2005). Es Doctora *Honoris Causa* por las Universidades de Oviedo (1996), Politécnica de Madrid (2000), Extremadura (2002), Murcia (2003) y Cádiz (2004).

PONIENDO EN CLARO

Agricultura en la Luna

Saúl Pérez Castrillo¹, Teresa García Aldonza² y Fernando Cartón García³
 Facultad de CC. Biológicas y Ambientales. Universidad de León. Alumnos de 3º
 de Biología

(biospc01@estudiantes.unileon.es)¹, (biotga00@estudiantes.unileon.es)²,
 (biofcg00@estudiantes.unileon.es)³.

Este artículo revisa los últimos estudios y técnicas desarrolladas para el futuro cultivo de plantas en la Luna. Se trata de aportar altas intensidades de luz a los cultivos con el fin de aumentar los rendimientos. Un factor a tener en cuenta en dicho cultivo son las condiciones de baja gravedad. No se han hecho muchos estudios acerca de cómo afecta este factor a las plantas, pero sí se sabe que tiene un efecto negativo en la orientación de la raíz y el metabolismo del almidón. Se trata además de conseguir el máximo aprovechamiento del espacio en los posibles cultivos lunares. Para ello se han diseñado diferentes sistemas de cultivo en cámaras de crecimiento, dentro de grandes complejos ecológicos con altas tasas de autorregeneración de residuos, conocidos como “sistemas ecológicos de soporte vital” (CELSS) o Base Lunar con Sistema de Soporte Vital Bioregenerativo (LBLSS), que aún no han sido puestos en marcha.

Palabras clave

Luna, microgravedad, sustrato, minerales, biorregenerativo.

Introducción

Celebramos en 2009 el año internacional de la astronomía. Tras la llegada del ser humano a la Luna, hace justo cuarenta años, se ha ido afianzando el deseo de llegar a establecerse durante tiempos más o menos prolongados en nuestro satélite. Pero aún quedan muchas incógnitas por resolver ¿Es posible vivir en la Luna? ¿Por cuánto tiempo? ¿Qué interés tiene para la comunidad científica y para la población humana en general? ¿Cómo se puede hacer para conseguir el autoabastecimiento sin necesidad de llevar demasiados productos desde la Tierra?

En estas cuestiones precisamente está trabajando la NASA (National Aeronautics and Space Administration) y su equivalente europeo, la ESA (European Space Administration), a través de sus respectivos proyectos, destinados en conjunto a encontrar un sistema mediante el cual se pueda mantener la vida en la Luna de manera sostenible, y así intentar en un futuro (lejano todavía) el asentamiento humano en nuestro satélite (**Figura 1**).

En la Luna no hay atmósfera por lo que se tienen que crear unas condiciones gaseosas en las que sea posible el mantenimiento de la vida, y así los seres humanos que pudieran habitar allí sean capaces de cultivar sus propios alimentos. Para ello se deben cultivar las plantas en condiciones óptimas para su crecimiento (temperatura, humedad, concentraciones de gases...), es decir, en aquéllas donde su rendimiento metabólico sea el máximo posible, adaptando esas circunstancias al momento de desarrollo de la planta.

Así se han desarrollado sistemas en los que se pueden realizar cultivos de forma totalmente controlada.



Figura 1. Dibujo idealizado de una base lunar en la que la tripulación cultiva plantas para su autoabastecimiento. (Tomado de <http://www.oregon15.org>)

Desarrollo de condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas

Para empezar, se necesitan niveles de luz altos, que es el requisito más importante para obtener rendimientos elevados. Además se requiere el control de la temperatura, del nivel de dióxido de carbono, de la velocidad del aire...

Teniendo en cuenta que en la Luna no existen estaciones, el entorno ambiental donde se realizarían todos los cultivos sería bajo tierra. Allí en cuanto se cosechara un cultivo se plantaría el siguiente. Al reducir el número de días de cultivo, aumenta el rendimiento en términos diarios.

Así los experimentos realizados hasta el momento han demostrado que los rendimientos máximos que se pueden alcanzar son mayores que los descritos en las mejores condiciones de campo. Ello es debido a que en estos estudios se diseñan condiciones ideales que en el campo nunca se dan (elevada cantidad de luz por ejemplo).

Además estos experimentos nos permiten confiar en que sería posible cultivar plantas fuera de la Tierra con un rendimiento aceptable. Sin embargo hasta ahora sólo se ha investigado con plantas de fácil manejo como es el trigo, y el ser humano necesita además otras fuentes de alimento. Por tanto el proyecto citado es prometedor, pero aún le falta desarrollar partes importantes para que el ser humano pueda habitar de forma permanente en la Luna.

Cultivo en espacio reducido

Debido a que en la Luna no hay atmósfera, ni estaciones climáticas, el cultivo de plantas debería realizarse en espacios controlados, bajo unas condiciones determinadas. Esos espacios físicos no pueden ser muy grandes ya que en las estaciones espaciales el espacio es limitado y debe aprovecharse al máximo. Por ello los cultivos experimentales se realizan en lugares reducidos, concretamente en las llamadas cámaras de crecimiento en las cuales se mantienen las condiciones óptimas para el crecimiento vegetal.

¿Cómo obtener el máximo rendimiento en esos espacios? Se debe proporcionar a las plantas en cada momento condiciones óptimas para su crecimiento y sobre todo un nivel de luz bastante más alto que el de campo, ya que eso es lo que hace, precisamente, que sus ciclos de crecimiento varíen y su rendimiento sea el máximo, mucho mayor que el que alcanzan en la Tierra.

Así en esas cámaras de crecimiento se usan sustratos con una composición similar a la del suelo que la planta necesitaría en la Tierra, o grava volcánica, y se riega las plantas con una solución hidropónica (máximamente nutritiva). El CO₂ que producirían los humanos se canaliza hasta esas cámaras de crecimiento y así las plantas lo usarán para su fotosíntesis. Además, ese CO₂ también se utilizará para, junto con el hidrógeno lunar, sintetizar *in-situ* agua que servirá tanto para abastecimiento humano como de las plantas. La **Figura 2** muestra cómo es una de esas cámaras de crecimiento:

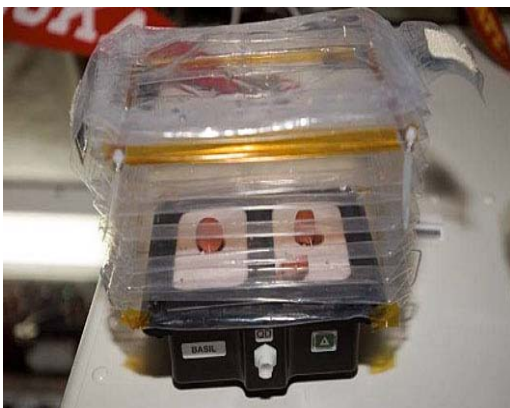


Figura 2. Cámara de crecimiento de la NASA donde están desarrollándose plantas en condiciones controladas. (Tomado de <http://www.nasa.gov>)

Así, se obtienen plantas en los distintos tipos de cultivos y condiciones. Un experimento realizado por la NASA dio como resultado el crecimiento considerable de plantas de trigo durante 20 días en las cámaras de crecimiento controlado. Las imágenes sucesivas que se obtuvieron fueron las mostradas en la **Figura 3**.



Figura 3. Fases de crecimiento de trigo en las cámaras de crecimiento. 3, 16 y 20 días respectivamente. (Tomado de <http://www.nasa.gov>)

Efectos de la baja gravedad en la agricultura en la Luna

Las condiciones de baja gravedad no solo afectan al crecimiento de la planta, sino también al mantenimiento del sustrato en el suelo, el almacenaje del agua y el riego de la planta. Por tanto constituyen un factor importante a tener en cuenta ya que la planta vive del agua y de los minerales que se aportan, y si éstos no son administrados por falta de gravedad la planta no podría sobrevivir.

En la actualidad no se conocen muchos efectos de la baja gravedad en las plantas, ya que es difícil recrear en la tierra estas condiciones, pero tras algunos ensayos realizados en expediciones espaciales se ha observado un efecto negativo en la orientación de la raíz y en el metabolismo del almidón.

Experimentos realizados con musgos en la estación espacial Mir para observar los efectos de la microgravedad, determinaron que los gránulos de almidón no se depositaban en la dirección de la gravedad, sino al azar. Este efecto produce un crecimiento anormal de la planta. En un experimento se observó que la orientación de las raíces era en forma espiral (**Figura 4**).

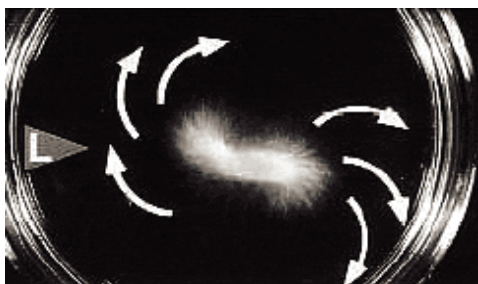


Figura 4. Orientación de las raíces en disposición espiral debido a la baja gravedad. (Tomado de weboflife.nasa.gov)

En otro experimento realizado en la Estación Espacial Internacional (EEI), se intentaron cultivar semillas en condiciones de baja gravedad. Esto se llevó a cabo en cámaras de crecimiento cerradas y con un ambiente controlado. A la vez se cultivaron en la Tierra las mismas semillas. En la actualidad solo se han culminado dos ciclos de vida completos de los experimentos realizados. Uno fue el de un experimento con trigo, realizado en la Estación Mir, el cual completó su ciclo de vida, pero únicamente produjo semillas vacías. El otro experimento fue realizado también en la Estación Mir, con semillas no comestibles, y sí obtuvieron semillas en varias generaciones.

El efecto de las condiciones de microgravedad sobre la orientación de la parte aérea es mucho menor, ya que ésta viene determinada principalmente por la dirección de la luz incidente. Por ello en la agricultura lunar se podría aportar a las plantas una fuente de luz de mayor intensidad que la utilizada en la agricultura tradicional, para compensar el efecto de la baja gravedad. Este hecho se está investigando actualmente en estaciones espaciales. El experimento consiste en aportar a varias muestras de plantas intensidades de luz diferentes. De esta forma la parte aérea tendría ya la orientación adecuada.

Por otra parte, la baja gravedad tendría un efecto considerable sobre el riego de la planta. La raíz necesita tener el agua en sus inmediaciones, para así poder absorberla y transportarla al resto de la planta. De este modo, si la gravedad es baja lo más probable es que el agua se encontrara en movimiento debido a su bajo peso, y al no hallarse cerca de la raíz, la planta no tendría agua y su viabilidad sería nula.

Para controlar la orientación de la parte radicular los cambios a realizar serían más complicados. Uno de ellos afecta a la orientación de los gránulos de almidón en las células del extremo de la raíz, responsables de la percepción de la gravedad en este órgano. Para modificar dicha orientación se han hecho experimentos en los cuales se añaden productos químicos que destruyen los gránulos o que les hacen orientar otras direcciones.

Otra solución –la que tiene mayor aceptación– es analizar las semillas de las plantas cuando lleguen a la Tierra, seleccionar las de aquéllas que se hayan hecho resistentes a las condiciones de microgravedad, e identificar los cambios en el material genético asociados a esta resistencia. Así se podrán sembrar estas

semillas en sucesivos experimentos, y se podrán transmitir a otras plantas los genes responsables de las mutaciones que favorecen el crecimiento en baja gravedad.

Sustrato de las plantas en el espacio. Reciclaje de agua, gases y minerales.

Hasta la fecha, cada vez que los humanos han viajado al espacio han tenido que llevar consigo agua, comida y aire. Los periodos de estancia están limitados por la comida transportada. El aire y el agua pueden ser reciclados por máquinas.

¿Podríamos cultivar en el espacio nuestros propios alimentos, y proporcionar así dietas equilibradas vegetarianas a los astronautas?

Muchos grupos de investigación de la NASA, ESA y diferentes universidades y agencias espaciales, llevan décadas estudiando los nuevos “Sistemas Ecológicos de Soporte Vital (CELSS)”, caracterizados por ser autosuficientes. Son sistemas cíclicos en los que la materia se va transformando hasta comenzar de nuevo el ciclo.

Los primeros experimentos llevados a cabo entre 1950 y 1960 apuntaban a la posibilidad del reciclado del aire de las naves o bases espaciales usando algas. Se podrían construir tanques donde crecieran las algas gracias a luz artificial, para absorber el CO₂ generado por los humanos y emitir el O₂ que éstos necesitan. Estos tanques podrían estar apilados, formando el suelo o las paredes de la nave. Se calcula que se requerirían unos 8 m² de superficie donde crecieran algas para el reciclado de los gases producidos y consumidos por un solo tripulante.

Estudios más actuales, llevados a cabo por el “Centro Europeo de Investigación y Tecnología Espacial (ESTEC)” afirman que podría acabarse la necesidad de transportar nutrientes y sustrato desde la Tierra para el desarrollo de plantas, ya que han descubierto el modo de cultivar claveles de Indias (*Tagetes patula*) en anortosita, una roca muy semejante al regolito lunar.

La composición del suelo lunar es muy pobre en minerales que contienen N, P o K, nutrientes imprescindibles para las plantas (**Figura 5**). Por ello estos claveles de Indias crecían muy mal en anortosita. Sin embargo tras la inoculación del sustrato triturado con la bacteria *Paenibacillus* sp. las plantas lograban crecer rápidamente e incluso florecer.

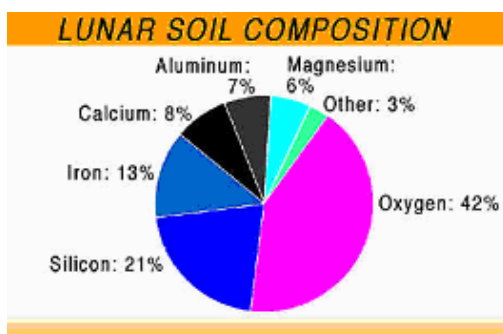


Figura 5. Composición del suelo lunar.

Las bacterias actuaban retirando de la roca minerales como K, Ca y Fe (que son usados por la planta), y fijando el nitrógeno atmosférico, sin provocar ninguna alteración en la rizosfera donde crecían. Además actuaban protegiendo a la planta frente a diferentes tipos de estrés.

Las plantas obtenidas, a pesar de tener partes comestibles, no pueden ser consideradas como una verdadera cosecha. Pero este proceso sigue siendo interesante, pues los claveles de Indias podrían ser procesados posteriormente para fabricar compost sobre el que crecer las verdaderas cosechas.

Este sistema continúa en estudio, y se podría mejorar gracias a la selección genética de plantas y bacterias para un mayor rendimiento.

Sistemas Ecológicos de Soporte Vital (CELSS)

Este tipo de sistemas tiene actualmente una tasa de autosuficiencia superior al 95%. Destacan algunos desarrollados en la Tierra, como Estación Antártica Concordia, Biosphera 1, Biosphera 2, Biosphera 3 y MELiSSA (Micro-Ecological Life Support System Alternative), y otros hasta ahora solo en fase de diseño como LunaGaia.

Todos ellos presentan tres componentes: zoológico (acuario), botánico (invernadero) y bacteriano (que recicla los residuos).

Componente botánico: consiste en el invernadero donde se cultivarían las plantas usadas como alimento para la tripulación. Inicialmente podrían realizarse cultivos hidropónicos automatizados, debido al reducido tamaño de la estación, y el bajo número de astronautas que la habitaran. Cuando esto aumente se cultivaría sobre sustrato lunar enriquecido con materiales transportados desde la tierra, y provenientes del reciclado de residuos.

El aire de la base sería reciclado gracias a las plantas que transformarían el CO₂ de nuevo en materia orgánica. Todo ello en mayor o menor medida dependiendo de las necesidades, ajustando la intensidad de luz para una mayor o menor tasa fotosintética.

La biomasa vegetal desechable que no se consumiera sería reciclada gracias a microorganismos u hongos, que la transformarían de nuevo en sustrato.

Componente zoológico. Consistiría en un acuario, donde se alimentaría a especies de rápido crecimiento, como *Tilapia aurea*, que podrían servir luego como alimento para tripulación.

El alimento de los peces podría ser la biomasa vegetal desechable, que no sirve para el consumo humano. Se reciclarían los desechos de esta forma.

Los productos tóxicos formados, junto con los excrementos de los peces (NH_3), serían reciclados por bacterias nitrificantes. Servirían después como nuevo sustrato para las plantas.

El agua proveniente del riego y del acuario se trataría y reciclaría gracias a columnas de intercambio iónico y potabilizadoras.

Componente bacteriano. Consistiría en tanques (digestores anaeróbicos) donde crecerían bacterias nitrificantes, fotoheterótrofas, fotoautótrofas, anaeróbicas termófilas... que digerirían la biomasa vegetal desechable, liberando minerales, NH_3 , ácidos grasos volátiles y CO_2 . El CO_2 sería usado por las plantas y bacterias fotoautótrofas, y los minerales y NH_3 serían transformados por bacterias nitrificantes en otros compuestos inorgánicos, como nitratos, con los que se enriquecería el nuevo sustrato para la siguiente cosecha. Todo este proceso está indicado en la **Figura 6**.

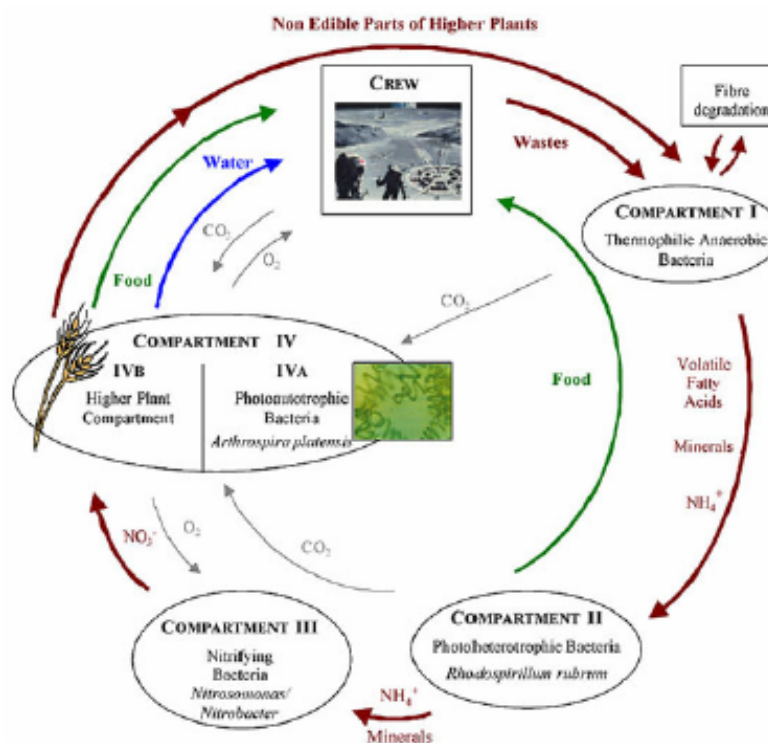


Figura 6. Componente bacteriano Melissa. La materia vegetal desechable es descompuesta por bacterias termófilas anaeróbicas que forman ácidos grasos volátiles. Estos a su vez son usados por bacterias fotoautótrofas productoras de amonio, que es transformado en nitrato por bacterias nitrificantes.

Este sistema fue concebido por un grupo de científicos de la Universidad de Beijing. Es, al igual que los anteriores, un sistema autosuficiente de aporte de alimentos que podría ser establecido en una base lunar. Usa un sustrato sólido para el crecimiento de plantas.

Para la supervivencia de la tripulación se han diseñado dietas vegetarianas basadas en el cultivo de trigo, arroz, zanahorias, tomates, coles, cebollas, ajo, soja, calabacín... que aportan el 76% de los requerimientos nutricionales. El 24% restante sería a base de las reservas transportadas de pescado en conserva, sal yodada, azúcar, salsa de carne y salsa de marisco.

Para el cultivo de las plantas se han planteado varios sistemas:

1. Sistemas de aporte de nutrientes mediante aeroponía: Es un tipo de cultivo en el que las raíces crecen en oscuridad y expuestas al aire (**Figura 7**). La solución nutritiva se pulveriza directamente sobre las raíces.
2. Sistemas hidropónicos, en los que las raíces crecen en agua. Con estos sistemas, se corre el riesgo a largo plazo de la infección de la solución nutritiva con bacterias u hongos fitopatógenos, y que la cosecha se pierda. No se considera este tipo de cultivo.



Figura 7. Cultivo aeropónico de lechugas.

3. Sistemas convencionales de cultivo en sustrato. Una opción en estudio es el uso de suelo lunar o marciano como sustrato. Por ejemplo en suelo lunar el crecimiento de plantas se vería limitado por la baja concentración de K, P y N. Por ello es más realista el uso de sustratos fabricados por el hombre. Estos sustratos deben tener unas características especiales para poder ser usados en bases espaciales:
 - a. Alta fecundidad: que la cantidad y calidad de las plantas cosechadas sea la misma que si se hicieran crecer mediante cultivos hidropónicos.
 - b. Capacidad de protección de las plantas. Que en la biota bacteriana del sustrato no haya microorganismos fitopatógenos.
 - c. Alta capacidad de recuperación de los nutrientes perdidos tras la recolección.

Se calcula que se requeriría un espacio de unos 47,5 m² para el cultivo de las plantas necesarias para un solo tripulante de la estación.

Para reducir el tiempo de crecimiento se podrían enviar desde la Tierra las plantas de la primera cosecha, ya germinadas y crecidas hasta una cierta edad.

Habría que solucionar otros problemas, como los daños causados en las plantas por las vibraciones del despegue y del viaje, e inducir su crecimiento en la dirección adecuada para cuando lleguen a la Luna, pues el viaje dura 3 días y se realiza en ausencia total de gravedad.

Por otro lado queda por abordar el problema del reciclado de los desechos vegetales y de los tripulantes, y del reciclado del aire y agua para que se cierre el ciclo y este sistema sea verdaderamente biorregenerativo.

El aire sería regenerado directamente por la actividad fotosintética de las plantas. Para un mayor o menor nivel de reciclado, se podría controlar la densidad de flujo de fotones aplicada (que variaría entre 700 y 900 micromoles/m²s, dependiendo de la especie) y el fotoperiodo.

Los residuos de la tripulación, como las heces y orina, serían rápidamente deshidratados y almacenados.

El agua del riego, procedente de la deshidratación de los desechos y la transpirada por las plantas (que sería condensada de nuevo), sería repotabilizada gracias a columnas de intercambio iónico y tanques anaeróbicos, donde crecerían microorganismos.

Por último, los residuos producidos por los restos de alimentos y de biomasa vegetal son reciclados también; por ejemplo, los desechos ricos en lignina, como la paja del trigo, pueden ser usados como sustrato para el crecimiento de hongos, en concreto de la especie *Pleurotus florida*. La paja es molida y tratada con métodos térmicos e inoculados con las esporas de este hongo, procedentes del ciclo de crecimiento anterior. Se cultivarían durante 60 – 70 días a 19 – 27°C y se recolectarían. Los cuerpos fructíferos de los hongos son comestibles, y el sustrato con el micelio se habría transformado en un compost que sería añadido al sustrato para la siguiente cosecha (**Figura 8**).

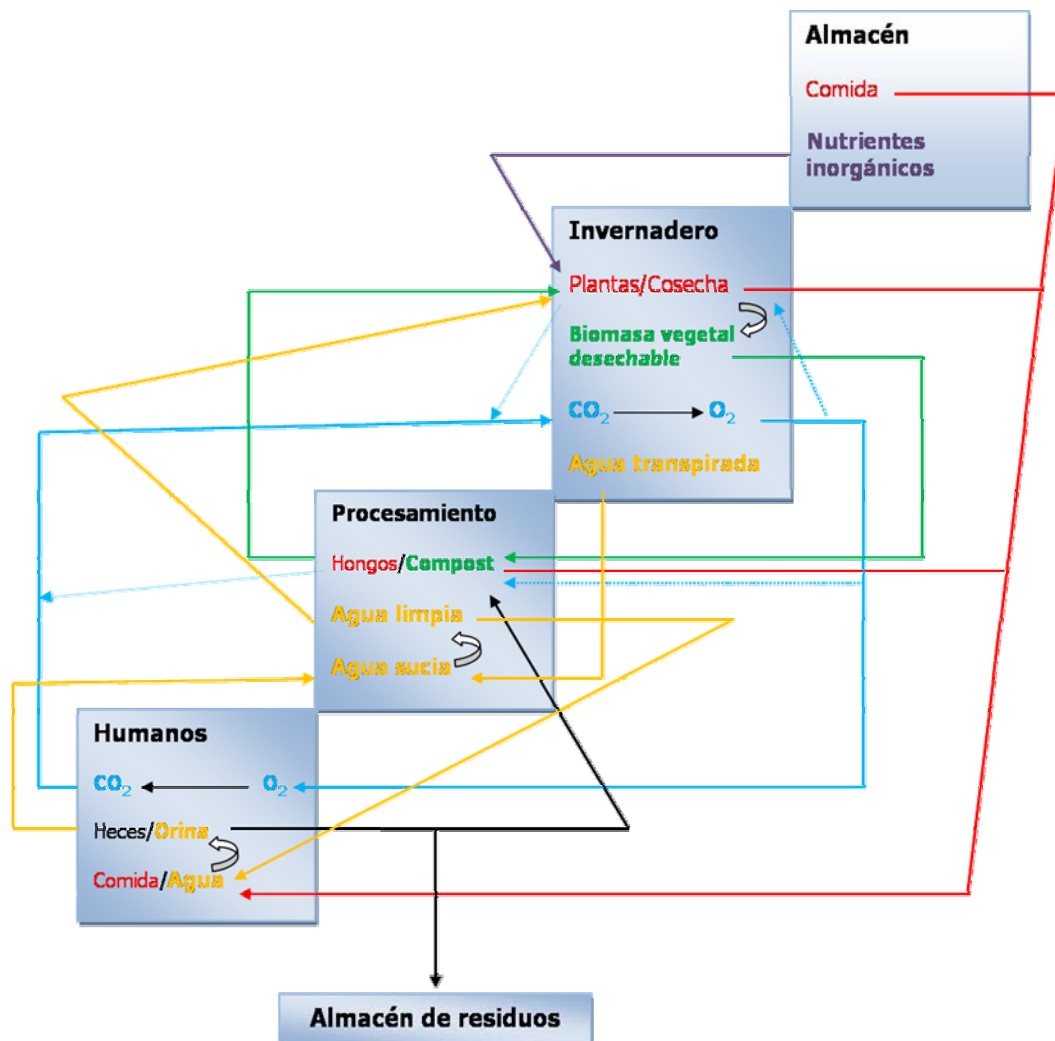


Figura 8. Esquema del sistema de autorregeneración LBLSS. Basado en el mecanismo de reutilización de todos los desechos formados por la tripulación, y reciclado de la materia vegetal no comestible.

Bibliografía

- Easterwood, G.W., Street, J.J., Sartain, J.B., Hubbell, D.H., Robitaille, H.A. 1992. Lunar Base CELSS-A Bioregenerative Approach. En *The second conference on Lunar bases and space activities of the 21st Century*, Ed. W.W. Mendell, NASA Conference Publication 3166, p. 519.
- Gros, B., Lasseur, C., Tikhomirov, A.A., Manukovsky, N.S., Ushakova, S.A., Zolotukhin, I.G. Wheat growth on neutral and soil-like substrates: carbon dioxide exchange and microflora. *ISHS Acta Horticulturae* 644:243-248.



- Salisbury, F.B., Bugbee, B.G. 1985. Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century. Wheat Farming in a Lunar Base. Houston, TX, Lunar and Planetary Institute, edited by W. W. Mendell, p.635.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W. 2000. Fisiología de las Plantas. Ed Paraninfo. Madrid.
- <http://adsabs.harvard.edu/full/1985lbsa.conf..635S>
- <http://gateway.nlm.nih.gov/MeetingAbstracts/ma?f=102212635.html>
- <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/7351437.stm>
- <http://spacegrant.engr.colostate.edu/projects/archive/pre2003/past/plantgrowth/index.html>
- <http://weboflife.nasa.gov/currentResearch/currentResearchFlight/sts107SeekingTheLight.htm>
- <http://www.asi.org/adb/02/12/01/01/>
- <http://www.cosis.net/abstracts/EGU2008/06761/EGU2008-A-06761.pdf>
- <http://www.nasa.gov>
- <http://www.permanent.com/s-ce-nas.htm>

SIGUIENDO LA PISTA

Actividad alelopática de la cafeína en plántulas de trigo y lenteja

Isabel Maniega Cuadrado¹, Ramón Molero Llamazares², Ana Perea Martínez³ y Raquel Pérez García⁴.

Facultad de C.C. Biológicas y Ambientales. Universidad de León. Alumnos de 5^o curso de Biología (curso 2008-09).

(bioimc01@estudiantes.unileon.es)¹, (biorml00@estudiantes.unileon.es)²,
(bioapm01@estudiantes.unileon.es)³, (biorpg00@estudiantes.unileon.es)⁴

La cafeína es un alcaloide que posee efectos aleloquímicos y autotóxicos. En el presente trabajo se ha extraído cafeína de hojas de té, utilizando agua caliente alcalinizada con CaCO₃, extracción con diclorometano y precipitación en mezcla de acetona caliente-hexano, y se ha comprobado la pureza de la cafeína extraída mediante técnicas cromatográficas y espectrofotométricas. Con el extracto obtenido se ha llevado a cabo un ensayo para valorar el efecto que ejerce este alcaloide sobre ciertos parámetros de crecimiento en trigo y lenteja. Mediante este procedimiento se pudo observar que la cafeína inhibía el crecimiento, tanto de la raíz como del tallo, en ambas especies, en un rango amplio de concentraciones, aunque este efecto fue mayor en las raíces.

Introducción

La cafeína, 1,3,7-trimetilxantina (**Figura 1**), es el principio activo mayoritario de las hojas de té y de las semillas de café, y se encuentra también en las hojas de mate y en las semillas de cacao, entre otras especies. Aunque es más abundante en los órganos citados, se sintetiza y se acumula en toda la planta. Se descubrió en las semillas y hojas del café en 1820 (Pacheco y Pohlan, 2005).



Figura 1. Estructura de la cafeína.

Desde una perspectiva farmacológica, la cafeína es un estimulante. En dosis moderadas promueve efectos positivos como estimulador del sistema nervioso central, del músculo cardíaco y del sistema respiratorio. En exceso produce nerviosismo, irritabilidad, insomnio, temblores musculares y arritmia cardíaca. Puede llegar a provocar dependencia y a ser tóxica, aunque su dosis letal (DL50, dosis que provoca la muerte en el 50% de los individuos) es de 105 mg por kg de peso corporal en ratas. Se ha estimado que la DL50 para el ser humano se encuentra entre 150 y 200 mg por kg de peso corporal (Peters, 1967), lo cual supone el consumo de unas 80-100 tazas de café en un período de tiempo relativamente breve.

En las plantas este alcaloide suele actuar como antialimentario, antimicrobiano y alelopático. El objetivo de este estudio es desarrollar un método para obtener cafeína purificada a partir de hojas de té, con el fin de analizar su posible efecto alelopático sobre el crecimiento de plántulas de trigo y lenteja.



Figura 2. Plantación de té de la India (izquierda) y hojas secas de té negro de la India (derecha).

Material y métodos

Extracción de la cafeína

Para extraer la cafeína se utilizaron hojas secas de té negro de la India (**Figura 2**). Como en la mayor parte de las extracciones de metabolitos secundarios, el principal problema que se plantea es separar el metabolito objeto de interés de los muchos otros con los cuales viene mezclado.

En un matraz se colocaron 12,5 g de hojas de té secas, 5 g de CaCO_3 (de este modo se formaron sales cálcicas de los compuestos no deseados, que quedaron en la fase acuosa) y 125 ml de agua. La mezcla se calentó durante 30 minutos con agitación y, tras interrumpir el proceso, se decantó la mayor parte del sobrenadante y el resto se filtró.

El decantado y el filtrado se reunieron en un embudo de decantación y se extrajeron con 25 ml de diclorometano. Tras dejarlo reposar, se separaron las fases orgánica y acuosa, y se filtró la fase orgánica a través de sulfato magnésico anhidro.

Se repitió la extracción de la fase acuosa con otros 25 ml de diclorometano, que a su vez se volvió a secar con sulfato magnésico anhidro. Se juntaron las fases orgánicas en un matraz de fondo cónico, y el disolvente (diclorometano) se eliminó a presión reducida en un rotavapor. Como resultado se formó un residuo blanquecino adherido a la pared del matraz, que se recrystalizó utilizando la técnica de mezcla de disolventes. Para ello se disolvió en unos pocos mililitros de acetona caliente, y a continuación se añadió, gota a gota, hexano hasta que apareció turbidez. La disolución se enfrió en un baño de hielo, y el producto se recogió por filtración a vacío.

Valoración del grado de pureza de la cafeína extraída

Valoración cualitativa

Se realizó mediante una cromatografía en capa fina (TLC). Este método separa los compuestos de una mezcla por la diferente afinidad de éstos, ya sea a la gel de sílice (componente de la placa) o a la fase móvil. Se empleó una placa de gel de sílice G (Sigma) de 12 cm de largo por 9 cm de alto, y se utilizó como fase móvil cloroformo-metanol en una proporción 9:1. La cafeína purificada se disolvió en metanol (7,5 mg/ml). Como estándar se utilizó una solución de cafeína comercial (Sigma) en metanol (7,5 mg/ml). Se emplearon además como muestras de referencia cafeína purificada de café y otra muestra de cafeína purificada de té.

Se colocaron 20 μL de cada una de las muestras de cafeína sobre la placa y, después de dejarlas secar, se colocó la placa dentro de una cámara de vidrio, en cuyo interior había cloroformo-metanol en una proporción 9:1. Al cabo de tres horas se examinó la placa bajo luz ultravioleta y se marcaron las manchas que se observaron.

La placa se sumergió brevemente en una bandeja que contenía una solución de ácido sulfúrico al 10% en etanol y se calentó en estufa a 80°C hasta que se desarrollaron completamente los colores.

Valoración cuantitativa

Se realizó una recta patrón con concentraciones conocidas de cafeína comercial (25,8 - 386,6 μM), midiendo su absorbancia a 254 nm, y se extrapoló sobre ella el valor de la concentración de tres muestras de cafeína purificada disueltas en metanol.

A partir de la solución de cafeína comercial utilizada en la valoración cualitativa (7,5 mg/ml) se llevaron a cabo las distintas diluciones en metanol utilizadas en la investigación.

Determinación de la actividad alelopática de la cafeína

El ensayo se realizó sobre dos especies modelo, una monocotiledónea (trigo) y una dicotiledónea (lenteja). Las pruebas de alelopatía se hicieron en bandejas de plástico que contenían papel de filtro completamente humedecido con un volumen (4 a 8 ml) de una solución prueba (distintas concentraciones de cafeína disuelta en agua en el rango 10^{-5} - 5×10^{-3} M). Cinco bandejas de plástico, cada una conteniendo 20 semillas (10 de trigo y 10 de lenteja), fueron incubadas en oscuridad a 25 °C, y se determinaron a los 5 días las longitudes de la raíz y de la parte aérea de las plántulas. En el caso de las plántulas de trigo, se midió únicamente la longitud de la raíz más larga de cada plántula.

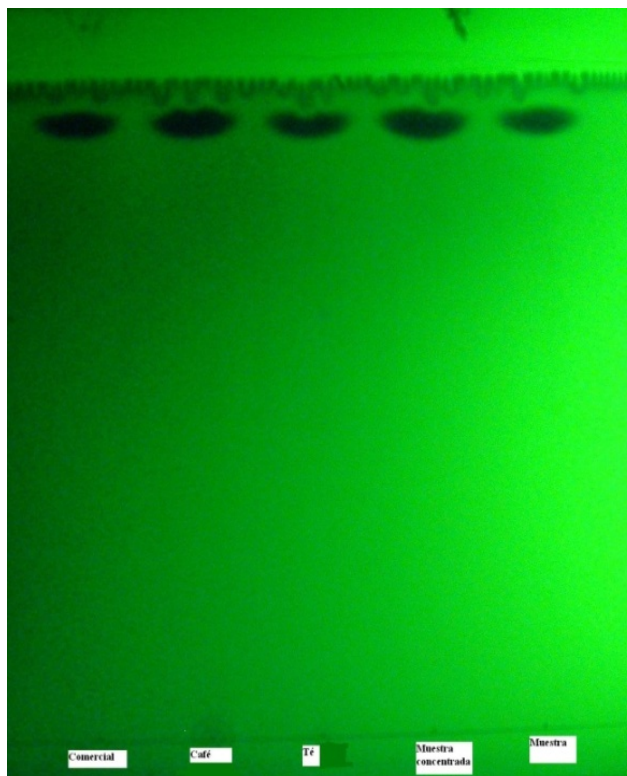
Resultados

Purificación de la cafeína

Se obtuvieron 42,4 mg de cafeína a partir de 12,5 g de hojas de té. El rendimiento obtenido fue muy bajo.

Valoración del grado de pureza de la cafeína

En la cromatografía en capa fina (TLC), bajo luz ultravioleta, se observó una única mancha que migra con un R_f próximo a 1, semejante al de la cafeína comercial (**Figura 3**).



Teniendo en cuenta el alto grado de pureza de la muestra, se llevó a cabo una valoración cuantitativa mediante espectrofotometría. La ecuación de la recta patrón resultante fue $y = 0,0037x - 0,0104$, y el coeficiente de correlación de 0,9987. Según estos datos, la pureza de la muestra fue prácticamente del 100%.

Figura 3. TLC de (izda. a dcha.) cafeína comercial (Sigma), cafeína extraída de café, cafeína extraída de té, nuestra cafeína extraída concentrada y nuestra cafeína extraída diluida.

Determinación de la actividad alelopática

Para determinar la actividad alelopática utilizamos diferentes concentraciones de nuestra muestra de cafeína (10^{-5} - $5 \cdot 10^{-3}$ M), y una solución control de cafeína comercial (Sigma) 10^{-3} M. No se apreciaron diferencias entre los resultados obtenidos con cafeína comercial o cafeína purificada, ambas a una concentración 10^{-3} M.

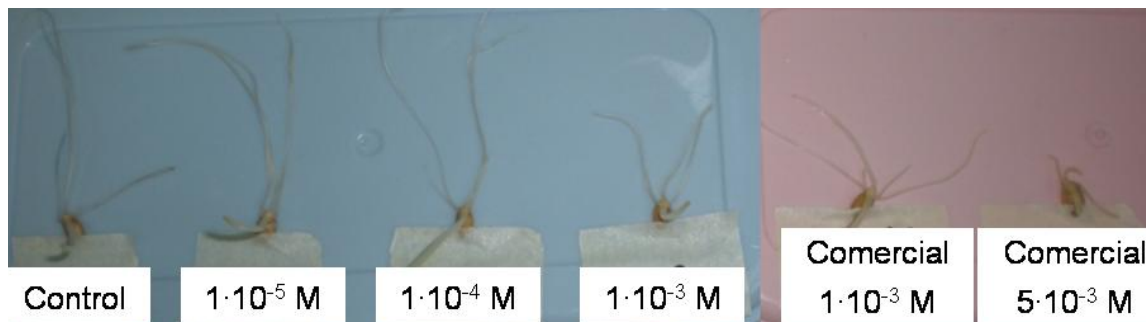


Figura 4. Crecimiento de plántulas de trigo en presencia de diferentes concentraciones de cafeína.

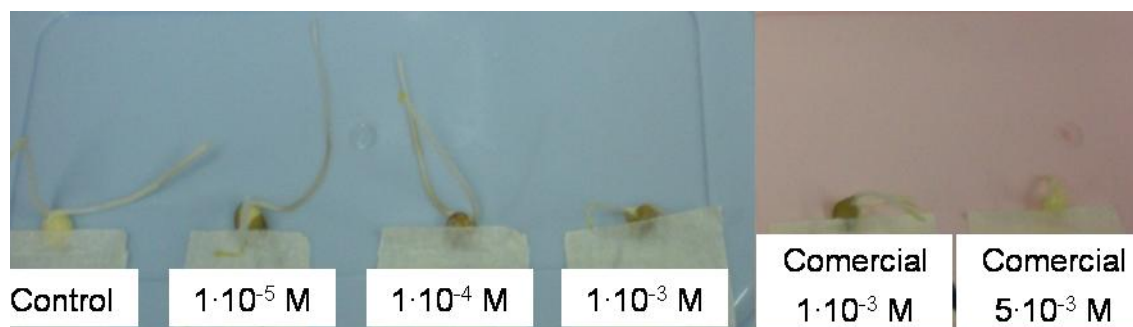


Figura 5. Crecimiento de plántulas de lenteja en presencia de diferentes concentraciones de cafeína

La germinación de las semillas de trigo y lenteja no quedó afectada por la cafeína, en el rango de concentraciones ensayado.

Sin embargo se observó claramente que la cafeína inhibió el crecimiento, tanto de la raíz como del tallo, en ambas especies (**Figuras 4 y 5**). Las raíces de las plántulas sometidas a las concentraciones más altas del inhibidor adquirieron un aspecto mazudo.

El efecto fue mayor a medida que aumentó la concentración de cafeína. Para corroborarlo, se realizó el cálculo de la I_{50} (**Figuras 6 y 7**) siendo éste de $2,5 \times 10^{-3}$ M y $8,0 \cdot 10^{-4}$ M para tallo y raíz de trigo, y de $2,0 \cdot 10^{-3}$ M y 10^{-3} M para tallo y raíz de lenteja respectivamente. De este modo se comprobó que la cafeína resultó ser más tóxica sobre el crecimiento del tallo con respecto al de la raíz, ya que se necesitaron concentraciones de cafeína más bajas para afectar a las raíces que al resto de órganos.

También se observó que a bajas concentraciones (10^{-5} M) este aleloquímico promovió el crecimiento del tallo de plántulas de trigo y de la raíz de plántulas de lenteja.

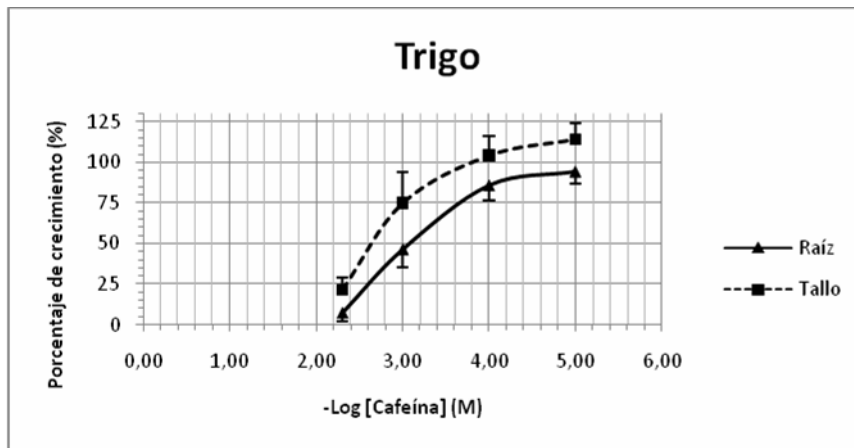


Figura 6. Longitudes de la raíz más larga (\blacktriangle) y del tallo (\blacksquare) de plántulas de trigo, expresadas como porcentaje de crecimiento con respecto el control, en función de la concentración de cafeína. Se representa la media \pm desviación típica (n = 10).

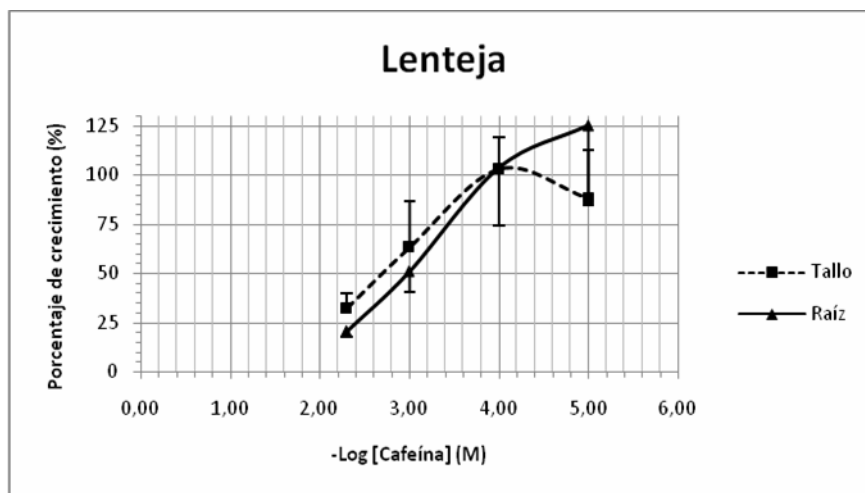


Figura 7. Longitudes de la raíz (\blacktriangle) y del tallo (\blacksquare) de plántulas de lenteja, expresadas como porcentaje de crecimiento con respecto el control, en función de la concentración de cafeína. Se representa la media \pm desviación típica (n = 10).

Discusión

El método utilizado para la extracción proporcionó cafeína con un grado de pureza del orden del 100%. El rendimiento fue bajo, ya que la concentración de cafeína en hojas de té es del orden del 3% (Cloughley, 1982). No obstante, hay que

tener en cuenta que el protocolo seguido no iba orientado a extraer la mayor cantidad posible de cafeína, sino cafeína de un alto grado de pureza.

Se observa claramente que la cafeína inhibe el crecimiento, tanto de la raíz como del tallo, en ambas especies. Sin embargo, se requieren concentraciones de cafeína más bajas para afectar a las raíces que al resto de órganos [trigo: I_{50} (raíz): $8,0 \times 10^{-4}$ M; lenteja: I_{50} (raíz): 10^{-3} M]. Otros estudios realizados con semillas de arroz reflejan que la cafeína inhibe más el crecimiento de las raíces que de los tallos, aunque la acumulación de cafeína fuera similar en ambos órganos. Aparentemente, los tallos tienen mecanismos más eficientes que las raíces para mantener el crecimiento en presencia de cafeína (Smyth, 1992).

Además, las raíces presentaron un aspecto mazudo. Esto puede ser debido a que la cafeína inhibe la mitosis en las raíces (Rizvi y Rizvi, 1987; Suzuki y Waller, 1987). Este efecto alelopático puede tener un sentido adaptativo importante para las plantas que producen y liberan cafeína al suelo, ya que podría afectar al crecimiento de la raíz de las plantas competidoras adyacentes y reducir el acceso de éstas a nutrientes y agua (Friedman y Waller, 1983).

La promoción del crecimiento del tallo de plántulas de trigo y de la raíz de plántulas de lenteja a bajas concentraciones de cafeína (10^{-5} M) puede interpretarse como un fenómeno de hormesis (Schabenberger et al., 1999; Cedergreen, 2008), observado en otros sistemas, debido a la potenciación de los sistemas de defensa, por ejemplo frente a destoxificación de xenobióticos.

En resumen, se pudo apreciar que la cafeína produce un efecto alelopático, inhibiendo el crecimiento tanto del tallo como de la raíz, en la monocotiledónea y en la dicotiledónea estudiadas. Este efecto fue más pronunciado en las raíces, sobre las cuales además ejerció un cambio morfológico, confiriéndolas una apariencia mazuda. Por tanto la hipótesis planteada sobre la presencia de efecto alelopático de la cafeína sobre plántulas de trigo y lenteja se ve claramente aceptada.

Bibliografía

- Cedergreen, N. (2008) Herbicides can stimulate plant growth. *Weed Res.* 48: 429-438.
- Cloughley, J.B. (1982) Factors influencing the caffeine content of black tea: Part 1 —The effect of field variables. *Food Chem.* 9: 269-276.
- Friedman, J., Waller, G.R. (1983) Caffeine hazards and their prevention in germinating seeds of coffee (*Coffea arabica* L.). *J. Chem. Ecol.* 9: 1099-1106.
- Pacheco, A., Pohlan H.A.J. (2005) Plantas aromáticas como cultivo intercalado, experiencias y efectos alelopáticos sobre el café (*Coffea arabica* L.). *Memorias en extenso. Primer Congreso Internacional de plantas medicinales en Villahermosa, Tabasco, México*, pp. 207-216.



- Peters, J.M. (1967) Factors affecting caffeine toxicity: a review of the literature. *J. Clin. Pharmacol.* 7: 131–141.
- Rizvi, S.J.H., Rizvi, V. (1987) Improving crop productivity in India: Role of allelochemicals. In: Waller G. R.(ed). *Allelochemicals: role in agriculture and forestry*. ACS Symp series 330. Washington DC Amer. Chem. Soc.
- Schabenberger, O., Tharp, B.E., Kells, J.J., Penner, D. (1999) Statistical tests for hormesis and effective dosages in herbicide dose response. *Agron. J.* 91: 713-721.
- Smyth, D.A. (1992): Effect of methylxanthine treatment on rice seedling growth. *J. Plant Growth Regul.* 11: 125-128.
- Suzuki, T; Waller, G.R. (1987) Allelopathy due to purine alkaloids in tea seeds during germination. *Plant Soil* 98: 131-136.

BAÚL DE LA CIENCIA

Anillamiento científico

Benito Fuertes Marcos

Área de Zoología. Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental. Facultad de CC. Biológicas y Ambientales. ULE. Campus de Vegazana s/n. 24071. León (España)

benito.fuertes@unileon.es

En el presente artículo el autor ofrece una visión global del anillamiento de aves como herramienta científica ligada al campo de la ornitología. Como actividad de investigación, el autor recalca especialmente que debe estar regida y supeditada a unos objetivos claros, desarrollados en protocolos de trabajo, metodologías y análisis concretos. Se hace un recorrido histórico por esta disciplina y se resume las metodologías que utiliza. Por último, si bien el propósito inicial del anillamiento de aves era conocer sus movimientos migratorios, el autor desarrolla toda una amplia serie de aplicaciones del anillamiento de aves en otros campos científicos como: ecología, fisiología, patología, biología evolutiva, etc.

Palabras clave

Ornitología, aves migratorias, captura, marcaje, muestreo.

¿Anillamiento?

Se suele designar con el término de *anillamiento científico* al conjunto de técnicas destinadas a la captura, marcaje y seguimiento de aves silvestres. Los objetivos y aplicaciones, ligados en su comienzo al conocimiento de la migración de las aves, han ido ampliándose desde entonces y actualmente son muchos y muy variados. Y, aunque también el espectro de especies se ha ampliado, al incluirse a los quirópteros, protagonistas de interesantes costumbres y fabulosas migraciones, el término sigue empleándose con más frecuencia para referirse al marcaje individualizado de aves.

Creencia y conocimiento

Desde hace siglos se reconocen ciclos de abundancia de ciertas especies en determinadas épocas del año, como la entrada de salmones en los ríos cantábricos, el paso hacia el Mediterráneo de atunes rojos en las costas atlánticas del Golfo de Cádiz o las irrupciones puntuales de codornices,

golondrinas, cucos o cigüeñas. Por extraño que parezca, estos ciclos estacionales en el caso de las aves no se relacionaron necesariamente con desplazamientos o migraciones. Las explicaciones sobre su desaparición a finales del verano y sus irrupciones en primavera adoptaron formas curiosas y a veces sorprendentes, desde la óptica de nuestro actual conocimiento. Aristóteles, por ejemplo, explicaba la desaparición de las golondrinas en invierno aseverando que se enterraban en el barro para pasar la época fría, explicación que parecía corroborarse cuando en primavera era en ríos y zonas encharcadas donde primero se observaba a estas aves, al principio en busca de insectos y más tarde recogiendo barro para la confección de sus nidos. Esta explicación perduró en el conocimiento y tratados clásicos hasta bien entrado el siglo XIX. Otras creencias populares, elevadas a hechos probados por algunos autores, afirmaban, por ejemplo, que los cucos se transformaban en invierno en gavilanes para volver a su estado de ave insectívora en la siguiente primavera.



Figura 1. Los ciclos e irrupciones de diversas especies de aves son conocidos y forman parte del calendario fenológico popular desde tiempos seculares, aunque no siempre se relacionó esta presencia con el fenómeno migratorio. En las semanas previas a la migración postnupcial son frecuentes las concentraciones de cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*) en zonas de pradería.

Aunque estas explicaciones puedan parecer ahora burdas o demasiado simplistas hay que recordar que también en nuestros días la creencia popular generalizada (y sorprendentemente aceptada por algunas personas con formación científica) afirma que los ciclos de abundancia de algunas especies, como por ejemplo los topillos, responden a sueltas organizadas o repoblaciones clandestinas. Y es que no basta con unir datos que parezcan coincidentes para dar congruencia y validación a una hipótesis sin testarla.

El marcaje de las aves; los comienzos del anillamiento

Se puede recurrir a algunas historias y anécdotas para ilustrar los primeros pasos del marcaje de aves silvestres para estudiar sus hábitos migratorios, algo que ya era habitual para marcar la propiedad de otro tipo de animales semidomésticos, como caballos, palomas o aves de presa destinadas a la cetrería. Las primeras referencias bibliográficas de estudio de aves silvestres señalan como pionero al propietario de un castillo en Lorena que, a finales del siglo XVIII, marcó con hilos de cobre las golondrinas de algunos de los nidos allí emplazados. Durante tres años consecutivos comprobó el retorno de estas mismas aves a los mismos nidos. Más tarde, a mediados del siglo XIX, un naturalista norteamericano, J. J. Audubon, marcó algunos ejemplares de mosquero fibí (*Sayornis phoebe*), una pequeña ave insectívora migradora americana, con hilos de plata colocados en sus patas y pudo estudiar las fechas de su retorno a los mismos lugares de cría año tras año.

Sin embargo estas marcas no permitían una individualización de los ejemplares, lo que sí hizo el danés H. Christian Mortensen en 1899 cuando marcó 162 estorninos pintos (*Sturnus vulgaris*) con anillas de aluminio numeradas correlativamente y en las que también figuraba su propio nombre como remite. Este hecho marca, pues, el primer precedente serio conocido del anillamiento

En 1845 en Halifax (Inglaterra) apareció una golondrina (*Hirundo rustica*) muerta con un pergamino atado en su pata con una inscripción fechada en Barcelona solo cuatro meses antes, y en Abril de 1881 fue abatida una cigüeña en Fornells (Gerona) con una placa de latón fijada a una de sus patas con una inscripción grabada por un empleado de correos alemán el año anterior.

científico. Durante su vida este investigador llegó a marcar más de cinco mil aves de distintas especies, obteniendo los primeros resultados concluyentes sobre fenología y migración de algunas especies. De forma casi inmediata, esta metodología se extiende con gran rapidez, sobre todo por Europa, donde surgen numerosos centros de anillamiento en pocos años: 1903 Rossitten (Alemania), 1908 Budapest, 1909 Londres, 1910 Helgoland (Alemania), 1911 Leiden (Holanda) y Goteborg (Suecia), 1913 Salzburgo (Austria) y Viborg (Dinamarca)...

Hasta 1930 no se colocaron las primeras anillas en España, cuando se marcaron las primeras 53 cigüeñas blancas, aunque lo fueron con anillas húngaras. Un año después, se colocaron las primeras anillas con remite español por naturalistas ligados al Museo de Ciencias. En los años siguientes y, sobre todo tras el paréntesis de la guerra, otras instituciones dieron algunos pasos en este campo, pero no fue hasta la década de los 50 cuando comenzó de forma continua y organizada el anillamiento en España. En 1952 comienza su

actividad la Sociedad de Ciencias Aranzadi y dos años más tarde, en 1954, la Sociedad Española de Ornitología en la que, de la mano de Francisco Bernis, se crea el Centro de Migración de Aves. Ambas instituciones permanecen en activo en la actualidad como órganos delegados del Ministerio de Medio Ambiente.

En 1963, tiene lugar otro hecho de gran trascendencia dentro de la historia del anillamiento científico, pues se crea la Unión Europea para el Anillamiento de Aves (EURING), una organización supranacional que coordina todas las centrales nacionales de anillamiento de Europa (unas 30 centrales con más de 10.000 anilladores). EURING es el órgano que adopta acuerdos y métodos comunes para la obtención de datos, así como la coordinación de proyectos de anillamiento a escala continental. Está encargado de custodiar el banco europeo de datos, de organizar y estandarizar el anillamiento científico de aves, así como de promocionar el anillamiento científico y el análisis estadístico de los datos y recuperaciones obtenidas.

Actualmente son numerosos los países que cuentan con centros de anillamiento, principalmente en el entorno de Europa y Norteamérica aunque existen también centros en algunos países de Sudamérica e incluso algunos en Asia y África.

El proceso de anillado o marcaje de un ave

Las aves se capturan mediante diversas técnicas, todas ellas necesariamente incruentas. Entre ellas existe un número amplio de métodos imaginativos y a veces curiosos que pueden ser empleados para capturar aves. Los métodos más usados son las redes japonesas (o redes de niebla), redes verticales muy finas que se colocan entre la vegetación para interceptar el vuelo de los pájaros. También son muy utilizados los cepos-malla, las redes abatibles y diversas modificaciones de trampas tradicionales.

Tras la captura, el ave es identificada y marcada con una anilla metálica que se suele colocar en uno de los tarsos (o tibias en el caso de algunas aves acuáticas) y cuyo diámetro determina la talla utilizada. La anilla lleva grabado un número y una inscripción que corresponde a la dirección de la oficina emisora, generalmente una por cada país o Estado. De esta forma si el ave es recapturada o hallada puede conocerse su origen e historial de vida consultando el correspondiente banco de datos.

El proceso de marcaje es aprovechado para tomar una serie de medidas y muestras del individuo (**Figura 2**). Se determina su edad y sexo siempre que sea posible, se consigna su estado físico y sanitario, se toman algunas medidas biométricas básicas de forma rutinaria (longitud del ala, longitud del tarso, masa corporal) y, en algunos casos, se extraen muestras biológicas para su posterior análisis (plumas, sangre, parásitos, etc.).



Figura 2. Proceso de anillamiento y medida de una codorniz (*Coturnix coturnix*) tras su captura.

Inmediatamente después se libera al ave en el mismo lugar de captura y en las mejores condiciones posibles, ya que una de las premisas de este método de estudio es intentar que la probabilidad de recaptura de un individuo sea similar a la de captura de otro individuo no marcado.

Las tasas de recaptura o de recuperación de aves anilladas son muy variables y dependen fundamentalmente de la especie (o grupo de especies) a las que pertenezcan. Mientras que en algunos pequeños passeriformes migradores se alcanzan cifras en torno al cinco por mil, en otras aves más sedentarias o más longevas dicha tasa puede fácilmente multiplicarse por diez.

Si al empleo de las anillas metálicas se añade el uso de anillas de lectura a distancia las posibilidades de seguimiento de los individuos marcados se multiplican de forma muy significativa (**Figura 3**). De esta manera los distintos especímenes pueden ser localizados y reconocidos sin necesidad de volver a capturarlos lo que, por su menor intrusividad, resulta más ventajoso en muchos estudios. Las marcas utilizadas son de diversos tipos aunque las más frecuentes son las que emplean inscripciones de gran tamaño con códigos alfanuméricos irrepetibles o las combinaciones únicas de anillas de colores. Así se pueden acometer estudios muy precisos sobre uso del hábitat, o estudios sobre el comportamiento (relaciones intraespecíficas, jerarquías, estrategias reproductivas, inversión parental, etc).



Figura 3. La combinación de anillas de colores permitirá identificar a esta collalba gris (*Oenanthe oenanthe*) a distancia sin necesidad de recapturarla; de esta forma se amplía de forma muy notable el número y aplicaciones de las observaciones.

Más vale pájaro en mano...

Como se ha visto, la actividad del anillamiento estuvo ligada en sus orígenes al estudio de la migración de las aves en su sentido más amplio, aunque en este campo algunos avances tecnológicos recientes han permitido diseñar y desarrollar métodos muchísimo más eficaces para conocer algunos aspectos concretos de esas migraciones. Hoy en día existen pequeños dispositivos que pueden ser colocados a determinadas especies y que permiten su localización y seguimiento continuo y casi en cualquier lugar del planeta. Estas técnicas, como el radioseguimiento con emisores vía satélite (PTT) o los localizadores globales de posición (GPS) han permitido conocer aspectos de la migración de muchas especies desconocidos hasta entonces. La evolución técnica de estos dispositivos es tal que permite imaginar posibilidades jamás pensadas hace tan solo unos años. Algunos dispositivos son capaces de registrar la altitud y temperatura externas, pero también algunas medidas internas como el ritmo de latido cardíaco, o la actividad muscular; y esto es solo el principio...

A pesar de lo expuesto, los dispositivos no pueden ser aún fijados a cualquier tipo de ave y tienen la desventaja de su elevado coste económico, lo que restringe numéricamente su uso haciendo que las conclusiones no siempre sean extrapolables a todas las poblaciones. Hay, por ejemplo, estrategias variadas de migración dentro de una misma especie que, de momento, solo pueden ser reconocidas y evaluadas mediante el anillamiento clásico. Es decir, contrastando datos de capturas y recapturas para definir rutas migratorias, áreas de descanso y de invernada, fechas de llegada o períodos de estancia, etc.

El halcón de Eleonora (*Falco eleonora*) es una pequeña rapaz que elige para reproducirse algunos islotes del Mediterráneo y la costa atlántica e inverna en Madagascar. Y aunque esto se conocía por datos previos de anillamiento no se sabía cuál era la ruta seguida aunque se suponía que, dado su hábitat típico de reproducción, las poblaciones mediterráneas bordearían este mar hacia el este para luego, a través del mar Rojo dirigirse al sur hacia los cuarteles de invernada. Mediante la implantación de dispositivos de seguimiento vía satélite se comprobó que las aves se dirigían hacia el sur, cruzando el desierto del Sáhara y alcanzar Madagascar después de cruzar por el interior del continente africano.

En otras líneas del conocimiento y estudio ornitológico el anillamiento científico sigue siendo fuente inagotable e insustituible de datos. Las nuevas aplicaciones de esta ciencia son muchas y responden a los nuevos retos de conocimiento. Veamos algunos ejemplos de ello. La aplicación más sencilla y directa del anillamiento es la **detección de especies** escasas o de hábitos discretos, que no son registradas por métodos de censo convencionales, siendo en algunos estudios un complemento de éstos.

Pero si el esfuerzo se canaliza a través de un buen diseño de muestreo se pueden llegar a

conocer parámetros importantes de la dinámica de una población de aves en una determinada área. Las llamadas *estaciones de esfuerzo constante*, son lugares donde se realizan capturas y marcajes de forma regular y rígidamente estandarizada, lo que permite calcular índices de abundancia y tasas de productividad (reclutamiento) o de supervivencia (recapturas y recuperaciones de adultos).

Además, la captura del ave permite obtener algunas **medidas biométricas**, que posibilitan la caracterización de distintas subespecies o poblaciones, y la **obtención de muestras biológicas** de diversa índole, como sangre, plumas, parásitos externos, etc. que son usadas en un gran número de estudios.



Figura 4. Silueta alar de un juvenil de treparriscos (*Tichodroma muraria*). Algunos departamentos de investigación aeronáutica reciben y registran datos de fórmulas alares de miles de aves anilladas para realizar cálculos de siluetas y superficies de sustentación aplicables en nuevos diseños y prototipos.

El análisis de muestras sanguíneas permite reconocer parásitos internos, asignar grados de infestación (relacionados con la eficacia biológica de los individuos) o conocer si están relacionadas con la transmisión de alguna enfermedad. Se sabe que las aves pueden actuar como reservorio de ciertos agentes patógenos y son también muchas veces vectores de transmisión de algunas zoonosis. Son conocidos, por mediáticos, los casos del virus de la gripe aviar (cepas del tipo H5N1) o los del virus del Nilo, pero hay muchos más casos de este tipo.



Figura 5. Extracción de una muestra de saliva en un zorzal común (*Turdus philomelos*) para análisis sanitarios de control de la expansión de la gripe aviar.

También son detectables en muestras sanguíneas ciertos compuestos y contaminantes y por ello algunas especies de aves pueden ser usadas como indicadores ambientales eficaces. Cuando las aguas de gran parte del espacio natural de Doñana se colmaron de venenos tras el accidente de la mina de Aznalcóllar se eligieron ciertas especies de aves como cigüeñas blancas (*Ciconia ciconia*) y calamones (*Porphyrio porphyrio*) que sirvieron para conocer la persistencia de algunos contaminantes en el ambiente. También la radioactividad dispersada tras la explosión del reactor de Chernobyl en Ucrania fue rastreada a través del anillamiento y análisis de muestras biológicas de algunas especies de paseriformes migradores.

El análisis del ADN presente en los folículos de las plumas permite realizar análisis genéticos que han servido para describir nuevas especies y subespecies y mostrar las relaciones de parentesco entre individuos, conocer las afinidades filogenéticas entre los distintos taxones o reconstruir la historia evolutiva reciente de los mismos.



Figura 6. Gracias a análisis genéticos se conoce ahora que los pechiazules (*Luscinia svecica*) que crían en la península Ibérica deben ser considerados una nueva subespecie (*L.s. azuricollis*) y que ésta, junto a la que nidifica en la región de Bretaña (*L. s. namnetum*), pueden ser consideradas como el tipo ancestral de los pechiazules de Europa.

Pero también las muestras de plumas pueden servir para indagar en otros curiosos aspectos de la biología de una especie, como las zonas de cría, paso o invernada. Cuando un ave renueva el plumaje incorpora a las proteínas que constituyen la base estructural de las plumas en crecimiento elementos químicos específicos del área de residencia en esos momentos. De esta forma, mediante el análisis de isótopos estables (por ejemplo del carbono, nitrógeno o hidrógeno) de una pluma podremos saber de forma aproximada en qué punto del planeta se encontraba el ave cuando dicha pluma fue creada o renovada, puesto que existe una relación específica de esos isótopos que varía con la latitud y longitud.

Durante el breve confinamiento al que se somete a un ave después de su captura y antes de su marcaje y liberación pueden conseguirse de forma accesoria muestras recientes de excrementos que pueden ser utilizados en el análisis de dietas o del estado sanitario del animal. El análisis de concentraciones de algunos compuestos como los carotenos o la presencia y grado de infestación por parásitos sanguíneos ha sido empleado por los investigadores para conocer la eficacia biológica de cada individuo e indagar en las causas de su comportamiento. También la identificación de los niveles de algunos metabolitos como la adrenalina son una medida indirecta del nivel de estrés al que han estado sometidas las aves y ello puede ser relacionado con causas como molestias humanas, cambio climático, etc.



Figura 7. El carricerín cejudo (*Acrocephalus paludicola*) es un pequeño passeriforme insectívoro y migrador, globalmente amenazado, con exiguas poblaciones reproductoras distribuidas en un amplio área de centroeuropa y Rusia; aunque hasta hace pocos años se conocían ya muchas de sus zonas de paso migratorio a través de Europa no se sabía nada de sus zonas de invernada. Fue el análisis de los isótopos estables (C, H, N) de ciertas plumas del ala (aquéllas que se conocía por estudios previos que debieran ser mudadas en el continente africano) las que permitieron orientar a los científicos y hallar esos lugares de invernada.

Consideraciones finales

No debe olvidarse que el anillamiento científico es una más de las especialidades de la ornitología. Como tal actividad de investigación, debe estar regida y supeditada en todo momento a unos objetivos claros, desarrollados luego en protocolos de trabajo, metodologías y análisis concretos. El marcaje en sí mismo carece de sentido si no se integra en un planteamiento de investigación y debe diferenciarse de forma rotunda de una simple actividad de ocio que satisfaga solo el deseo de captura o de manipulación de un ave silvestre.

Además, como técnica intrusiva que es, no debe obviarse que puede tener algunos efectos colaterales, aunque no es menos cierto que muchos de los datos que proporciona son insustituibles actualmente por otro tipo de técnicas. Por otra parte la mayoría de los posibles efectos secundarios (mortalidad directa o inducida, perturbación de la eficacia biológica de los individuos, alteraciones de comportamiento, etc.) pueden ser minimizados de forma muy considerable con una buena planificación de la actividad y con la experiencia del personal que las

ejecuta. El bienestar de las aves y los objetivos finales de conservación deben estar por encima de cualquier otro tipo de planteamiento.



Figura 8. El anillamiento de aves puede ser también aplicado en programas de educación y sensibilización ambiental.

Los anilladores individuales deben ser previamente avalados tras superar unas pruebas prácticas y teóricas para recibir su permiso de actividad investigadora del ministerio con competencias en Medio Ambiente a través del organismo que emite las anillas y gestiona los datos.

El anillador debe poseer los conocimientos suficientes para determinar todas las especies de aves que crían, invernán o tienen importantes pasos migratorios por el territorio español, conocer el uso de medios de trampeo habitualmente empleados y demostrar habilidad suficiente en la manipulación de las aves, así como en la obtención rápida y precisa de los datos y medidas de uso general. Su actividad le obliga a ciertas responsabilidades como a garantizar la seguridad del ave, la integridad y rigor de los datos y el respeto hacia el medio natural.



Benito Fuertes Marcos es Licenciado en Ciencias Biológicas (1989, especialidad Medioambiental) por la Universidad de León. Actualmente es docente en la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales de León, y anteriormente en la Escuela Técnica de Ingeniería Agraria del campus de Ponferrada. Ha dirigido varios cursos de especialización sobre diversos aspectos de estudio y muestreo

de fauna y colaborado como ponente en algunos cursos de postgrado. Ha participado en numerosos proyectos de investigación sobre diversos aspectos de la ecología de poblaciones o comunidades de peces, fundamentalmente dulceacuícolas, y también en otros sobre otros grupos o especies de vertebrados. Es autor de varios artículos de investigación y obras de divulgación científica. Ha realizado varias estancias de intercambio universitario o especialización en algunos países europeos (Francia y República Checa) y sudamericanos (Costa Rica, Perú, Brasil y Colombia).

Desde 1989 es Anillador Experto de aves, avalado por la Oficina de Especies Migratorias (Ministerio de Medio Ambiente) y participa en varios proyectos de investigación sobre algunas especies de la avifauna ibérica.

UNO DE LOS NUESTROS

Los primeros pasos del darwinismo en España

Francisco Teixidó Gómez

En 1859 se publicó el libro que, probablemente, ha tenido más influencia en la historia de la cultura, sea científica o no; me estoy refiriendo a *El origen de las especies*. Su autor fue Charles Robert Darwin (1809-1882) y su contenido, la evolución de las especies por selección natural. Complementario, en cierta medida, del texto anterior fue otro del mismo autor, de carácter antropológico, titulado *El origen del hombre* y que apareció en 1871. Los dos libros fueron leídos con avidez en todo el mundo civilizado y causaron, desde un primer momento, agrias polémicas en las que adversarios y defensores de la teoría de la evolución, según el esquema darwinista, se enzarzaron en discusiones alejadas, en muchos casos, de las más elementales normas exigibles al razonamiento.

En junio de 1860 Samuel Wilberforce, por aquel entonces obispo anglicano de Oxford, preguntó a T.H. Huxley, asistente a la reunión de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia, si su origen simio le venía por línea materna o paterna. La respuesta no se hizo esperar y Huxley, uno de los científicos que se adhirieron con más ardor a la causa darwinista, le espetó: "Si tuviese que escoger a mi padre entre un mono cualquiera y un hombre que denigra con sus palabras a un sabio preocupado toda su vida por el progreso de la verdad, preferiría ser el hijo de un humilde simio". Claro que, además, a la misma reunión, algo que se olvida con mucha frecuencia, asistió el clérigo Frederick Temple que admitía el abrazo de dos posturas aparentemente contrarias al decir que: "El dedo de Dios está en las leyes de la naturaleza, no en los límites actuales del conocimiento científico".

La recepción del darwinismo

El origen de las especies apareció en Alemania en 1860, en Francia en 1862, tres años más tarde en Italia... En España, en Madrid, se publicó la primera traducción, aunque incompleta, en 1872, mientras que el texto íntegro del naturalista británico no vio la luz hasta 1877; sin embargo, un año antes ya se podía leer la traducción de *La descendencia del hombre*. No obstante, una parte del mundo científico español conocía la obra del sabio naturalista británico en su lengua original, en los textos traducidos, o por referencias. Buena prueba de ello es el hecho de que los años en los que se publican más artículos y libros sobre el evolucionismo son los que forman el lustro 70-75. Así,

la primera noticia que tenemos de una opinión, aunque muy ligera, sobre el darwinismo es la del que fuera catedrático de Historia Natural de la Universidad de Santiago, José Planelles Giralt, que en su discurso de apertura del curso académico 1859-60 criticaba a los que "han hecho supremos esfuerzos para probar y difundir la absurda opinión de que el hombre procedía de una forma orgánica elemental".

En esos años, los biólogos españoles más eminentes se manifiestan claramente cuvieristas; es el caso, por ejemplo, de los más importantes catedráticos de Zoología de la época: Laureano Pérez Arcas (1820-1894) y Mariano de la Paz Graells (1809-1898). Bien es cierto que en la década de los 80, Graells cambió de manera considerable sus opiniones iniciales sobre el darwinismo.

El primer comentario serio acerca de la obra de Darwin se produjo en unas conferencias que, en 1867 y en el Ateneo Catalán, pronunció el médico José de Letamendi (1828-1897). Tituladas *Discurso sobre la naturaleza y el origen del hombre*, criticaba la mutabilidad de las especies desde un punto de vista tomista y, evidentemente, también vituperaba el lamarckismo y a Darwin: "si soy hijo de un orangután, por igual razón debo ser nieto de una col y biznieto de una piedra".

En un primer momento, algunos casos aislados son la excepción del "silencio" general sobre las teorías de Darwin. Así, el catedrático de Mineralogía y Zoología en la Universidad de Valencia, Rafael Cisternas Fotseré (1818-1876), tuvo una gran influencia en la difusión del darwinismo en la ciudad del Turia, de manera semejante a la que logró el catedrático de Historia Natural de la Universidad de Sevilla, Antonio Machado y Núñez (1815-1896), abuelo de los hermanos poetas (**Figura 1**).



Figura 1. Antonio Machado y Núñez, catedrático de Historia Natural en la Universidad de Sevilla, fue uno de los primeros difusores del darwinismo en España.

Pero en España se produjo un importante cambio político con la "Revolución de 1868", de manera que se crearon las circunstancias adecuadas,

no necesariamente científicas, para que una teoría como el evolucionismo darwinista fuera aceptada o rechazada enérgicamente, con más fuerza que en el resto de Europa. España era un caldo de cultivo ideal donde fácilmente podían crecer las ideas "pro" y "anti", donde se discutía y opinaba con un fondo religioso o anticlerical, donde se mezclaban términos y conceptos inmiscibles, donde, a menudo, surgía la estupidez. En nuestro país, igual que en el resto de Europa, hubo defensores y detractores del darwinismo que, o no leyeron la obra del sabio o si lo hicieron les faltaba el conocimiento científico necesario, o una adecuada amplitud de miras, para poder entenderlo.

Podemos decir que en la España del último cuarto del siglo XIX, en los ambientes culturales de cualquier orientación, la teoría darwiniana impregna casi todo: la encontramos en los ámbitos científicos, políticos, literarios, docentes, religiosos, filosóficos... Todo está lleno de transformismo, como también se le llamaba, todo el mundo opina y aplica las teorías de la evolución de Darwin a lo que no puede ser sometido a sus leyes. Muchos partidarios y adversarios de estas teorías no han leído la obra del científico británico, pero la utilizan. En el debate hispano interviene toda la intelectualidad, no importa su extracción, y es que el evolucionismo es aplicable a cualquier disciplina, hay evolucionismo hasta en la sopa.

Defensores y detractores

En la literatura española de la época aparecen frecuentemente defensores del darwinismo y sus opositores más contumaces. Hay referencias a Darwin en las mejores novelas de esos años: *Doña Perfecta* (1876), *Fortunata y Jacinta* (1887) y *Miau* (1888) de Benito Pérez Galdós, en *La Regenta* (1881) de Clarín, etc. También la condesa de Pardo Bazán se permitió el lujo de escribir unas *Reflexiones científicas contra el darwinismo* (1877) en las que consideraba que la obra de Darwin no era sencilla ni "accesible al entendimiento" y Gaspar Núñez de Arce publicó un extenso poema titulado *A Darwin* (1872) en el que calificaba el evolucionismo como "ciencia pérfida". Un caso extraordinariamente curioso es el del "Anís del Mono", que comienza a fabricarse en 1870 con una etiqueta en la que se ve un personaje "intermedio" entre un primate y un hombre que comenta: "Es el mejor. La Ciencia lo dijo y yo no miento". Y es que el protagonista de esta "gracia" es el sabio británico.

Parece claro que una teoría que, mal interpretada y explicada, podía implicar la negación de un Creador no iba a ser bien aceptada por la España católica y sí por los sectores agnósticos y ateos, independientemente del peso científico de la hipótesis de Darwin. En poco tiempo, el transformismo tuvo sus defensores en unas tribunas públicas en las que se usaron argumentaciones que motivaron unas agrias y desabridas respuestas de sus contrarios. Entre los

partidarios de la teoría de la evolución de Darwin se encontraban muchos profesores de Historia Natural, o de otras disciplinas científicas, de centros docentes de estudios universitarios y medios. Hay que tener en cuenta que los centros de Enseñanza Media fueron, quizá, los más importantes focos de difusión del darwinismo en el último tercio del siglo XIX.

De entre las personalidades docentes defensoras del darwinismo se puede destacar en un primer momento a Rafael García Álvarez, catedrático de Historia Natural en el Instituto de Granada, que en el discurso de inauguración del curso académico 1872-73 defendió la nueva teoría y mereció la reprobación del arzobispo de Granada al considerar que su discurso era "herético, injurioso a Dios y a su providencia y sabiduría infinitas"; al médico Peregrín Casanova (1849-1919) (**Figura 2**, izquierda), catedrático de Anatomía en la Universidad de Valencia, que desde su cátedra y en obras como *La biología general* (1877) defendió el transformismo; a Enrique Serrano y Fatigati, que ejercía como catedrático de Física en el Instituto de la capital alavesa, y que en 1874 defendía la obra del inglés en *La evolución en la Naturaleza*; y a Máximo Fuertes Acevedo (1832-1890), catedrático de Física en el Instituto de Badajoz y muy implicado en la defensa de la evolución.

Todos ellos, y muchos más, son buenos ejemplos de personalidades científicas notables que participaron, de una forma más o menos activa, en la difusión de las ideas del biólogo británico. También merece la pena destacar, en las décadas finales de la centuria, la adhesión al darwinismo por parte del muy polémico Odón de Buen (1863-1945) (**Figura 2**, derecha), catedrático en la Universidad de Barcelona, cuya defensa de las ideas de Darwin le supuso la separación de la cátedra en 1895, decisión que produjo en la ciudad catalana unas revueltas estudiantiles que provocaron el cierre del centro universitario durante dos meses. También se adhirieron a las teorías del inglés Eduardo Boscá Casanoves (1844-1924), profesor de Historia Natural en diversos centros de Enseñanza Media, Blas Lázaro e Ibiza (1858-1921), uno de los botánicos españoles más eminentes, Romualdo González Fragoso (1862-1928), considerado el Padre de la Micología española, etc.



Figura 2. Los catedráticos Peregrín Casanova (izda.) y Odón de Buen (dcha.) destacaron por su defensa de las teorías darwinistas.

Críticas disparatadas o razonadas

No obstante lo anterior, la defensa del darwinismo también se encuentra en campos ajenos a la ciencia para la que fue diseñado; por esto se escriben auténticas sandeces cuando se intenta ubicar en ámbitos extracientíficos lo que sólo era aplicable a la evolución de las formas vivas. Se llega a escribir, por ejemplo, que el estudio de la historia según los principios evolucionistas hará comprender que "todo lo acaecido obedece a las eternas e inmutables leyes del universo" (Pedro Estasén, 1876), que la evolución, desde el punto de vista humano, nos hará llegar a una vida en la que "los actos todos serán vitales y artísticos, será posible sólo por los genios que se encarguen o se les encargue la formación de la nueva conciencia con arreglo al principio de la evolución vital ascendente..." (Pompeyo Gener, 1897) o que "el conocimiento de las leyes de la evolución ha modificado en gran parte las ideas políticas" (Eduardo Sanz y Escartín, 1898).

Hay adversarios del evolucionismo entre los políticos, casi siempre alejados de los desvelos y sinsabores de la labor científica. Un ejemplo más que persuasivo: en 1872, Antonio Cánovas del Castillo afirmó en el Ateneo Científico y Literario de Madrid que Darwin "no se propone otra cosa sino hacer inútil la idea de Dios por medio de sus obras científicas".

Un catedrático de Literatura Española de la Universidad de Zaragoza, José Puente Vilanua, firma en 1874, con el seudónimo Gramontel, un artículo en la revista *La civilización* en la que, entre otras perlas, dice que "el darwinismo, lejos de ser simplemente una teoría científica más o menos ingeniosa, es una doctrina detestable; una de esas enseñanzas nacidas de la corrupción de las almas, y cuyo objeto consiste en proponerse demostrar que la caída es la elevación, la mentira verdad, y la putrefacción salud". Finalmente, el por aquellos años catedrático de Psicología en el Instituto de la ciudad del Turia, Manuel Polo y Peyrolón (1846-1918), finaliza una diatriba contra Darwin (1878) con unas irónicas palabras: "Mujer, tití, lobo, puerco-espín, mastodonte, dasyuro, perro pachón, gerifalte y asno, venerables y antiquísimos antepasados de Darwin, permitidme que os salude y abrace fraternalmente".

No obstante todo lo referido hasta ahora, no hay que olvidar que en estos debates hubo muchas posiciones muy ajustadas a la razón sobre las que no se ha insistido demasiado. Desde ámbitos muy dispares se escribieron artículos que intentaban poner en su justo sitio los pensamientos religiosos y los hechos científicos. Personas muy destacadas del mundo de la ciencia, de la religión y de la filosofía participaron en la polémica sobre el transformismo con afirmaciones en las que se deslindaban perfectamente los pareceres científicos y los religiosos. Así, Manuel de la Revilla escribió en 1876 un artículo en el que decía de una forma clara y precisa, cosas de gran sentido común: "cuando la teología

no pretenda ser biología, geología, física, química, etc., y la ciencia renuncie a ser teología; cuando perfectamente limitados los confines de lo cognoscible, la ciencia y la religión se repartan en debida forma el dominio de la inteligencia humana, la paz será un hecho entre ambos poderes".

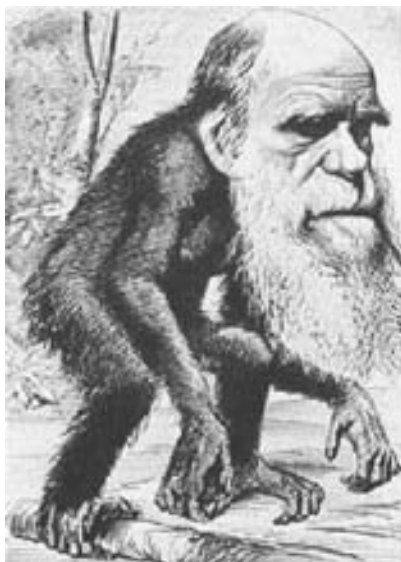


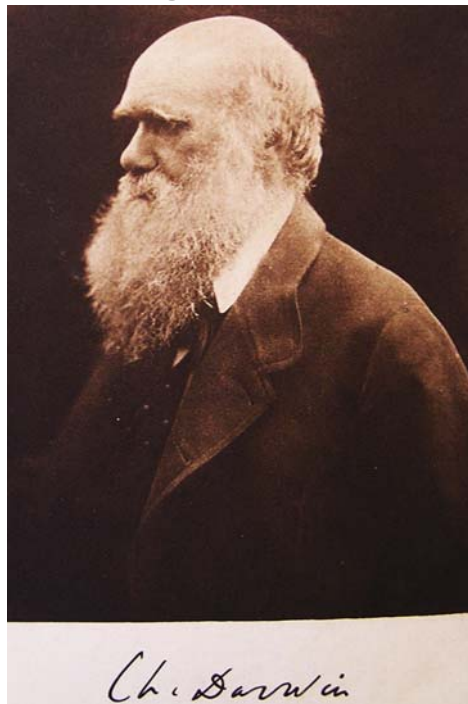
Figura 3. Darwin representado como un simio. Los detractores del evolucionismo difundieron este tipo de caricaturas.

En 1878, el catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valencia, José Arévalo y Baca (1844-1890), consideraba que con las teorías darwinistas "en nada se menguan la grandeza del Hacedor Supremo ni la dignidad humana" y ese mismo año el médico Amalio Gimeno Cabañas (1850-1936), que llegó a ser ministro de Instrucción Pública, expuso en el Ateneo valenciano que la teoría transformista "es una cuestión puramente científica y no debe combatirse desde el punto de vista de la religión". Además, Antonio Vila Nadal, catedrático de Historia Natural de la Universidad de Santiago, defendía en *El Evolucionismo Ortodoxo* (1894) un darwinismo admisible por el catolicismo. Finalmente, en 1891, también se podían leer opiniones conciliadoras desde los ambientes religiosos. Así, fray Ceferino González, opositor que fue a la tesis de Darwin, escribió un libro titulado *La Biblia y la Ciencia* (1891), en la que da marcha atrás a muchas de sus primitivas objeciones antievolucionistas y considera que el texto de Darwin puede ser aceptado "no ya sólo por el hombre de ciencia, sino por el teólogo y el exégeta."

En fin, el darwinismo llegó a España en un momento, social y político, apropiado para la recepción de nuevas teorías pero, de la misma manera que en

el resto del mundo, no había muchos intelectuales científicos con la solvencia suficiente para ser capaces de absorber el golpe de una hipótesis tan impactante.

Breve biografía de Charles Robert Darwin



Nace el 12 de febrero de 1809 en Shrewsbury (Inglaterra). Desde los primeros años se muestra aficionado a la historia natural.

En 1825 ingresa, por decisión paterna, en la Universidad de Edimburgo para estudiar Medicina. Después de dos años abandona estos estudios y, también por decisión de su progenitor, ingresa en el Christ's College de Cambridge para estudiar una carrera eclesiástica.

En Cambridge asiste como voluntario a las clases del naturalista reverendo John Henslow. Gracias a él se embarca como científico a bordo del Beagle.

El 27 de diciembre de 1831 el Beagle zarpa de Davenport, con el capitán Robert Fitzroy, para terminar un estudio topográfico de algunos territorios

suramericanos. Regresa a Inglaterra el 2 de octubre de 1836.

Se instala en Londres desde marzo de 1837 y en julio empieza a escribir los primeros apuntes acerca de la “transmutación de las especies”. Sus trabajos le hacen ver que la selección es la razón de ser de los logros que el hombre ha conseguido en la mejora botánica y zoológica.

El 24 de noviembre de 1859, aparece en las librerías *On the Origin of Species by means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* y los primeros 1.250 ejemplares se venden ese día. Las implicaciones religiosas del texto provocan un debate agrio entre partidarios y detractores del pensamiento de Darwin.

En 1871 Darwin publica otra gran obra que implica al hombre y que, consecuentemente, aviva la polémica: *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*.

En 1872, aparece *The Expression of the Emotions in Man and Animals*, obra fundamental y pionera de los estudios emocionales.

Fallece de un ataque al corazón el 19 de abril de 1882.



Francisco Teixidó Gómez es Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de León (1984), profesor de las disciplinas del área de Psicobiología de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (sede de Mérida) y catedrático de Biología y Geología de Bachillerato.

Ha publicado textos de divulgación biológica: *Un mundo por dentro. Cuestiones curiosas de fisiología humana* (2008), *Genes en la humanidad* (2005) – Mención Honorífica en los XIX Premios Prisma Casa de las Ciencias de La Coruña (2006)–, *Biología de las emociones*

(2003), etc. También es autor de algunos libros de biología para alumnos de enseñanza media.

Dedica buena parte de su tiempo a la historiografía científica, fruto de la cual son obras como *Cuatro extremeños en la naturaleza de las Indias* (2005), *Historia de la ciencia española en 25 estampas* (2003), *Científicos extremeños* (1997) y, asimismo, numerosos trabajos de investigación y reseñas bibliográficas sobre este asunto que han aparecido en *Asclepio*, Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia (CSIC), *Llull*, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de la Técnicas, *Proserpina*, etc. También es autor de casi medio centenar de biografías de científicos, principalmente del ámbito biológico, para el *Diccionario Biográfico Español* (de la Real Academia de la Historia), que se encuentran pendientes de publicación; entre ellas están la de personalidades de nuestra ciencia como Mariano Barbacid, Ginés Morata, José Antonio Campos-Ortega, Antonio García Bellido, Salustio Alvarado, etc.

MI PROYECTO DE TESIS

Bases para la elaboración de bancos de germoplasma de peces: aplicación a la trucha leonesa

Sonia Martínez Páramo

Área de Biología Celular. Departamento de Biología Molecular. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de León. 24071. León.

smarpa@unileon.es

Según la IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources), actualmente hay 1.275 especies de peces en peligro de extinción o amenazadas a distintos niveles. En concreto, en la provincia de León, la especie más amenazada es la trucha común (*Salmo trutta* L.), siendo las pertenecientes a las cuencas fluviales del Esla y del Duerna las poblaciones objeto de nuestro estudio. Para paliar el efecto de la degradación ambiental, se han desarrollado programas de repoblación con *stocks* híbridos obtenidos de cruzamientos entre machos autóctonos y hembras de procedencia centroeuropea, obteniendo individuos muy resistentes a las enfermedades en cautividad, pero que a su vez resultaron muy vulnerables en el medio natural, debido probablemente a que se produjo un fenómeno de introgresión génica que hizo desaparecer caracteres seleccionados, favorables en un determinado hábitat y reduciendo la variabilidad génica de las poblaciones salvajes (Corujo et al., 2004). En la actualidad se realizan repoblaciones con individuos criados en cautividad a partir de individuos fundadores de las poblaciones originales, con el consiguiente riesgo de deriva génica que se produce a lo largo de las generaciones (Ostergaard et al., 2003).

En este contexto, la creación de un banco de germoplasma, donde almacenar gametos y embriones, sería enormemente útil en programas de conservación, ya que permitiría la preservación del material genético que define una población, su posterior empleo para la fecundación y finalmente la reintroducción de las distintas variedades en sus lugares de origen. El objetivo de mi tesis fue comprobar si la criopreservación seminal garantiza la preservación de la variabilidad genética de las poblaciones de trucha amenazadas y analizar si el uso de proteínas anticongelación mejora los resultados previos obtenidos en congelación de embriones de peces.

Para la criopreservación seminal se utilizó una solución crioprotectora que contiene yema de huevo como estabilizador de membrana y DMSO como

crioprotector principal. Se realizó un estudio de la calidad de la muestra antes y después de la criopreservación a nivel de estabilidad de la membrana plasmática (doble tinción SYBR-14/ioduro de propidio), integridad del ADN (ensayo cometa) y capacidad fecundante de los espermatozoides. Los resultados mostraron que el porcentaje de células que no presentaron alteraciones en la membrana, así como el valor medio de fragmentación del ADN no incrementaron tras la criopreservación. Sin embargo, la tasa de fecundación disminuyó de forma notable, debido probablemente a la suma de pequeños daños causados en las células a diferentes niveles durante el proceso. Aunque el valor medio de fragmentación del ADN no incrementó de forma significativa tras la descongelación, sí se produjo una reducción en el número de espermatozoides que mantuvieron un grado de fragmentación inferior al 10%, así como el de aquellos que conservaron su capacidad fecundante, por lo que se consideró que durante el proceso de congelación/descongelación podría ocurrir una selección de los espermatozoides más resistentes. Esta selección podría dar lugar a una descendencia cuyo patrón genético no fuese exactamente idéntico al obtenido con semen fresco y al de los parentales. El análisis de microsatélites descartó esta hipótesis, ya que los perfiles genéticos de las progenies obtenidas a partir de semen fresco y congelado eran idénticos (Martínez-Páramo et al., 2009a), confirmando de esta forma que a pesar de la disminución de las tasas de fecundación, la congelación seminal es una herramienta adecuada para conservar fielmente el germoplasma de trucha común.

En cuanto a la criopreservación de embriones y ovocitos, nunca se ha alcanzado con éxito en teleósteos, debido principalmente a su gran tamaño y complejidad estructural. Los mayores éxitos descritos hasta el momento fueron los obtenidos por nuestro equipo en criopreservación de embriones de *Pseudopleuronectes americanus*, y que fueron atribuidos a la presencia de unas proteínas anticongelación (AFPs) que esta especie del Ártico expresa naturalmente (Robles et al., 2005). Teniendo esto en cuenta, se planteó la posibilidad de diseñar un protocolo que permitiera incorporar estas AFPs en embriones de otras especies, con el fin de incrementar su resistencia a la criopreservación. Debido a que los embriones de salmónidos tienen un tamaño particularmente grande y un desarrollo lento, y a que existe un escasísimo conocimiento sobre sus características criobiológicas, se utilizaron embriones de una especie modelo, el pez cebra, para poner a punto estas técnicas y desarrollar mejoras que puedan ser aplicadas a la trucha común. Los resultados obtenidos mostraron que los embriones de pez cebra, en un estadio concreto de desarrollo (128 células), son capaces de incorporar las AFPs presentes en el medio de incubación, a través de los blastómeros marginales que darán lugar a los derivados del digestivo anterior y a la línea sincitial que rodea el vitelo, que es

considerada la estructura más susceptible de sufrir daños durante la criopreservación. Se observó además que las AFPs incorporadas en estadios tempranos permanecen durante el desarrollo al menos hasta la eclosión, localizándose en la línea sincitial y en otros órganos derivados del digestivo anterior como la faringe, el hígado y el páncreas (**Figuras 1 A y B**). La presencia de estas proteínas en el embrión incrementó su resistencia a bajas temperaturas (-10°C), disminuyó el porcentaje de embriones que colapsan durante la descongelación, y favoreció la protección del compartimento celular, prolongando la supervivencia *in vitro* de las células embrionarias (Martínez-Páramo et al., 2008). Los avances obtenidos demostraron que las AFPs ejercen un efecto crioprotector, pero que sigue siendo insuficiente para conseguir con éxito el desarrollo embrionario tras la descongelación. Por ello, teniendo en cuenta la dificultad que supone la criopreservación de embriones de pez cebra, se consideró innecesario realizar experiencias paralelas con embriones de trucha. Como alternativa se evaluó la incorporación de AFPs a los protocolos de congelación de blastómeros, que permite la preservación del material genético de ambos progenitores. La incorporación de estas proteínas proporcionó resultados muy satisfactorios ya que tras la descongelación se duplicó el porcentaje de blastómeros viables (Martínez-Páramo et al., 2009b).

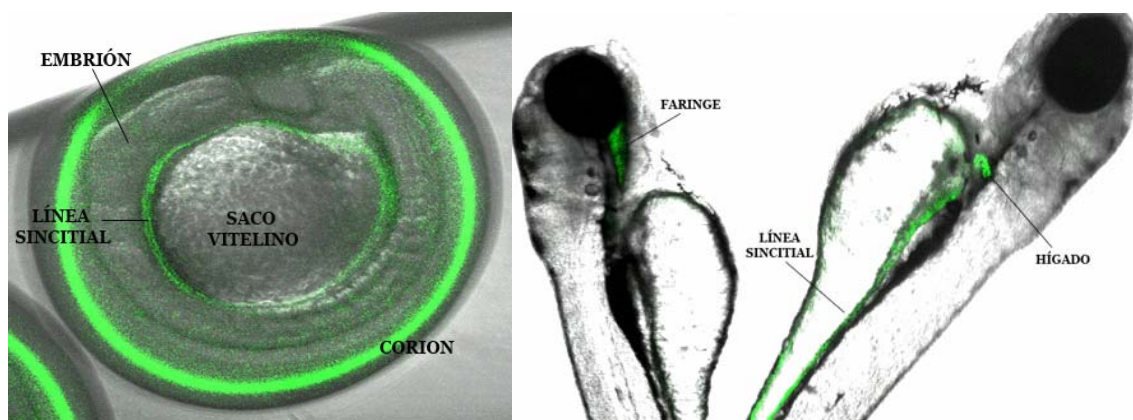


Figura 1: A) Embrión de pez cebra durante el estadio de esbozo caudal. La imagen de microscopía confocal (objetivo 10X) muestra la localización de las AFPs (marcadas con FITC), en el interior de la línea sincitial así como en el espacio perivitelino entre el corion y el compartimento embrionario. **B)** Larvas de pez cebra inmediatamente tras la eclosión. La imagen de microscopía confocal (objetivo 10X) muestra la localización de las AFPs (marcadas con FITC), en el interior de la línea sincitial, la faringe y el hígado.

Con el trabajo realizado podemos concluir que la criopreservación seminal es un método apropiado para preservar el potencial genético de los

machos de trucha común, y por lo tanto es apto para congelar muestras destinadas a formar parte de un banco de recursos genéticos, que posteriormente podrán ser utilizadas para recuperar la población amenazada mediante la realización de cruces sucesivos, o la aplicación de técnicas de androgénesis. Por otra parte, la opción más realista para preservar el material genético de ambos progenitores parece ser la congelación de blastómeros, que posteriormente podrían ser utilizados en programas de repoblación, mediante creación de quimeras o transferencia nuclear a ovocitos enucleados, para lo cual aún es necesario un largo proceso de investigación. Los resultados obtenidos en esta tesis doctoral fueron publicados en *Cryobiology* y *Theriogenology*, revistas internacionales reconocidas en el área de la criobiología y la reproducción animal.

Bibliografía (incluye las publicaciones surgidas del proyecto de tesis)

- Corujo M, Blanco G, Vazquez E, Sanchez JA. (2004) Genetic structure of northwestern Spanish brown trout (*Salmo trutta* L.) populations, differences between microsatellite and allozyme loci. *Hereditas*. 141: 258-271.
- Martínez-Páramo S, Pérez-Cerezales S, Robles V, Anel L, Herráez MP. (2008) Incorporation of antifreeze proteins into zebrafish embryos by a non-invasive method. *Cryobiology*. 56: 216-222.
- Martínez-Páramo S, Pérez-Cerezales S, Gómez-Romano F, Blanco G, Sánchez JA, Herráez MP. (2009a) Cryobanking as tool for conservation of biodiversity: Effect of brown trout sperm cryopreservation on the male genetic potential. *Theriogenology*. 71: 594-604.
- Martínez-Páramo S, Barbosa V, Pérez-Cerezales S, Robles V, Herráez MP. (2009b) Cryoprotective effects of antifreeze proteins delivered into zebrafish embryos. *Cryobiology*. 58: 128-133.
- Ostergaard S, Hansen MM, Loeschcke V, Nielsen EE. (2003) Long-term temporal changes of genetic composition in brown trout (*Salmo trutta* L.) populations inhabiting an unstable environment. *Molecular Ecology*. 12: 3123-3135.
- Robles V, Cabrita E, Fletcher GL, Shears MA, King MJ, Herráez MP. (2005) Vitrification assays with embryos from a cold tolerant sub-arctic fish species. *Theriogenology*. 64: 1633-1646.

Dirigida por:

Dra. Paz Herráez Ortega (Área de Biología Celular, Departamento de Biología Molecular).

Otros miembros del equipo de investigación:

Dra. Elsa Cabrita (ICMAN, CSIC. Cádiz)

Dra. Vanesa Robles (Área de Biología Celular, Universidad de León)
Dr. Luis Anel Rodríguez (Área de Medicina y Cirugía Animal, Universidad de León)
Dr. Paulino de Paz (Área de Biología Celular, Universidad de León)
D. Serafín Pérez Cerezas (Área de Biología Celular, Universidad de León)
D. Jose Beirão (Área de Biología Celular, Universidad de León)

Galería de fotos



En la fotografía aparece el grupo de investigación de la Dra. Paz Herráez Ortega (en el centro) junto a la autora de este trabajo de tesis y D. Serafín Pérez Cerezas, miembro del grupo de investigación.

AMBIÓLOGOS DE AQUÍ

El Árbol de la Vida

Roberto Ontañón del Castillo

Iniciativas MedioAmbientales Vega del Esla (IMAVE)



Y había Jehová Dios hecho nacer de la tierra todo árbol delicioso a la vista, y bueno para comer: también el árbol de vida en medio del huerto, y el árbol de ciencia del bien y del mal. (Génesis 2:9)

Cuando el comité editorial me pidió que escribiera un artículo para esta sección, bien sabía que no me iba a negar, a pesar de que no soy muy dado a escribir sobre mi persona. Antes de ponerme delante del ordenador leí algunos de los artículos publicados en la revista. Me llamó la atención que en una revista para la divulgación de la ciencia, nos encontráramos con una sección sobre la vida profesional de licenciados de esta Facultad. Más me sorprendió cuando al mirar el perfil de los participantes en esta sección, la mayoría eran emprendedores que habían creado empresas, las cuales siguen luchando por hacerse un hueco, y no investigadores dedicados a la paciente tarea de generar nuevo conocimiento. Por tanto, he decidido hablar más de la empresa que de mí mismo, dado que en ella hay otros biólogos y licenciados de esta Facultad.

Para muchos de nosotros, futuros biólogos, cuando empezábamos a cursar la licenciatura, la pregunta “¿qué vas a hacer cuando acabes?, ¿preparar oposiciones, dar clases?”, rechinaba en nuestros oídos. En la mayoría de casos todavía veíamos lejos ese momento en el que tendríamos que cumplir la maldición bíblica de ganarnos el pan, y en algunos casos nada más alejado de nuestro interés laboral que la docencia.

Me atrevo a decir que el principal objetivo al crear las empresas, por mis antecesores en estas páginas, fue el autoempleo. Ese fue mi caso y del que ha sido mi socio durante los últimos quince años de experiencia profesional: Antonio Palacios, licenciado en biología por la Universidad de Oviedo, pero que desde que llegó a León abandonó la idea de volver a su Burgos natal.

Cuando acabamos de cursar la licenciatura de biología, con nuestros títulos calientes bajo el brazo, nada hacía presagiar nuestro futuro empresarial. Cada uno de nosotros seguimos nuestros propios caminos. Antonio realizando trabajos de investigación y gestión de poblaciones silvestres ardeidas y rapaces para la Junta de Castilla y León, y yo inicialmente investigando en fisiología de cultivos y mejora genética de cereales en lo que era el Servicio de Investigación Agraria en Valladolid, y posteriormente dirigiendo el departamento de I+D de la empresa pública, Agrupación de Productores de Patata de Siembra de Castilla y León S.A. participada por la Junta.

Antonio, interesado en la gestión de poblaciones silvestres, y yo, en la investigación, no parecíamos los mejores socios para Jesús Serra, un licenciado en empresariales que llevó la gerencia de la empresa desde el inicio y del que aprendimos buena parte de lo que sabemos sobre empresas. Junto con él y otras personas nos decidimos hace quince años a crear una iniciativa empresarial en el medio rural, tan necesitado de éstas.

No parecía el mejor camino para nuestras carreras profesionales, dejar nuestros cómodos trabajos para la administración y decidirnos a invertir nuestro escaso capital en una empresa basada en un mercado incierto aunque prometedor.

Corría el año 94 y, después de varias reuniones, decidimos planificar lo que sería nuestro proyecto para los próximos años, y en seis meses de intensivo trabajo, conseguimos tener el documento que nos permitió tomar la decisión de crear IMAVE (Iniciativas MedioAmbientales Vega del Esla), cuya actividad principal se centraba en la producción de planta forestal.



Interior del vivero forestal que IMAVE posee en la localidad de Cembranos.

La reforma de la Política Agraria Común gestada a principios de los 90 promovía la retirada de tierras agrícolas de la producción, a cambio de subvencionar la reforestación de las mismas, un intento de favorecer la reducción

de excedentes (cereales) y la obtención de otros productos deficitarios (madera) en la Unión Europea.

Los viveros de la administración, que siguen sufriendo las obras propias, cedieron el paso a viveros privados, los cuales tuvimos que triplicar la producción de planta forestal de la Comunidad Autónoma para suministrar el nuevo mercado. Los viveros forestales no dependientes de la administración, pasamos de cultivar chopo (*Populus * euramericana*) a generar decenas de especies con fines forestales. Fue el disparo de salida. Los viveros privados pasamos de producir menos de un millón de plantas en el año 92, a 30 millones en el año 97.

Desde el principio Antonio se encargó de las ventas en la empresa, dedicando mucho tiempo a conocer el mercado, mientras que yo me encargué de la producción, a hacer lo que el mercado demanda.

IMAVE pasó de producir 250.000 plantas forestales en contenedor el año 95 a dos millones de plantas forestales en diferentes formatos en el 97. Épocas de fuertes crecimientos y puesta a punto de procesos productivos. Al fin y al cabo fabricar plantas no es muy diferente de hacer tornillos, solo hay que desarrollar los procedimientos adecuados. Este crecimiento fue posible gracias a la incorporación de un nuevo socio, Fernando, que disponía de un vivero en la localidad de Viñales (Bembibre) y que nos proporcionaba un clima y un suelo distintos en la comarca del Bierzo. Hoy sigue produciendo allí los mejores cerezos forestales, quizás, de Europa.

La reforestación de miles de hectáreas con nuestra planta es parte del patrimonio que dejaremos a generaciones futuras.

Pero a finales del siglo quedaba claro para nosotros que el mercado de planta forestal se encontraba estabilizado y no iba a aumentar durante unos años. Crecer pasaba por hacer cosas nuevas. Comenzamos a producir planta para restauración ambiental, lo cual implicó trabajar con nuevas especies y nuevos formatos, desarrollar nuevos productos y procesos que hicieran la planta de restauración más asequible para las grandes obras, tanto en su manejo, como en su precio. La bonanza económica y los fondos europeos favorecieron el crecimiento de un mercado ligado a la obra civil y paralelamente creció la empresa. La finalización de la A-6 o más recientemente el parque forestal de Valdebebas, son algunas de las obras emblemáticas en las que nuestra planta ha participado. En esa época se incorporó como socio Omar, proveniente del mundo financiero, que ha dirigido inicialmente el departamento de administración y posteriormente la gerencia, pilares básicos de cualquier empresa.

Buscando nuevos crecimientos para la empresa hace tres años hemos apostado por introducirnos en un nuevo mercado para nosotros, el de la planta ornamental. Hubo que dar de nuevo una vuelta de tuerca a los procedimientos productivos, buscar nuevos sustratos, nuevas técnicas de propagación que nos

familiarizaran con las nuevas especies y variedades, buscar maquinaria adecuada a nuestra forma de trabajo y nuestras tierras. A diferencia de la planta forestal, donde el periodo de maduración del producto es menor al año, en planta ornamental puede llegar hasta varios años, lo cual exige paciencia, además de financiación. Exige pasar de un producto perecedero, de corto periodo de maduración, la planta forestal, a otro de gran valor añadido a costa de un alto riesgo por tener un ciclo de producción muy largo, el árbol ornamental.

Nuestro clima no es el mejor para producir planta ornamental: los riesgos de heladas, granizo y el corto ciclo de crecimiento, hacen de León una provincia con ciertas limitaciones a la hora de elegir especies. Las enfermedades pueden llegar a ser crueles si éstas son de cuarentena (v.g. el fuego bacteriano).

Pero disponer de un ecosistema para trabajar con centenares de especies con distintos requerimientos en cuanto a su propagación, en diferentes tipos de suelos, sometidas a competencias con especies adventicias y amenazadas por plagas y enfermedades, pudiendo modificar sus condiciones de cultivo en cuanto a temperatura, humedad hídrica y edáfica..., hacen de éste un trabajo apasionante, si te gustan las plantas.

El trabajar con clientes, proveedores, pero sobre todo la competencia, ha hecho y hace de esta actividad una escuela para toda la vida.

Tanta diversidad hace que los procesos hayan de ser adecuados para la obtención de los productos que el cliente demanda y poder disponer de procedimientos productivos adecuados a esos objetivos. Para poner orden en el departamento de calidad y gestionar las diferentes normas de calidad y medioambiente para las que nos encontramos acreditados, se incorporó Ana, Licenciada en CC Ambientales por la Universidad de León, hace un año, ¡hasta para los licenciados en CC Ambientales hay trabajo!

Actualmente la empresa, con cuatro viveros en la provincia, 10 Has. de cultivo en suelo y tres de cultivo en contenedor, da trabajo a doce personas.

Bueno, parece que ese amplio catálogo de profesiones a las que de forma tradicional accedemos los licenciados de esta Facultad (v.g. profesores de secundaria, funcionarios de prisiones, camareros, tenientes-alcaldes, etc.) se va complementando con nuevas salidas profesionales.

*Así como los brotes dan origen por crecimiento a nuevos brotes, y éstos si son vigorosos, se ramifican y sobrepujan por todos los lados a muchas ramas más débiles, así también a mi parecer ha ocurrido en el gran Árbol de la Vida,....
Darwin, *El Origen de las Especies*.*

DE TODO UN POCO

“Guías” Virtuales. ¿Hacia una nueva generación de “guías” de naturaleza?

Antonio Ordóñez¹, Nicolás Pérez Hidalgo²

¹Responsable del Proyecto Biodiversidad Virtual.

²Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental de la Universidad de León y Administrador de “Hemiptera” en el Proyecto Biodiversidad Virtual.

Hace unos años las únicas guías de naturaleza que existían eran aquellas que se publicaban en papel. Hoy en día, basta sólo con poner el nombre común o científico de una especie de animal o planta en un “buscador” y ante nosotros aparecen un buen número de fotografías. Sin embargo, la fiabilidad de las identificaciones y de la información asociada a ellas suele ser escasa.

Con el fin de aumentar esta fiabilidad se trabaja en el ***Proyecto Biodiversidad Virtual*** (www.biodiversidadvirtual.com), proyecto que pretende acercar a los ciudadanos al mundo de la biodiversidad. Para ello se utilizan las fotografías digitales que los naturalistas realizan en sus salidas de campo almacenándolas y ordenándolas en una plataforma virtual de Internet con tres objetivos básicos: la explotación científica de los datos al estar estos georreferenciados, la divulgación y docencia usando las carpetas taxonómicas donde se están ordenando las fotografías y finalmente servir de apoyo a organizaciones conservacionistas, para hacerlas partícipes, a través de sus fotografías, del conocimiento “in situ” de la biodiversidad en áreas concretas.

El proyecto Biodiversidad Virtual consta actualmente de 8 galerías de imágenes: aves, invertebrados, hongos, líquenes, anfibios, reptiles, plantas y mamíferos, y de una de hábitats, y un wiki de contenidos sobre Biodiversidad, donde los usuarios pueden participar en foros, generar páginas wiki actualizables, crear blogs, participar en listas de correo y escribir artículos.

Actualmente hay 2.500 usuarios registrados que suman decenas de contenidos y una base de datos consultable con más de 100.000 fotografías de biodiversidad georreferenciadas. Un equipo de 147 administradores, compuesto por expertos y por usuarios de apoyo, se encarga de la ardua tarea de identificar las especies que figuran en las fotografías y de ordenarlas taxonómicamente. El usuario puede en todo momento interactuar con los expertos y administradores y con otros usuarios en las galerías, ya que las fotos pueden ser comentadas por la comunidad.

Todo el proyecto está sujeto a un código ético de fotografía en la naturaleza que se puede ver en <http://www.biodiversidadvirtual.com/comentario.html> y por supuesto, está abierto a estudiosos (profesionales y aficionados) de la biodiversidad, aficionados a la fotografía de naturaleza y amantes de la naturaleza en general.

Actualmente el proyecto trabaja en un SIGBV que, con base en un sistema de información geográfica, permita consultas interactivas con los datos recopilados en nuestros bancos taxonómicos. Gracias a la georreferencia de estos datos estamos ya conociendo nuevos datos de biodistribución de muchas especies, especialmente de invertebrados y plantas.

El proyecto como herramienta docente



Boloria napaea libando sobre la orquídea pirenaica *Nigritella nigra* (Autor: Jose Manuel Sesma).

Todas las galerías de imágenes, pero sobre todo una de ellas, el “*Banco taxonómico-faunístico digital de los invertebrados ibéricos*”, puede ser útil en ámbitos docentes universitarios y no universitarios, ya que de cada grupo de organismos se dispone ordenadamente de un buen número de especies, en la mayoría de los casos identificadas o confirmadas por expertos. A ella además, pueden subirse imágenes para ser identificadas o comentadas por los especialistas y/o aficionados. Esta interacción permite que sea una herramienta alternativa y/o complementaria a las colecciones zoológicas al uso, que vienen utilizándose tradicionalmente en los cursos de Entomología y de Zoología en nuestras facultades de ciencias.

Además, el “*banco taxonómico*” puede ser utilizado como guía entomológica virtual ya que la información visual que existe en la galería, está integrada por fotografías de insectos en el ámbito ibero-balear y macaronésico, complementando la información que proporcionan otras obras y guías entomológicas tanto generales como específicas publicadas en el ámbito europeo o ibero-balear. Las salidas de campo o “testings”, constituyen además una herramienta didáctica de primer orden ya que los usuarios fotógrafos suelen salir al campo junto con expertos en varios grupos animales.

Para saber más:

<http://biodiversidadvirtual.com/wiki/tiki-index.php?page=Testing>

Noticias de actualidad

Conferencias

Durante el segundo cuatrimestre, diversas actividades han tenido lugar en la Facultad de CC. Biológicas y Ambientales.

Taller de Pócimas y Ungüentos Naturales

Celebrado el miércoles 6 de mayo (11:00- 13:00 h) en el laboratorio del área de Botánica, impartido por Estrella Alfaro Saiz.

Descripción: Elaboración de diversos productos basados en la alquimia tradicional mediante el uso de productos naturales. Iniciación a las plantas medicinales.

Jornadas sobre Biocombustibles

Tuvieron lugar el día 11 de mayo. En primer lugar, el Dr. David Ruiz Caparrós, investigador permanente del CRAG (Centro de Investigación Agro-económica) de la Universidad Autónoma de Barcelona, impartió la conferencia titulada "Mejora biotecnológica del valor nutricional y energético de la biomasa lignocelulósica en maíz". Seguidamente tuvo lugar la mesa redonda "Biocombustibles: oportunidad o amenaza", en la que participaron el Dr. David Ruiz Caparrós, D. José Manuel Díez Modino, profesor de Economía Aplicada; D. Matías Llorente, de UGAL-UPA, y la Dra. Ana Alonso Simón, del área de Fisiología Vegetal de nuestra Facultad.

Otras charlas y conferencias

A través del Instituto de Biomedicina, el pasado 19 de mayo impartió una charla en nuestra Universidad el Director del IOBA de Valladolid, en el Salón de Grados de Biología, titulada: 'EL IOBA de la Universidad de Valladolid. Investigación Biomédica aplicada a la Oftalmología'.

Asimismo, los Vicerrectorados de Investigación y de Calidad y Acreditación invitaron a los investigadores de la Universidad de León al acto de presentación del 'PROGRAMA DE CALIDAD EN LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE LEÓN', que se celebró el Viernes, 15 de Mayo de 2009, a las 10:00 horas, en el Salón de Grados de la Facultad de C.C. Biológicas y Ambientales.

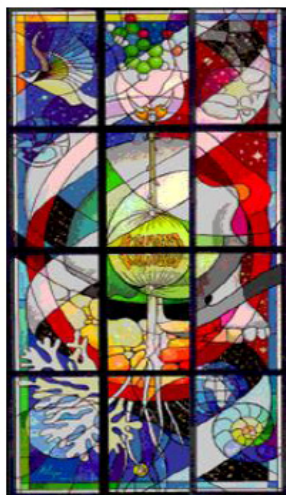
La FGULEM organizó un "Ciclo de Talleres sobre propiedad intelectual e industrial para investigadores de la Universidad de León". El 5 de mayo por la mañana se celebró uno de estos talleres en el Aula Magna.

También se celebraron las VI Jornadas Técnicas sobre energías renovables los días 11 y 12 en el Aula Magna. Esto lo organizó Luis Fernando Calvo Prieto.

Comienzo de los nuevos Grados

En el próximo curso 2009-2010, comenzarán a impartirse los nuevos grados de Biología, Ciencias Ambientales y Biotecnología, en la Facultad de CC. Biológicas y Ambientales, edificio Darwin (nuevo edificio). Estos nuevos grados tendrán una duración de 4 años y se enmarcarán en el Espacio de Educación Europeo.

**GRADO EN
BIOLOGÍA**



**FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES**



Universidad de León

Campus de Vegazana. 24071-LEÓN
Tfno. 987 291473 - 987 291475
Fax. 987 291479
www.unileon.es

**GRADO EN
CIENCIAS
AMBIENTALES**



*Facultad de Ciencias
Biológicas y Ambientales
Universidad de León*

Más información en:
Campus de Vegazana. 24071. León
Teléfonos: 987 29 14 73 - 987 29 14 75
Fax: 987 29 14 79
http://www.unileon.es



**GRADO EN
BIOTECNOLOGIA**



**FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES**

UNIVERSIDAD DE LEÓN



Campus de Vegazana. 24071-LEÓN
Tfno. 987 291473 - 987 291475
Fax. 987 291479
www.unileon.es

Portadas de los trípticos informativos de los nuevos Grados en Biología, Ciencias Ambientales y Biotecnología.



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: Nuevo edificio de la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales (Edificio Darwin), durante su construcción y en su estado actual.



Foto: José C. Pena



Foto: Ana Alonso

★ 1968 ★



★ 2009 ★