

Ambio ciencias



REVISTA DE DIVULGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES. UNIVERSIDAD DE LEÓN

40 aniversario
Estudios de Biología
Universidad de León
Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales

REVISTA nº 5 /
Diciembre 2009



Quæstus olajensis
Salgado, 1978



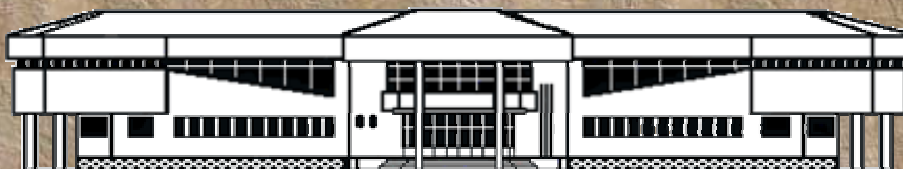
Apoduvalius leonensis
Salgado & Ortuño, 1998



Cueva del Carrascal



★ 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 Contratado 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 y Área de Publicaciones de la Universidad de León.

© **Universidad de León**

© **Los autores**

ISSN: 1988-3021

Dep. Legal: LE-903-07



Universidad de León



Facultad de Ciencias
Biológicas y Ambientales



En portada:

Las cuevas, con sus características físicas constantes de temperatura y humedad relativa y sus ocultas maravillas que incluyen las más variadas formaciones, constituyen un tesoro de biodiversidad. Ver artículo del Dr. José M. Salgado, p. 5.

ÍNDICE

Editorial	2
A fondo	
La fauna troglobia: un tesoro de biodiversidad. Colonización, especiación, relaciones biogeográficas y filogenéticas	
José María Salgado Costas.....	5
Poniendo en claro	
Deshielo en el Ártico	
Lucía Martínez Asensio.....	21
Un nuevo conflicto: el oscurecimiento global	
Mariña Fernández Fernández.....	32
Siguiendo la pista	
Análisis del control de emisiones de vehículos en la provincia de León	
Eduardo Fernández Fernández	41
“Santa Elvira”: diversidad entomológica en una azucarera	
M ^a Cruz Delgado Serrano.....	53
Baúl de la ciencia	
Creación y puesta en funcionamiento de la Oficina Verde de la Universidad de León	
Arsenio Terrón Alfonso.....	62
Uno de los nuestros	
Norman E. Borlaug (1914-2009) y la Revolución Verde	
Marcelino Pérez de la Vega.....	76
Mi proyecto de tesis	
Control de microorganismos alterantes y patógenos de leche y queso de oveja de la provincia de León por D-eritroascorbato (análogo natural de la vitamina C) y otros antioxidantes utilizados en la industria alimentaria	
Marta Gutiérrez Larraínzar.....	87
De todo un poco	
Las hormigas que nos invadieron	
David Cuesta Segura	92
Noticias de actualidad	95



EDITORIAL

Crónica de una decepción anunciada ó la cumbre de Copenhague

Uno de los aspectos ambientales más sorprendentes de la historia de nuestro planeta es la constancia de la temperatura superficial. Las pruebas geológicas sugieren que esa temperatura media no ha variado más allá de los límites entre 7 y 27°C, lo que ha jugado un papel de trascendental importancia al ser determinante para el estado del agua. Esos valores medios no solo dependen de la temperatura efectiva, sino también del efecto invernadero, que atrapa el calor que de otra forma se radiaría hacia el espacio, y esto a su vez es función del tipo de gases que haya en la atmósfera y de las cantidades de cada uno de ellos. Esos procesos han asegurado que la Tierra se haya mantenido, de forma global, con temperaturas medias cercanas a los 17°C.

La manera en que la temperatura de la Tierra parece realmente haber evitado los extremos de frío y calor, sugirió a Lovelock y Margulis, a través de su teoría Gaia, que la vida ha jugado un papel trascendental en los procesos de retroalimentación que regulan la temperatura, partiendo de dos premisas fundamentales: la vida únicamente existe porque las condiciones ambientales del planeta son las adecuadas para su existencia; y al mismo tiempo la propia vida define las condiciones naturales necesarias para su supervivencia y trata de asegurar su mantenimiento.

Efectivamente, la vida se ha mantenido en un extraordinario esfuerzo de equilibrio dinámico durante cientos de millones de años. Si la temperatura, humedad, salinidad, acidez o cualquier otra característica ambiental se hubiera salido significativamente de un estrecho margen de valores, la vida como fenómeno global de este planeta habría corrido un riesgo muy elevado de aniquilamiento. Ha encontrado, de alguna forma, la manera de forzar las condiciones para moverse en el margen permitido. Y así ha salido con éxito de periodos de glaciaciones o de sobrecalentamiento extremo, por efecto invernadero fugitivo, producido por la presencia de gases de alto poder de retención de calor, como el amoniaco. En cualquiera de los cálculos habría que introducir el efecto de mecanismos de defensa que la vida utiliza para protegerse a sí misma.

Pero la aparición del hombre sobre el planeta cambia la escala temporal relativa de la proyección evolutiva. Con anterioridad al hombre todos los acontecimientos habían ocurrido a ritmos prácticamente imperceptibles, comparados con el concepto de tiempo medido a escala humana. Como señalaba el Prof. Margalef, todas las preocupaciones de hoy día hicieron su



aparición cuando el hombre empezó a jugar con demasiado entusiasmo con sus útiles y ensayó nuevos sistemas de vida. En la historia humana la acción tiene lugar cuando se pasa de la regulación local a la regulación global, y precisamente ahora nos encontramos en los últimos estadios de ese proceso, en los que la especie humana consigue el control sobre muchos ecosistemas combinados, desarrollando para ello un mecanismo que es más cultural que genético.

Una de las características más sorprendentes de la especie humana queda definida por el notable despilfarro de cualquier forma de energía, fundamentalmente para mantener un metabolismo externo cada vez más elevado y que se manifiesta de una manera mucho más ostensible que en el resto de los organismos. Para cubrir esas necesidades creadas, el hombre utiliza grandes cantidades de energía fósil y su degradación última se transforma en graves problemas de contaminación que están alterando, en un periodo de tiempo relativamente muy corto, el equilibrio estructural y funcional del planeta.

La investigación realizada a nivel global, por un gran número de científicos durante las últimas décadas, ha puesto en evidencia una serie de cambios climáticos en todo el planeta. Aún no se sabe cuánto tardarán en concretarse ni cuál será la gravedad del problema, pero no resulta fácil poner freno a esos cambios. Una cosa sí está clara, que una vez producida la alteración climática, la vuelta a la normalidad, si es que puede conseguirse, llevará siglos. Y eso siempre y cuando se detengan las causas de tales alteraciones, o al menos se ralenticen los procesos que las producen.

Al aumentar la concentración de gases con efecto invernadero, se absorbe en las capas inferiores de la atmósfera una mayor cantidad de radiación infrarroja que, de lo contrario, se habría perdido en el espacio, y se altera el balance de radiaciones de la Tierra. La concentración de la mayoría de gases responsables del efecto invernadero, y en especial de dióxido de carbono, ha venido aumentando de forma continuada durante el siglo pasado, demostrando que las emisiones antropogénicas han excedido la capacidad natural de eliminación de estos gases, ya sea mediante su absorción por las superficies terrestres, por los océanos o mediante reacciones químicas en la atmósfera. El aumento desde la era industrial, en términos de radiación, equivale a un incremento aproximado del 50% de dióxido de carbono.

La especie humana tiene algo muy importante que la diferencia de las demás. Ha conseguido una capacidad mental y un nivel de conciencia únicos, más altos que cualquier otra. El hombre posee tanto atributos biológicos como culturales y estos últimos se han conseguido como un paso por encima de la evolución biológica, aunque ambos coexisten en el tiempo interactuando entre



sí. Esas capacidades que le han permitido una evolución tan rápida son las que ahora le fuerzan a tomar una conciencia de su entorno, de su pasado y de su futuro.

Conscientes de los cambios, se pone en marcha un proceso, igualmente global, para plantear una solución que de no ser lo suficientemente urgente y ágil puede acabar con las condiciones del delicado equilibrio de nuestro planeta. Poco más de un siglo, en una historia que se cuenta en miles de millones de años, ha sido suficiente para que la especie que consiguió los niveles más altos de la evolución y el desarrollo sea ahora incapaz de darse cuenta que depende total y absolutamente de esas mismas condiciones. Después de tener una idea clara del problema, y de reunir pruebas científicas que ponen de manifiesto cuáles son y cuáles pueden ser las consecuencias de tales alteraciones y cambios, sigue olvidando los orígenes biológicos a los que la evolución llegó a encumbrarle.

El Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático tenía como objetivo lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático, resaltando que dicho nivel debería alcanzarse en un plazo suficiente para permitir la adaptación natural de los ecosistemas, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir un desarrollo económico sostenible. Desde 1995, con la reunión de carácter internacional de Berlín, se ha pretendido llegar a un acuerdo satisfactorio, llegando incluso a propuestas de compromiso, aunque no de todos los países ni los más importantes, como las referencias marcadas en la Cumbre de Kyoto de 1997, con indicaciones válidas en una primera proyección que debería tener cumplidos sus objetivos para el 2012. Pero han pasado, una tras otra, reuniones para recordar, matizar, puntualizar y evidenciar, poniendo al fin la mirada y las esperanzas en la Cumbre de Copenhague, que debería concretar la respuesta unánime y tajante de todos los países para asegurar el futuro equilibrado del planeta. Sin embargo la respuesta ha pecado de individualismo y egoísmo, con compromisos desdibujados, pacatos y faltos de solidaridad. Tras las disculpas se fijan los deberes para la próxima vez, pero quizá para mañana ya sea demasiado tarde.

Estanislao de Luis Calabuig

A FONDO

La fauna troglobia: Un tesoro de biodiversidad. Colonización, especiación, relaciones biogeográficas y filogenéticas

José María Salgado Costas

Con el título, un “**tesoro de biodiversidad**” quisiera resaltar dos aspectos, por una parte el gran número de especies, a veces enormemente sorprendentes por sus formas que viven en el interior de las cuevas, así como los diferentes procesos de colonización, especiación y de relaciones biogeográficas y filogenéticas, y por otra, un pequeño apéndice en el que al final me referiré a la fauna troglobia de la provincia de León.

Introducción

El mundo “culto”, durante casi 2.000 años, consideró las cuevas como un medio desprovisto de toda forma de vida, ya que la oscuridad total impide la fotosíntesis y por lo tanto el desarrollo de las plantas. Los naturalistas pensaban, en consecuencia, que las cavernas no podían albergar seres vivos, como no fuera de forma temporal o accidental.

El hombre ha frecuentado las grutas desde los más remotos tiempos de la Prehistoria, por ejemplo los hombres de Neanderthal y de Cromagnon hicieron un amplio uso de las cavernas como lugar de vivienda o de refugio en distintas épocas del Paleolítico, ¿quién no ha oído hablar de famosas pinturas rupestres existentes en numerosas cuevas? Al finalizar la última gran glaciación e ir entrando en los tiempos históricos las cavernas son abandonadas, y las mentalidades van cambiando (**Fig. 1**).



Figura 1. El uso de las cuevas por parte del ser humano ha ido cambiando a lo largo de las épocas. En la imagen, una espectacular vista de la cueva del Triángulo (Palencia).

Por ello, al introducirse la idea de que las cuevas eran el reino de las tinieblas y el mundo de los muertos, además del exagerado oscurantismo que las envolvió, o del gran miedo a lo oculto y desconocido (**Fig. 2**), hizo que el conocimiento de la vida subterránea quedara relegado hasta épocas muy recientes.



Posiblemente esa sea una de las razones, debido a ese temor, por la cual muchas cuevas han recibido los nombres de Xianes (en relación con los espíritus malos), del Infierno, de las Brujas, de los Fantasmas, las Recónditas, o de las cuevas del Tesoro, de las Monedas, del Oro, en estos casos, porque se presuponía que ocultaban riquezas, las cuales nunca han sido encontradas.

Figura 2. Las cuevas, un mundo desconocido y de fantasía.

La Bioespeleología, como ciencia, estudia los seres vivos que pueblan las cavernas, y es una ciencia relativamente moderna. Comenzó su andadura hacia finales del siglo XVIII con el descubrimiento del singular anfibio urodelo, *Proteus anguinus* Laurenti, 1768, capturado en la inmensa cueva de Adelsberg, en Carniola (Eslovaquia) (**Fig.3**). Este anfibio es ciego y despigmentado, y en el adulto se conservan las branquias, como una forma de neotenia. Era conocido desde hacía muchos años por los habitantes de la región de Dalmacia y Carniola, ya que aparecía de vez en cuando en las surgencias (manantiales que afloran de las cuevas), y le llamaban “OLM”, que significa pequeño dragón, debido a su cierto parecido con un dragón.

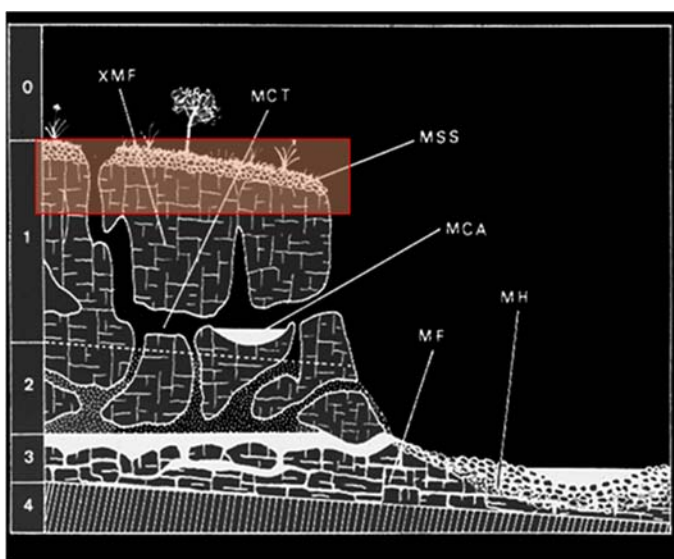
El primer invertebrado, fue capturado unos 70 años más tarde. En la misma cueva se descubrió un curioso coleóptero sin ojos, despigmentado, con el



Figura 3. *Proteus anguinus* Laurenti, 1768 y *Leptodirus hohlenwarty* Schmidt, 1832. Primer vertebrado e invertebrado descubiertos en la cueva de Adelsberg en Carniola (Eslovaquia).

abdomen muy dilatado y los apéndices muy largos y finos. Fue denominado *Leptodirus hohlenwarty* Schmidt, 1832, en honor a su descubridor. Se puede decir que a partir de aquí y de forma progresiva, dio comienzo el estudio de la fauna de las cuevas por muchos bioespeleólogos, dando origen a la Bioespeleología moderna.

Hoy día el **mundo subterráneo**, en sentido amplio, alcanza no sólo a las cuevas (en cuanto a lugares accesibles al hombre), sino también la amplia red de fisuras que existen en el interior del carst, unas profundas (**MSP** = medio subterráneo profundo) y otras en capas más superficiales (**MSS** = medio subterráneo subsuperficial) (**Fig. 4**). Estos tres medios están muy



interrelacionados y encierran una diversidad faunística extraordinaria. Sólo en Coleópteros se conocen cerca de 3000 especies que han colonizado estos hábitat de “forma” muy distinta y en “etapas” muy diferentes.

Figura 4. Esquema que representa los distintos medios subterráneos.

Para la fauna que se localiza en el medio subterráneo se han establecido 3 tipos ecológicos (**Fig. 5**). Los “troglobios”, que son los cavernícolas exclusivos de los tres medios antes mencionados, son en muchos casos verdaderas especies relictas, restos de antiguas faunas hoy desaparecidas y en los cuales la evolución parece haberse detenido, por lo que conservan la apariencia de sus lejanos ancestros. Para referirse a este tipo de organismos Darwin –cuyo 200 aniversario se está celebrando- en su obra “Origen de las Especies”, utilizó la expresión de “fósiles vivos”.

Junto a ellos, también existe una fauna acompañante en ocasiones de gran importancia, pero que presenta un grado de adaptación al medio hipógeo muy variable. Unos son los “troglófilos”, con ciertas características propias de los troglobios (p. e.: estar despigmentados, presentar los ojos más o menos reducidos, tener apéndices generalmente largos y gráciles,...), son cavernícolas facultativos, pudiendo vivir en las cuevas y hasta completar en ellas su ciclo de vida, pero no dependen exclusivamente de este medio pudiéndose localizar en otros medios oscuros y sobre todo muy húmedos; en su gran mayoría son los

potenciales troglobios en una siguiente fase de cambios climáticos. Y otros son los “trogloxenos”, animales sin características adaptativas especiales que habitan las grutas de forma temporal o accidental.



Figura 5. Los tres tipos ecológicos: troglóbulo, troglófilo y troglóxeno.

La fauna troglóbica exhibe una amplia serie de modificaciones en su anatomía, fisiología y comportamiento, asociadas a la vida en el medio hipógeo. Dentro de las peculiaridades de los animales troglóbicos, que como ya se ha señalado son los propios del medio subterráneo y dependen exclusivamente de ese medio, nos interesa resaltar una serie de características que les definen y que en conjunto se denominan “troglomorfismos”, que son el resultado de un proceso de selección natural y reflejan una auténtica adaptación al ambiente troglóbico (**Fig. 6**).

Estos troglomorfismos pueden ser de dos tipos: “morfológicos”, como el ser ciegos, despigmentados, ápteros (con el 2º par de alas ausente), falsa fisogastria (un abdomen abultado en apariencia, al presentar los élitros muy convexos y separados de la cara dorsal del abdomen)..., a estos caracteres



Figura 6. Observación de troglomorfismos en *Aphaenops* sp.

también se les llama caracteres “regresivos”, debido a la degeneración progresiva o atrofia de caracteres, como ojos, alas, pigmentación...; y “fisiológicos”, como lento metabolismo, ultrasensibilidad (con estructuras sensoriales muy desarrolladas), gran resistencia al ayuno (pueden vivir hasta 15 días con una sola comida), pérdida de los ritmos circadianos (no diferencian las estaciones, ni el día de



la noche), notable longevidad (viven entre 5-7, años siendo verdaderos “matusalenes” con respecto a sus congéneres epígeos), tener los ciclos de vida y reproductivos muy especializados, siendo estrategias de la “K”. Estos últimos caracteres son en general menos visibles que los anteriores, y son el producto de un proceso evolutivo constructivo y de gran importancia al ser básicos para sobrevivir en este medio; son los llamados caracteres “progresivos”.

Como conclusión a esta presentación del hábitat (las cuevas por con sus características físicas constantes de temperatura y humedad relativa y sus ocultas maravillas constituidas por las más variadas formaciones) y de las señaladas características morfológicas y fisiológicas que presentan los organismos de las cuevas, hay que resaltar que son los “insectos” los seres vivos más representativos del medio subterráneo. Dentro de este grupo destacan dos familias: los “Carábidos” (básicamente depredadores) y los “Colévidos” (totalmente detritícolas), formando parte de esta última familia los troglobios más “emblemáticos”. Ambas familias presentan una gran variedad de formas corporales.

Pues bien, estos dos grupos de insectos han colonizado tanto las cuevas de la zona templada, como las cuevas de las zonas tropicales y volcánicas (en este caso tubos volcánicos). Pero en este artículo sólo vamos a referirnos a los troglobios de la zona templada (colonizadores de las cuevas de la “orla mediterránea”), por dos razones, debido a que es la zona más rica en fauna y la mejor estudiada, y por razón de la extensión del artículo.

Colonización

Conocidas las “características” y las “formas” que presentan los insectos que viven en cuevas, y teniendo en cuenta que las cuevas son, sin duda, un medio extraordinariamente adverso para cualquier ser vivo, es normal que se planteen algunos interrogantes o preguntas en relación con los insectos troglobios, entre ellas: por qué, cuándo y cómo han colonizado el medio subterráneo.

El “**por qué**” es un interrogante fácil de contestar. Sin duda fue debido al hecho de una imperiosa necesidad de supervivencia, todo motivado por los drásticos cambios climáticos que se produjeron en el entorno en que se encontraban los insectos. Esto les llevó en principio a migrar de forma progresiva del Norte hacia el Sur (según avanzaba la glaciación), y luego buscar zonas refugios si querían continuar con vida (**Fig. 7**). Y eso es lo que ha realizado gran parte de la fauna troglobia antes de colonizar las cuevas en las diferentes etapas glaciares del Plio-Pleistoceno. Pero conviene resaltar que este proceso de colonización también se realizó en cualquier otra etapa geológica en la que se produjesen condiciones muy adversas para la supervivencia.

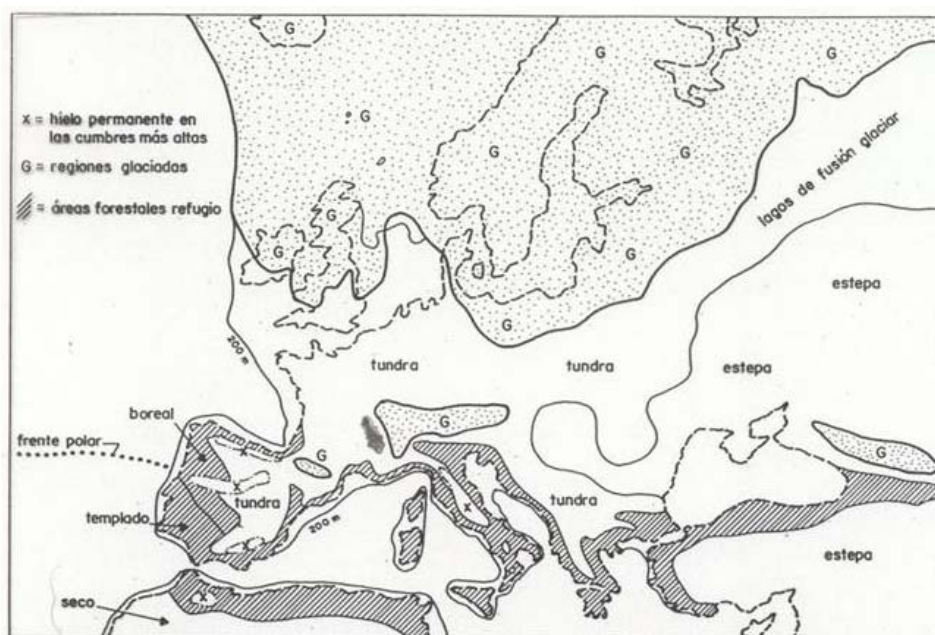


Figura 7. Mapa que muestra la distribución de las unidades de vegetación en Europa durante la última glaciación. En punteado, las regiones glaciadas; en rayado oblicuo, las áreas forestales refugio.

La segunda pregunta es ¿**cuándo** se realizó la colonización para llegar a alcanzar el medio subterráneo en busca de zonas de protección en los distintos ciclos geológicos? En la fauna troglobia es difícil averiguar tanto la época del poblamiento como la edad de los cavernícolas, ya que la fauna subterránea constituye un conjunto heterogéneo de formas que tienen cada una su historia particular. Lo que sí se puede señalar es que cuando en algunas cuevas coexisten poblaciones de diferentes especies pertenecientes al mismo género, éstas manifiestan diferentes características, las cuales sin duda fueron adquiridas en los diferentes procesos de adaptación al medio, o lo que es lo mismo que presentan un diferente grado evolutivo, lo que viene a señalar que esas especies colonizaron el medio subterráneo en distintas etapas cuando se produjeron fuertes cambios climáticos.

Un modelo muy claro lo tenemos en la Cueva del Agua (Las Cuevas, Asturias), que en su día fue un modelo único de convivencia de tres especies del mismo género, en este caso de **Quaestus**. El gráfico (**Fig. 8**) muestra la distribución en la cueva de las tres especies (desde el exterior –la especie menos evolucionada y la última que colonizó la cueva-, al interior –la especie más evolucionada y primera que colonizó la cueva-; además, en esta última el número de capturas es mucho menor, lo que viene a señalar que su población está en un claro proceso de regresión). Hoy día estas distintas fases de

colonización han sido corroboradas por estudios moleculares y se refleja en un sencillo filograma.

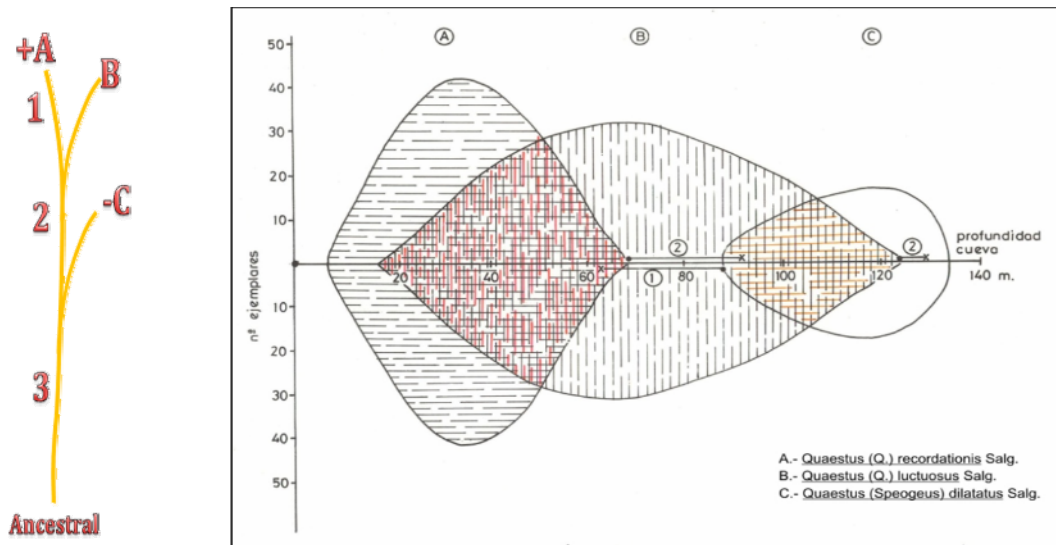


Figura 8. Filograma y gráfico de distribución de las tres especies de *Quaestus* que viven en la Cueva del Agua (Las Cuevas, Asturias).

El tercer interrogante es el **¿cómo?** Es la pregunta más fácil de contestar en la aventura de colonización de las cuevas por la fauna epígea para evitar su extinción. Aquí surge el papel de las cavernas como hábitat refugio, que designa un área que escapa de los cambios climáticos externos y actúa como un hábitat protector para los organismos que previamente presentaban una más amplia distribución.

Pero la colonización no fue directa (de golpe), sino que se realizó por “etapas” en las áreas refugio (profundos valles que en general están próximos a las costas, con vegetación o bosques, por lo cual los bruscos cambios climáticos se ven atemperados) y luego de colonizar esas áreas y en aquellas zonas que sean cársticas, la fauna antes de alcanzar la cueva pasa por una serie de medios transicionales, como: humus, subsuelo, MSS, MSP, cueva (**Fig. 9**).

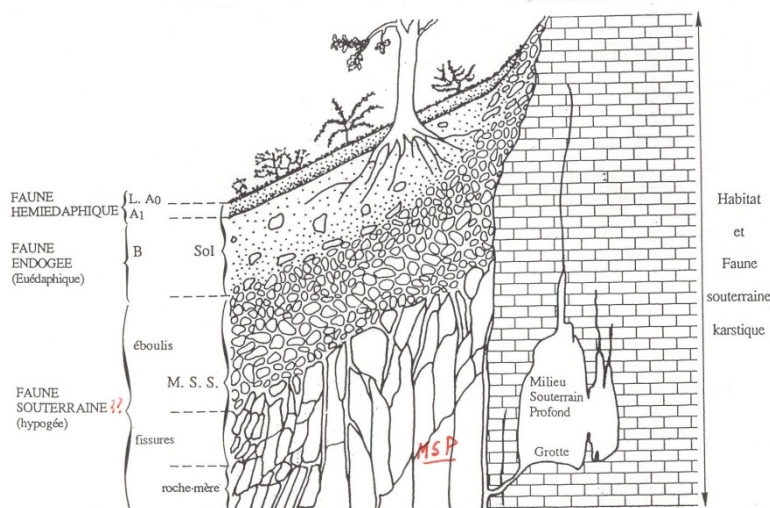


Figura 9. Diferentes medios transicionales: musgo-humus, sub-suelo, MSS, MSP y cueva.



Pero en todos estos procesos también actúa la presión competitiva, al haberse concentrado en un espacio mucho más reducido muchos organismos, lo que constituye sin duda un factor que puede acelerar la colonización.

Por otra parte, en todas esas etapas la colonización es “activa”, se entiende voluntaria, y está ligada sobre todo a un “proceso adaptativo”, en el que se van adquiriendo de forma gradual determinadas características, las cuales se van completando en los distintos medios hasta alcanzar la cueva. Por ello, al final de todos estos procesos sólo consiguen conquistar el medio troglobio los más **aptos**, básicamente los detritícolos capaces de alimentarse en el ambiente subterráneo de cualquier tipo de materia orgánica descompuesta, ya sea vegetal o animal, que generalmente se filtra a través de la red de fisuras del carst. Por lo tanto, otros muchos grupos de insectos son descartados, por ejemplo todos los vegetarianos, herbívoros, fluidófagos, florícolas, xilófagos, etc.; y en las primeras fases también fueron descartados los depredadores, si bien algunos grupos (como los Carábidos ya señalados) han logrado colonizar el medio hipógeo en fases posteriores, después de haberse establecido los detritícolos que serán una de sus fuentes de alimentación, y como es lógico estas poblaciones siempre estarán formadas por un número reducido de individuos para no agotar su fuente de alimento.

Especiación

A lo largo de los diferentes procesos de colonización que han ido realizando las poblaciones de los diferentes grupos de organismos, durante las distintas fases de los períodos geológicos, se produjeron cambios debido a la adaptación a los distintos medios, dando lugar a nuevas especies; pero también las poblaciones se fragmentaron cuando las áreas cársticas que colonizaban estaban aisladas por diferentes estructuras geológicas (fallas, cabalgamientos, depósitos arcillosos, estratos de areniscas y cuarcitas...) que cierran el paso a las migraciones en el interior del carst, dando lugar a verdaderas “barreras”.

Estas barreras son las que van a impedir que el “flujo genético” se siga realizando entre las poblaciones, y estas poblaciones aisladas a lo largo del tiempo van a sufrir cambios morfológicos y mutaciones que darán nuevas especies. Eso es lo que ha ocurrido de forma general en la fauna troglobia de las zonas templadas, dando lugar a una especiación de tipo alopátrica –diferenciación de especies en distintas áreas- (sin que por ello se descarten que en determinadas condiciones se puedan realizar otros tipos de especiación, sobre todo la parapátrica).

Pues bien, este proceso de aislamiento de las poblaciones motivado por las distintas barreras, dio lugar a un “fenómeno de insularidad”, constituyéndose en áreas no insulares verdaderas islas, o sea un archipiélago de

afloramientos en zonas calizas de relativa poca extensión. Por ello, se puede afirmar que en ningún otro tipo de ecosistema con dimensiones tan reducidas se han constituido tantas especies como en el troglobio, siendo muy frecuentes los endemismos, en ocasiones ligados a pequeñas áreas cársticas, incluso a una sola cueva. Un claro ejemplo se tiene en la Cordillera del Suevo -Asturias-, que en un área de unos 20 km largo por 15 km ancho se localizan 7 especies únicas de esa pequeña cordillera (**Fig. 10**).

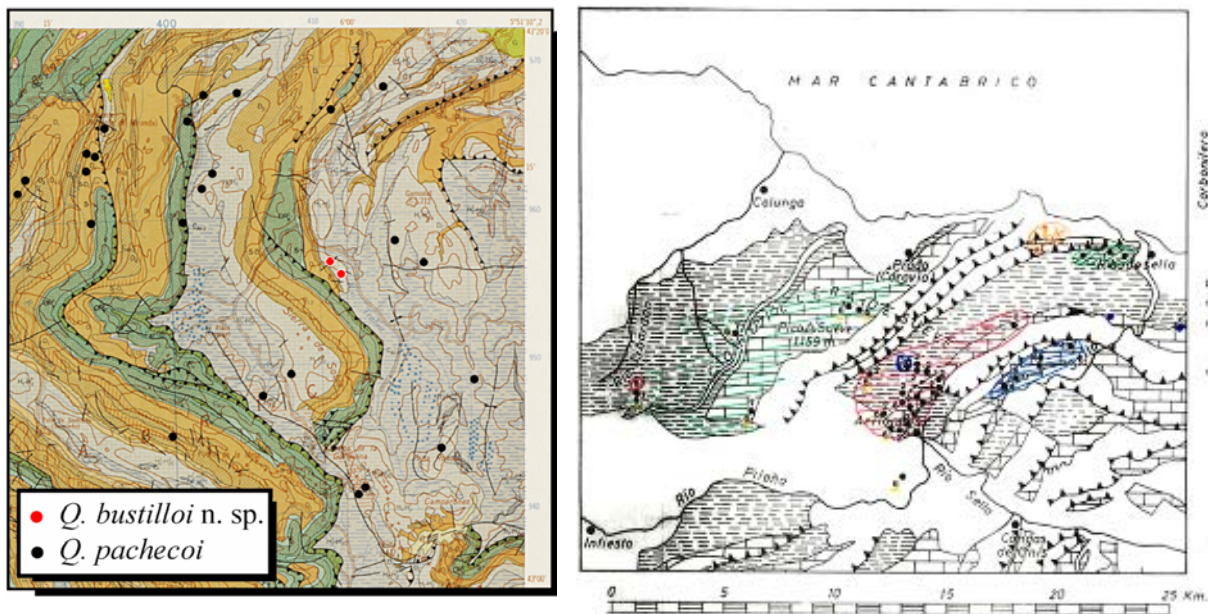


Figura 10. Barreras de separación entre las poblaciones de *Quaestus bustilloi* (●) y *Q. pachecoi* (●). Mapa de la Cordillera del Suevo (Asturias): áreas –islas- en las que se sitúan las 7 especies.

Relaciones biogeográficas y filogenéticas

Son muchos los trabajos filogenéticos que permitieron establecer excelentes interrelaciones con estudios biogeográficos; pero, sobre todo, son muy evidentes cuando se utilizan los organismos de las cuevas como modelos de evolución y biogeografía, al ser las cuevas excelentes laboratorios naturales.

El uso de datos moleculares para estimar las “edades” de los taxa existentes (géneros y especies), ha revolucionado muchos aspectos de la Biología Evolutiva. De esta forma recientes trabajos moleculares han permitido secuenciar mediante la amplificación de fragmentos de 7 genes (5 mitocondriales y 2 genes nucleares) más de 200 especies de Leptodirini (grupo formado por insectos exclusivos de cuevas).

Estos trabajos han deparado verdaderas sorpresas, como el poder corroborar que los linajes más antiguos corresponden a especies occidentales que colonizaron áreas de Asturias o León, y no a los orientales (que colonizaron áreas de Italia, Croacia, Rumanía), de los cuales siempre se había supuesto que

derivaban las especies que colonizaron las áreas cársticas de la Península Ibérica, al ser sus características morfológicas en apariencia más evolucionadas. (En el “cladograma” (**Fig. 11**) se establecen dos grandes bloques, uno con ramas a las que pertenecen especies de Pirineos, Cárpatos y Alpes; y otro que engloba especies Cantábricas, Mediterráneo levantino y de Cerdeña).

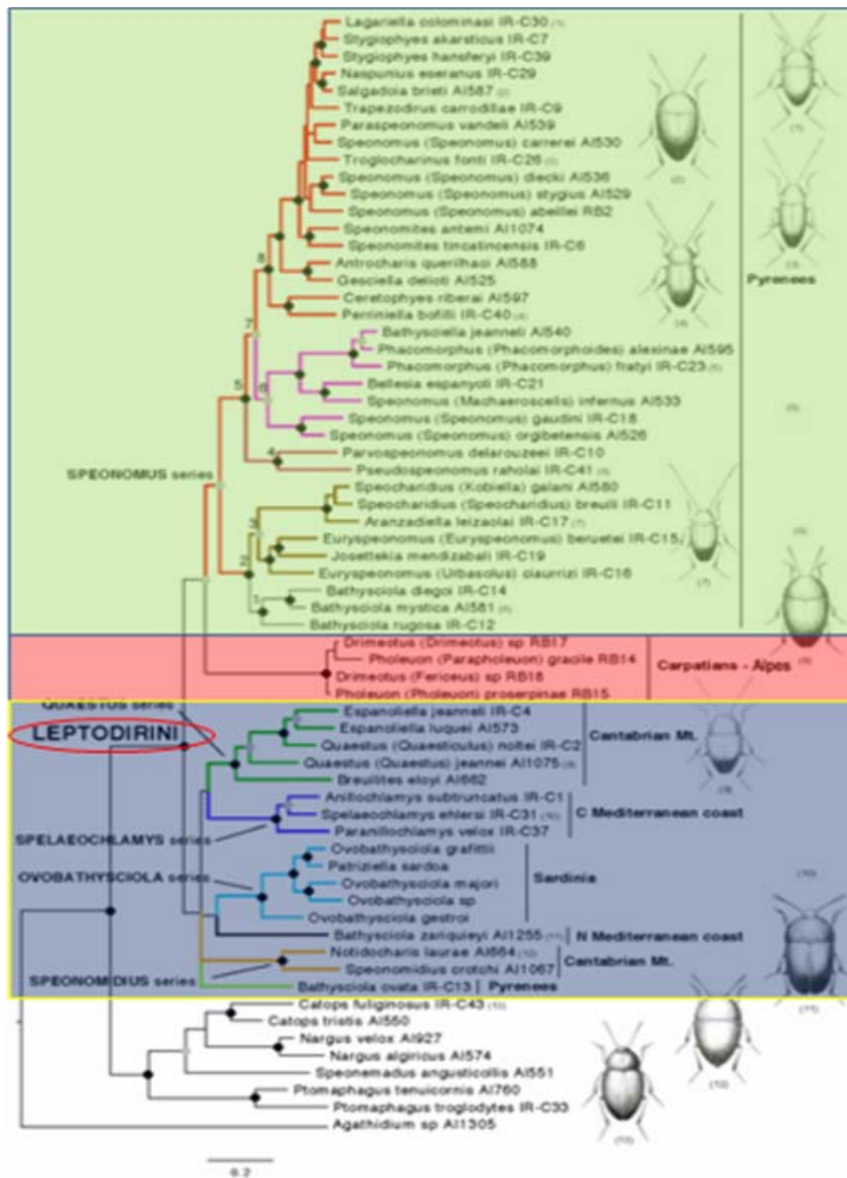


Figura 11. Cladograma que muestra la separación de dos grandes bloques de Leptodirini. Uno formado por especies de Pirineos, Cárpatos y Alpes; otro formado por especies Cantábricas, costa Mediterránea occidental y Cerdeña.

Si ahora se examinan de forma independiente sólo los “linajes ibéricos”, se diferencian también dos grandes bloques, pero en este caso se ha “datado” la edad de diversificación entre ellos, que es de hace unos 45 MY, durante el Eoceno, lo cual sin duda nos confirma que son “verdaderos fósiles vivos” (**Fig. 12**).

Uno de los bloques está formado por las especies Cantábricas y Mediterráneas (el más antiguo) y el otro por las pirenaicas (más moderno y más ligado a las especies orientales). Hoy parece conclusivo que el origen de los Leptodirini europeos es "ibérico".

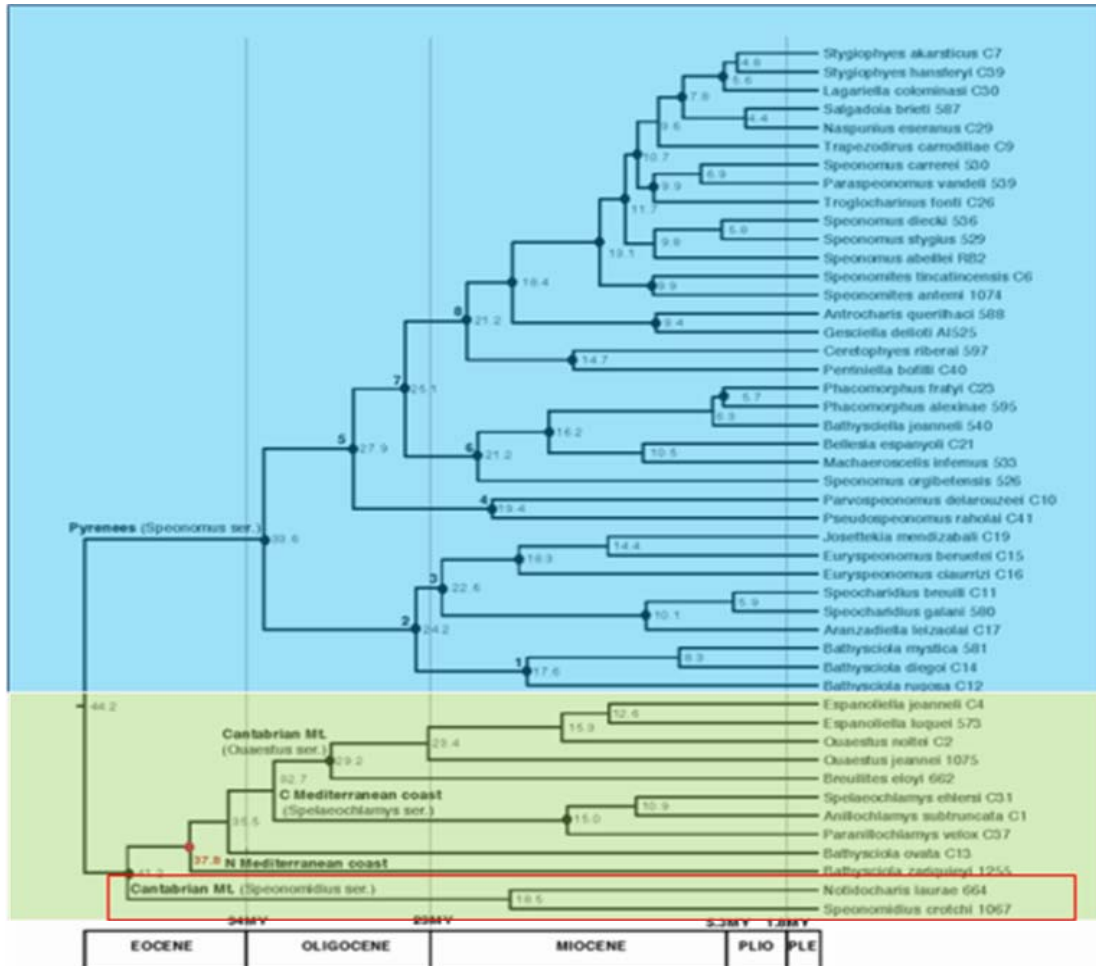


Figura 12. Cladograma que muestra la edad de diversificación de los distintos clados ibéricos.

Dentro de los linajes Cantábricos, y para observar más claramente su antigüedad, vamos a fijarnos en la Serie *Speonomidius* que se separó hace más de 40 MY, siendo por lo tanto el linaje más antiguo, y dentro de este clado la separación de las dos especies se realizó hace algo más de 18 MY (por lo que puede decirse que desde entonces estas especies no han modificado sus características morfológicas).

Siguiendo estos estudios moleculares y como un modelo más sencillo se va a analizar cómo se han diversificado las especies de un género y a su vez cómo han colonizado las diferentes áreas cársticas las poblaciones de las distintas especies. De los varios ejemplos que podrían ser expuestos en el área

Cantábrica, se ha elegido el área cárstica colonizada por las especies del género **Espanoliella**. Esta área comprende la zona nor-oriental de Cantabria y una reducida zona cárstica al oeste de Vizcaya. En toda esta zona se pueden observar cabalgamientos, fallas, depósitos de areniscas, etc., que darán lugar a las diferentes barreras; así como la situación de las cuevas que han colonizado las poblaciones de las cinco especies que en el momento actual presenta este género.

Con los análisis filogenéticos realizados se ha podido “diseñar” todo el proceso de diversificación de las cinco especies a partir de un ancestro, cuya antigüedad es superior a los 15 MY (ver los pasos en los diferentes cladogramas hasta la independencia de las cinco especies-**Fig. 13-**) y luego mostrar cómo las poblaciones de estas especies en las diferentes etapas fueron colonizando las distintas áreas, nunca superpuestas, dando lugar a “verdaderas islas”. Sin duda, puede llamar la atención que la última isla colonizada por *Espanoliella tibialis* (Jeannel, 1909) se encuentre unida por un área que actualmente está inundada por el mar; pero se supone que hace unos 100.000 años las poblaciones de las diferentes cuevas se podían relacionar a través de las fisuras del carst ya que la costa actual estaba desplazada a más de 25 km hacia el interior del mar. Por ello, en estas dos áreas hoy aisladas es muy posible que en un futuro no muy lejano las poblaciones de *Espanoliella tibialis* se independicen dando lugar a dos nuevas especies.

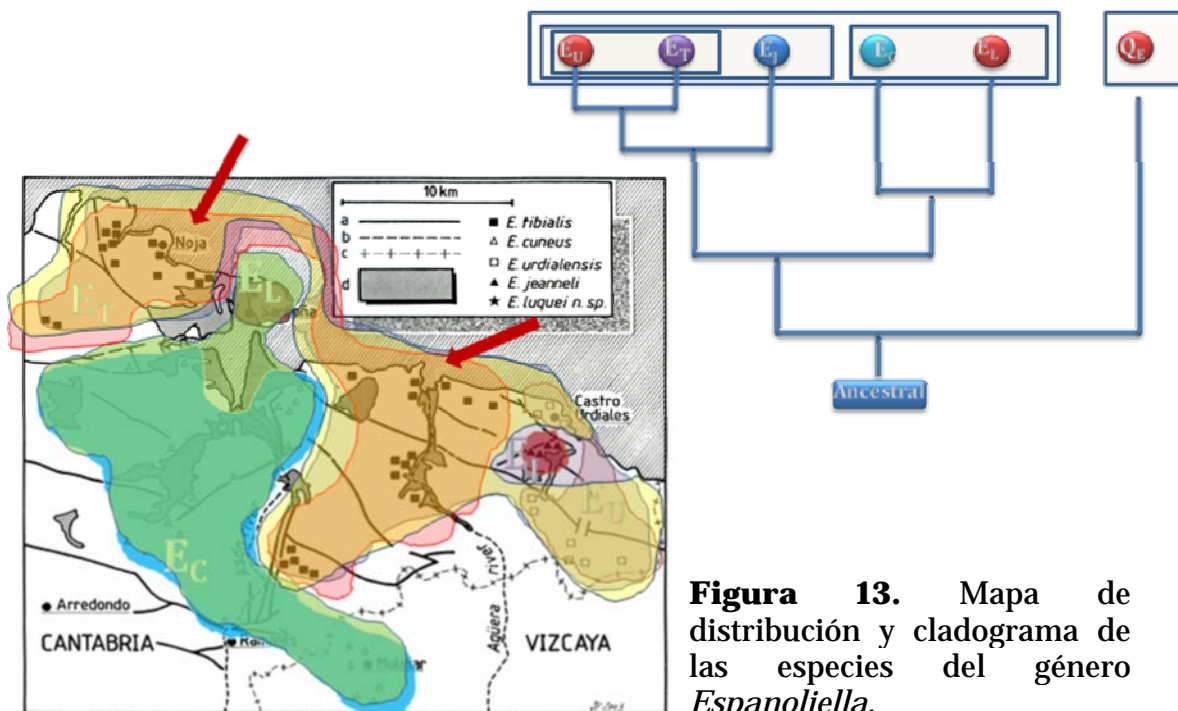


Figura 13. Mapa de distribución y cladograma de las especies del género *Espanoliella*.

Tesoro faunístico de la provincia de León

Como **FINAL** de este artículo, voy a mostrar en una pequeña panorámica el “tesoro de biodiversidad” que encierra la provincia de León en cuanto a fauna troglobia, ya que no quisiera que pasase desapercibida. Algunas son especies “únicas” al localizarse sólo en áreas cársticas de esta provincia. Ahora bien, debo señalar que la provincia de León es más bien pobre en fauna troglobia, sobre todo si se la compara con la gran riqueza que encierran las provincias de Asturias o de Cantabria.



Quaestus olajensis
(Salgado, 1978)

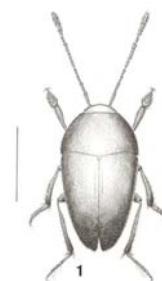


Apoduvalius loenensis (Salgado y Ortuño, 1998)

Quaestus olajensis (Salgado, 1978) y ***Apoduvalius loenensis*** (Salgado y Ortuño, 1998). Ambas especies viven en la **Cueva del Carrascal** localizada en el carst de Santa Olaja de la Varga a unos 60 km de León. De las dos especies, *Quaestus olajensis* fue el “primer troglodio” descrito para la provincia de León, y se dedicó a la localidad en que se encuentra la cueva; hoy día se conoce otra población que vive en una cueva próxima. Con ella coexiste *Quaestus nuptialis* que se localiza en los primeros tramos de la cueva y que es menos evolucionada que *Quaestus olajensis*. *Apoduvalius loenensis* ha sido dedicada a la provincia de León y sólo vive en la cueva del Carrascal, es una especie muy rara al ser los ejemplares de muy difícil captura. Como se puede observar por las formas corporales ambos insectos pertenecen a diferentes grupos (tribus Leptodirini y Trechini).

Esta cueva, además, ha sido utilizada durante 15 años como laboratorio de prácticas para la asignatura “**Ecosistemas subterráneos**”, la cual se impartió en esta Facultad; desde aquí mi agradecimiento al pueblo de Santa Olaja de la Varga por su colaboración.

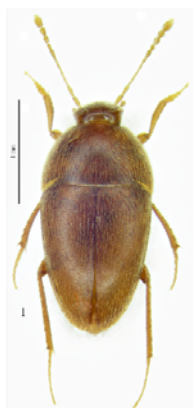
Quaestus sajambrensis (Salgado, 1980). Es otra especie troglobia que sólo es conocida de la **Cueva de Buseco**, en Oseja de Sajambre, esta especie recibió el nombre de la comarca. Hay que señalar que últimamente y en la zona más profunda de la cueva se descubrió una población de una especie más evolucionada, *Quaestus amicalis amicalis* (Salgado, 1984) que vive en numerosas cuevas del próximo carst asturiano.



Quaestus sajambrensis
(Salgado, 1980)



Quaestus nuptialis
(Español, 1973)



Quaestus pachecoi
(Bolívar, 1915)

Quaestus nuptialis (Español, 1973). Fue capturada por vez primera en la **Cueva del Triángulo**, en Velilla del Río Carrión en la provincia de Palencia, en un área cárstica limítrofe con la provincia de León. Hoy es conocida de numerosas cuevas del nor-este de la provincia leonesa y se extiende por el carst de Riaño, Crémenes, Acebedo, Burón, Portilla de la Reina, Valdehuesa, Vozmediano, Sahelices de Sabero y Sta. Olaja de la Varga. Como simpática anécdota, esta especie fue descubierta por unos bioespeleólogos recién casados en su viaje de luna de miel, de ahí “nuptialis”.

Quaestus pachecoi (Bolívar, 1915). Fue descrita de la **Cueva de la Peña**, en San Román de Candamo, Asturias. Esta cavidad también es muy importante por sus pinturas rupestres. Hoy día esta especie es conocida de otras muchas cuevas de Asturias, más de medio centenar, y de varias cuevas leonesas situadas en el nor-oeste de la provincia (zonas cársticas de Cabornera, Torrestío y Caldas-Sena de Luna). A esta especie pertenecen los primeros datos de un troglóbido para la provincia de León.

Apoduvalius purroyi Salgado, 1987. Fue capturada en dos cuevas de la zona cárstica de Lugueros, una en Redilluera (**la Cueva de la Peña del Barredo**, la localidad típica) y otra en Llamazares. Hoy se ha descubierto de una tercera localidad en Sena de Luna. Como indica su nombre específico fue dedicada a mi buen amigo y compañero el Prof. Francisco Purroy. De este interesantísimo Carábido sólo son conocidos nueve ejemplares, seis de la localidad típica, uno de la cueva de Llamazares y dos de la cueva de Sena de Luna.

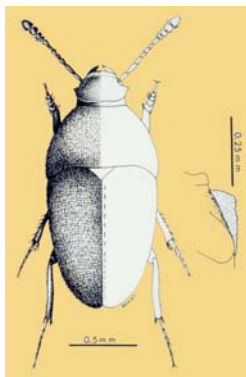


Apoduvalis purroyi
Salgado, 1987



Domene (Lathromene) bergidi
Salgado y Outerelo, 1991

Domene (Lathromene) bergidi Salgado y Outerelo, 1991. Es el único Estafilínido endémico de la provincia de León. Esta especie sólo es conocida de la **Cueva de la Carretera** próxima al Lago de Carucedo. El nombre específico hace referencia a la región del Bierzo.



Leonesiella bergidi (Salgado, 1983)

Y finalizo con la especie que vendría a ser “**la joya de la corona**”. *Leonesiella bergidi* (Salgado, 1983) fue descubierta en la **Cueva de la Gruta**, próxima a La Barosa, si bien hoy día es conocida de varias cavidades bercianas, así como de numerosas grutas de los carsts próximos de Orense y Lugo. Es el único insecto, posiblemente animal, cuyo género está dedicado a la provincia de León; además, tiene un enorme interés faunístico al ser el representante troglóbico de distribución más occidental, a partir de esta área de calizas muy antiguas pertenecientes al Cámbrico; no hay más representantes troglóbicos de la familia Cholevidae.

Como **epílogo**, cabría preguntarse si está todo hecho en el estudio de la fauna troglóbica leonesa; yo tengo que decir que no, pues aunque mucho se ha hecho, las cuevas siempre guardan nuevas sorpresas faunísticas. Pero, para que continúe el progresivo conocimiento de la fauna troglóbica y para que aparezcan nuevas sorpresas, es importantísimo que se sigan realizando prospecciones y sobre todo que se conserven las cuevas que es un hábitat de enorme fragilidad (**Fig. 14**); y sin duda, en cuanto a cuevas, la provincia de León encierra en su carst verdaderos tesoros, muchos aún desconocidos.



Figura 14. La cueva, un hábitat muy frágil: “**CONSERVALO**”.



El Dr. José M^a Salgado Costas es en la actualidad Catedrático jubilado. Fue el primer Licenciado de esta Facultad y defendió su Tesis Doctoral en el año 1975, por aquel entonces era una sección de la Universidad de Oviedo. Ha realizado casi toda su actividad docente e investigadora en la Facultad de Biología de la Universidad de León, durante 36 años, siendo Profesor Ayudante, Adjunto, Titular y Catedrático de

Zoología, en este caso de las Universidades de Barcelona y León.

Fue Vicedecano y Decano de la Facultad de Biología, Director del Departamento de Zoología y Secretario de la Comisión de Doctorado.

Se le considera como uno de los mejores especialistas en el estudio de los coleópteros Leiodidae y Carabidae, además de ser un buen conocedor de otras varias familias de coleópteros. Su producción científica asciende a más de 180 publicaciones en revistas y libros nacionales e internacionales y ha dirigido 11 Tesis Doctorales. Sin duda, su mayor dedicación fue a la Bioespeleología con más de 80 publicaciones en este campo, relacionadas con aspectos taxonómicos, faunísticos, ecológicos, biogeográficos y filogenéticos, lo que le ha permitido describir 8 géneros y subgéneros y 59 especies nuevas para la ciencia (44 Leiodidae, 10 Trechidae, 3 Staphylinidae, 2 Diplura). En paralelo a los estudios sobre los insectos de cuevas, publicó unos 100 artículos sobre otros grupos de insectos (Carabidae, Histeridae, Cerambycidae, Scarabaeidae, Chrysomelidae, Staphylinidae y Hemiptera) con datos de contribución faunística o como formas de uso en la gestión y en la conservación de diferentes tipos de hábitat; pero sobre todo destacan los estudios taxonómicos y biogeográficos relacionados básicamente con la familia Leiodidae en la América Neotropical, lo que le ha permitido describir 9 géneros y subgéneros y 47 especies nuevas para la ciencia. En este último grupo de insectos y debido a su reconocido prestigio internacional, pudo examinar miles de ejemplares enviados para su estudio por el Field Museum of Natural History (Chicago), Carnegie Museum of Natural History (Pittsburgh), Canadian Museum of Nature, Aylmer (Quebec), QCAZ-Museum (Quito), Pontificia Universidad de Rio Grande do Sul (Porto Alegre, Brasil), Museo Nacional de Historia Natural (Santiago, Chile), Muséum National d'Histoire Naturelle (París) y Museum National of Natural History (Praga), además de realizar diversas estancias en la mayoría de los centros de investigación antes mencionados.

Todo este bagaje científico de publicaciones y material entomológico formará parte de las colecciones de la Universidad de León (CZULE), al que hay que añadir más de 180 especies cavernícolas obtenidas mediante intercambio. En total, en esta colección estarán depositados más de 7000 ejemplares que pertenecen a más de 300 especies troglodias y epígeas, de las cuales más de un centenar serán holotipos y paratipos.



PONIENDO EN CLARO

Deshielo en el Ártico

Lucía Martínez Asensio

Universidad de León. Licenciada en Geología. Alumna del Máster Oficial en Riesgos Naturales (curso 2008-2009).

lmarta00@estudiantes.unileon.es

El cambio climático supone un reto creciente y de primer orden para el Ártico. En el presente trabajo se revisan los últimos estudios sobre las repercusiones del cambio global en la región ártica, relacionando los cambios medioambientales con los riesgos que provocarían, así como las posibles oportunidades de desarrollo en toda la región. Los escenarios asumen que los cambios se producirán de forma gradual. Sin embargo, la complejidad del sistema climático del planeta podría dar lugar a acontecimientos inesperados. Los cambios se extenderían más allá del Ártico y afectando al clima mundial, el nivel del mar, la biodiversidad y otros muchos aspectos de los diferentes sistemas socioeconómicos. Por esta razón, el cambio climático en el Ártico requiere la atención inmediata de los dirigentes políticos y de la población mundial.

Palabras clave

Cambio Climático, escenarios, Círculo Polar, permafrost, banquisa.

Introducción

El clima del planeta está cambiando, especialmente en el Ártico donde el permafrost se está derritiendo, los glaciares se están desvaneciendo y el hielo marino está desapareciendo. Estos cambios no sólo van a afectar a sus habitantes y ecosistemas, sino también al resto del mundo, ya que esta zona juega un papel especial en el clima global. Durante los últimos siglos se ha calculado un aumento para la superficie terrestre de 0,6 °C, y en gran parte este calentamiento tiene origen antropogénico debido a la demanda de combustibles fósiles así como a los continuos cambios en el uso del suelo (ACIA, 2009). El ascenso de la temperatura en el Ártico se ha producido a un ritmo dos veces mayor al del resto del mundo, por lo tanto, el cambio climático se nota con especial intensidad. De esta manera estos cambios en el clima ártico afectarán también al resto del mundo al provocar un aumento del calentamiento global y del nivel del mar.

La región Ártica es la zona que rodea el Polo Norte. Se trata, a grandes rasgos, de un océano rodeado de tierra. El extremo norte está cubierto en su mayor parte de nieve y hielo, mientras que la parte perteneciente a los bosques boreales cubren la parte más meridional, encontrándose entre ambos extremos vastas extensiones de tundra. El Ártico políticamente se divide perteneciendo a Groenlandia (Dinamarca), Islandia y las zonas más septentrionales de Noruega, Suecia, Finlandia, Canadá, Rusia y EE.UU. (**Fig. 1**).



Figura 1. Mapa con el círculo polar ártico trazado así como el número de países que lo conforman (Tomado de [http:// expertvoices.nsd.org](http://expertvoices.nsd.org))

El número de habitantes que alberga la zona es aproximadamente de cuatro millones de personas, entre las que se incluye una mayoría cada vez más amplia de colonos no Inuit (que es la población indígena).

Desde el punto de vista económico, la región depende en gran medida de sus recursos naturales, que incluyen desde yacimientos de petróleo, gas natural y metales hasta pescado, renos y aves, junto con un floreciente sector turístico.

La Evaluación del impacto climático en el Ártico (ACIA, del inglés *Arctic Climate Impact Assessment*) es un proyecto internacional promovido por el Consejo Ártico y el Comité Científico Internacional del Ártico (IASC). Los resultados de la Evaluación fueron presentados en el Simposio Científico Internacional, celebrado por el Comité en Reykiavik (Islandia) en noviembre de 2004. A continuación se mostrará un resumen de los impactos más importantes que tendrán lugar si continúa la tendencia actual de calentamiento.

Cambios en el Ártico

Los siguientes indicios apuntan a un calentamiento reciente del Ártico: el ascenso de temperaturas registrado, el deshielo de glaciares, banquisas y el permafrost, así como un aumento del nivel del mar (**Figs. 2, 3 y 4**).

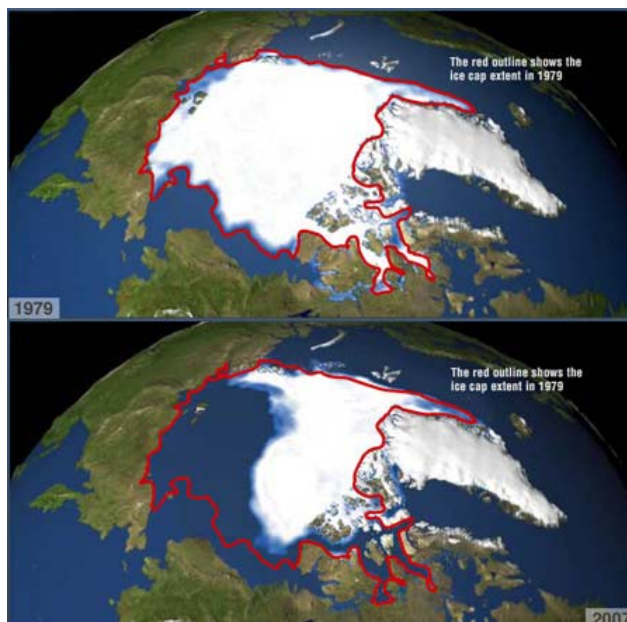


Figura 2. Las imágenes muestran los niveles mínimos de concentración de hielo marino en el Artico, durante los veranos de 1979 a 2007 a partir de las observaciones satelitales. (Tomado de <http://blog.nuestroclima.com>)

Las previsiones auguran un aumento a escala mundial de las temperaturas durante el siglo XXI, con aumentos entre 3 y 7 °C e incremento de precipitaciones de aproximadamente un 20%. Debido a esto las banquisas continuarán disminuyendo, reflejando menor radiación solar, y a su vez aumentando el calentamiento a escala regional y global. La reducción prevista para la superficie cubierta por nieve en el Ártico oscila entre un 10 y 20%, si el calentamiento es gradual.

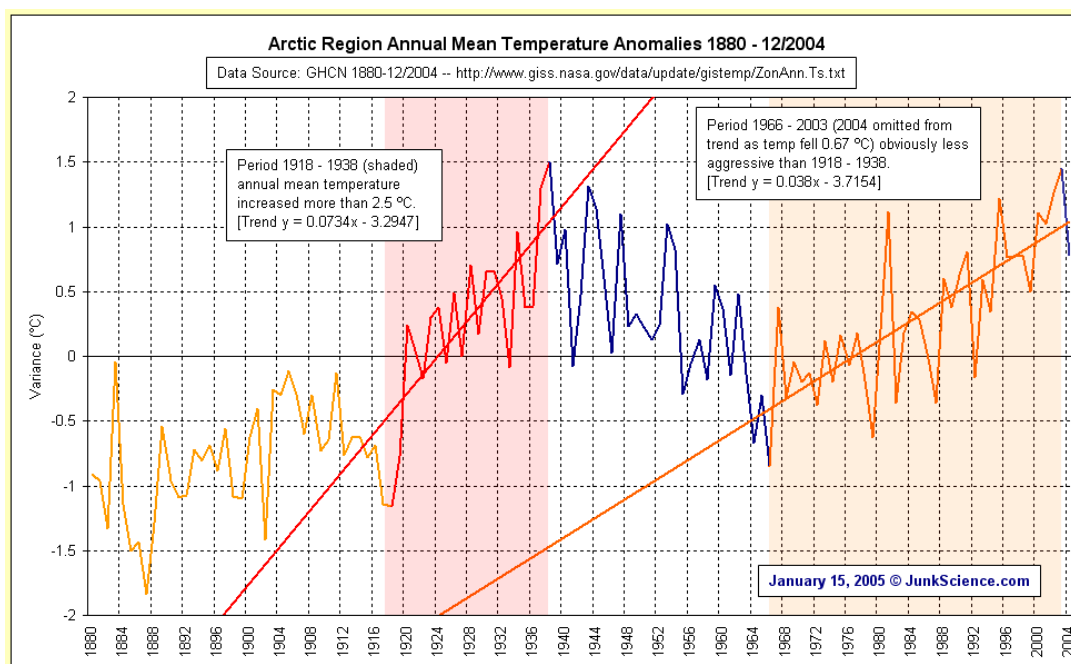


Figura 3. Esta figura muestra las variaciones de temperatura que se han registrado desde 1880 hasta el año 2004 en la región Ártica. (Tomado de <http://www.junkscience.com>)

Influencia en el resto del planeta

El calentamiento del Ártico y sus consecuencias, como anteriormente se ha señalado, tienen un impacto mundial ya que la cantidad de energía solar reflejada y devuelta al espacio disminuye con el deshielo, lo que acentúa el calentamiento de la superficie. El deshielo del Ártico y el aumento de las precipitaciones en la región pueden aportar agua dulce a los océanos, pudiendo afectar a las corrientes oceánicas en el Atlántico Norte. A medida que avanza el calentamiento, el deshielo del permafrost podría liberar a la atmósfera una mayor cantidad de gases de efecto invernadero. Por otro lado, el calentamiento puede estimular el crecimiento biológico, y por lo tanto la absorción del CO₂ (ACIA, 2009).

De aquí a 2100, los glaciares provocarán por sí solos un aumento del nivel del mar de aproximadamente 5 cm (en total se prevé un aumento de entre 10 y 90 cm para el presente siglo). El deshielo del casquete glaciar de Groenlandia podría hacer que estas cifras aumentasen considerablemente. También es probable que el acceso a los recursos árticos se vea alterado por el cambio climático. Forman parte de estos recursos la fauna, como ballenas, focas, aves y peces que se comercializan en todo el mundo, así como las reservas

de petróleo, gas natural y minerales. Los cambios en los ecosistemas árticos afectarán a todo el mundo.

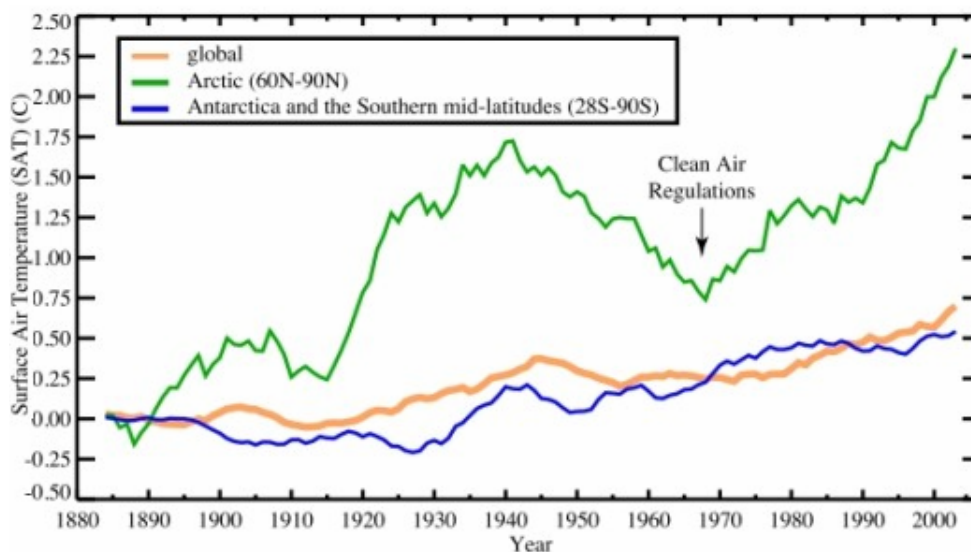


Figura 4. Representación gráfica de la tabla de la **Fig. 3** en la que se comparan las variaciones térmicas del ártico con las del Polo Sur y las globales. (Tomado de <http://www.junkscience.com>)

Influencia en la vegetación

Es probable que se produzcan transformaciones en la cobertura vegetal del Ártico, lo que tendría repercusiones de gran alcance. La región ártica cuenta con tres tipos de vegetación principales: los desiertos polares en el norte, los bosques boreales en el sur y la tundra en el medio. Se prevé que el aumento de las temperaturas propicie la expansión hacia el norte de los bosques boreales, que desplazarán a la tundra ártica, así como un avance de la tundra hacia los desiertos polares. De esta manera, la extensión de los bosques podría provocar un aumento en la absorción del carbono de la atmósfera. Por otra parte el calentamiento hará que las plagas de insectos y los incendios afecten cada vez más a grandes extensiones forestales. Se espera que el cambio climático haga que prosperen en el Ártico una mayor variedad de cultivos siendo la temporada de cultivo más larga. Sin embargo, es probable que aumenten los problemas ocasionados por los insectos, las enfermedades de los cultivos y la proliferación de la maleza.

Influencia en los animales

Se producirán cambios en la diversidad y distribución de las especies animales. Muchos animales del Ártico, tales como osos polares, focas, morsas y aves marinas, dependen de la productividad biológica del mar y de la existencia



de banquisas, que a su vez dependen en gran medida de las condiciones climáticas. Los cambios en las temperaturas de la superficie y de las corrientes podrían afectar en gran medida a las poblaciones de peces marinos del Ártico, que constituyen una fuente de alimentación de gran importancia para el mundo y son vitales para la economía de la región. El aumento de las temperaturas podría tener consecuencias tanto positivas como negativas para la acuicultura del salmón y la trucha, que es una de las principales industrias del Ártico. La disminución de determinados tipos de vegetación afectaría a los animales que se alimentan de ellos (como los lemmings y los renos). También resultarían afectados los depredadores (como los zorros y las aves rapaces) y las comunidades humanas que dependen de dichos animales. A los ecosistemas de agua dulce, como ríos, lagos y humedales, que albergan una gran variedad de animales, les afectaría el aumento de la temperatura del agua, el deshielo del permafrost y el adelanto del deshielo primaveral.

Influencia en las poblaciones

El aumento de las temperaturas está provocando cambios en la costa ártica y se espera que su influencia sea todavía mayor en el futuro, siendo probable que la subida del nivel del mar provoque inundaciones en las marismas y llanuras costeras, y que acelere la erosión de las playas. Algunas poblaciones e instalaciones industriales están sufriendo ya graves daños a causa de la erosión y se enfrentan a una posible reubicación. Si la superficie de las banquisas del Ártico continúa reduciéndose se ampliará el periodo en el que la navegación es practicable y aumentará la navegabilidad de la cuenca ártica con la probable apertura de nuevas rutas de navegación, facilitando el transporte marítimo y el acceso a los recursos. El deshielo de la capa de permafrost plantea la construcción de nuevas infraestructuras como carreteras, construcciones, oleoductos, gasoductos e instalaciones industriales. Estas nuevas construcciones requerirán unos cimientos más profundos, un mayor aislamiento y otras medidas preventivas que aumentarán los costes de edificación.

Las comunidades indígenas se enfrentan a repercusiones económicas y culturales de gran importancia. Los indígenas encuentran el tiempo más impredecible e inestable y sufren los cambios en la nieve y en las banquisas. Los altos niveles de radiación ultravioleta, debido a la reducción de la capa de ozono, afectarán a personas, plantas y animales. Tanto los factores políticos, legales y socioeconómicos, así como el crecimiento demográfico, el desarrollo urbanístico o los movimientos de autodeterminación, afectarán en gran medida a la capacidad de las poblaciones del Ártico para hacer frente a los impactos del cambio climático.

Cambios en áreas concretas

Dentro de la vasta extensión de la región ártica, se producen variaciones climáticas considerables a nivel subregional. El calentamiento que se ha producido en los últimos tiempos ha sido más drástico en unas regiones que en otras. Además, las características ecológicas y sociales de cada región determinan los impactos que se producirán y el alcance de estos.

La Evaluación del impacto climático en el Ártico (ACIA en sus siglas inglesas) tiene en cuenta una serie de impactos clave:

1. Impacto sobre el medioambiente, como los cambios en los hábitats y en la extensión geográfica de las especies vegetales y animales.
2. Impacto sobre la economía debido al cambio en el acceso a los recursos.
3. Impacto sobre la vida de las personas, por ejemplo el impacto sobre los modos de vida tradicionales o los daños sufridos por las infraestructuras

Conflicto por los recursos naturales: petróleo, gas y diamantes

Las capas de hielo del Ártico han protegido hasta hace poco ingentes reservas de gas y petróleo, pero a medida que el hielo se está derritiendo como consecuencia del alza de las temperaturas globales, un grupo de países ya se está posicionando para reclamar la propiedad de dichos recursos. Rusia ya plantó su bandera en el lecho marino del océano Ártico y ha encontrado respuesta en los gobiernos de Dinamarca y Canadá, que también reclaman su pequeño pedazo de océano. Según *The Guardian*, un informe firmado por cinco antiguos mandos de ejércitos de la OTAN estima que si el Ártico se convierte en una fuente viable de energía, podría surgir un "serio conflicto" entre Noruega y Rusia, arrastrando a Estados Unidos, Canadá y Dinamarca. Para Canadá la apertura del llamado "paso del noroeste", entre el Atlántico y el Pacífico es una gran oportunidad; pero también un posible motivo de conflicto (**Fig.5**). Mientras que los canadienses creen que dicho paso es una extensión de su territorio, otras naciones lo consideran aguas internacionales. Canadá también mantiene una disputa con Dinamarca por la isla Hans, un pequeño islote situado entre la isla de Ellesmere y Groenlandia, región autonómica integrada en la Corona danesa. Y precisamente los daneses han sido los siguientes en "subirse al carro" de la reivindicación territorial. Tanto daneses como rusos pretenden demostrar que la cordillera submarina Lomonosov, que se extiende de Siberia a Groenlandia es una prolongación de su propio territorio. Se cree que dicha cordillera pueda tener importantes reservas de hidrocarburos. En los últimos años, unas 36 empresas petroleras occidentales han abierto oficinas en Moscú y el gobierno de Estados Unidos está negociando con oficiales rusos la apertura de zonas de explotación en el mar de Bering y el mar de Chukchi cerca de la Isla de Wrangel (Funk, 2009).

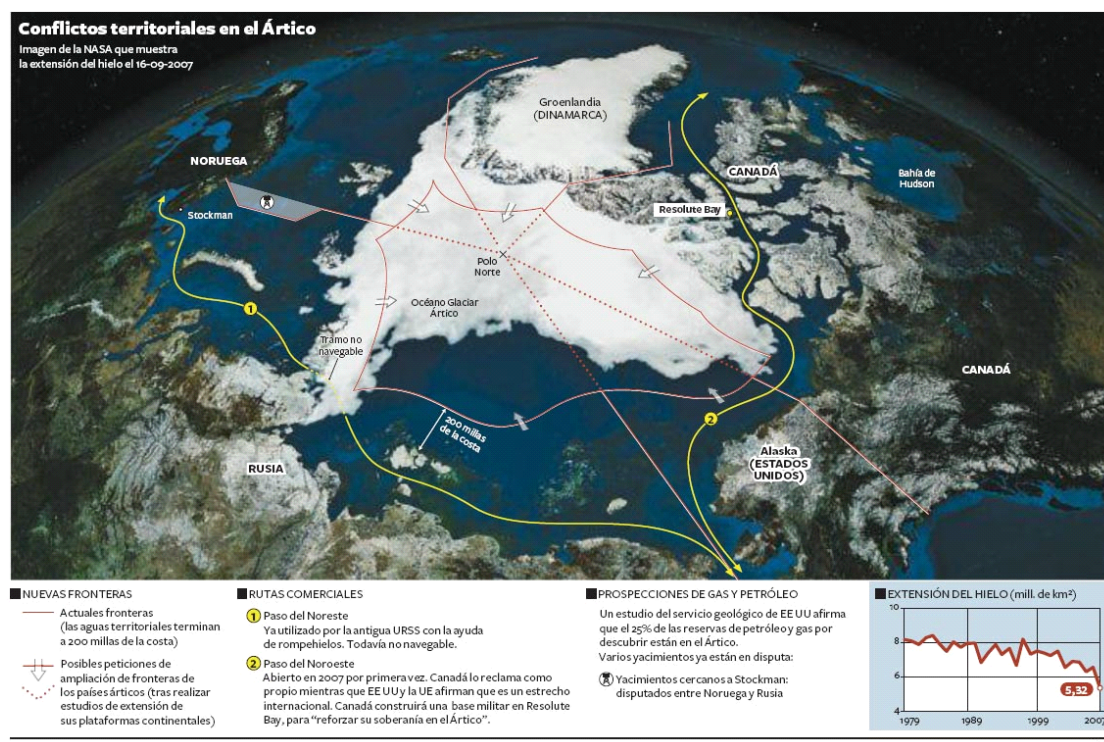


Figura 5. Imagen del mapa de las nuevas rutas comerciales de navegación que proporciona la pérdida de hielo ártico, así como los nuevos yacimientos de gas y petróleo que el deshielo pone a descubierto. (Tomado de <http://www.elpais.com>)

El deshielo ha provocado la fiebre del oro entre los cinco países ribereños del Ártico y las ansias por los supuestos yacimientos de petróleo que esconden sus fondos marinos. Canadá, Estados Unidos, Noruega y Dinamarca han seguido a Rusia en sus ambiciones económicas bajo el océano, que algún día deberá decidir la ONU. Otras naciones, entre ellas España, también han reivindicado ese reparto de los recursos del fondo oceánico frente a sus costas ante futuras explotaciones mineras. Hay científicos que consideran que las aguas del Ártico son Patrimonio de la Humanidad.

Hace 30 años la tundra, los bosques boreales y el litoral siberiano occidental eran prácticamente vírgenes. Tras tres décadas de explotación petrolífera, millones de hectáreas de superficie terrestre, lagos, ríos, y acuíferos subterráneos están altamente contaminados. Durante la década de los ochenta, se vertían anualmente unos 20 millones de barriles de crudo al medio ambiente a causa de accidentes, fugas y roturas de oleoductos.

La mina de diamantes Ekati, en los territorios del noroeste canadiense, es una de las más productivas del país. Entre 1998, que inició operaciones, y 2004, la mina ha producido 26 millones de quilates (unos 5.000 kilogramos), y se espera que tenga beneficios superiores a los 344 millones de euros anuales por

25 años, según los expertos. La apuesta ahora es encontrar minas similares en los territorios sin explorar.

En definitiva el Ártico se está convirtiendo en uno de los territorios más disputados del planeta. El deshielo provocado por el calentamiento global está abriendo nuevas oportunidades a la explotación de hidrocarburos y despejando nuevas vías marítimas, lo que transforma a la región en un codiciado pastel tanto comercial como estratégico (**Fig. 5**).

Efectos de las explotaciones sobre la vida silvestre

El accidente del petrolero Exxon Valdez (1989) puso de manifiesto la peligrosidad y persistencia de los vertidos de crudo en ecosistemas polares. Los mamíferos marinos murieron por hipotermia, enfisemas pulmonares por la inhalación de vapores tóxicos y daños internos por la ingestión de petróleo. De hecho, las poblaciones de lobos, osos polares y osos pardos de las cercanías de la Bahía de Prudhoe han disminuido a causa del desarrollo petrolero. Los mamíferos marinos, al encontrarse en la cima de la cadena trófica, bioacumulan mayor cantidad de sustancias tóxicas procedentes de las explotaciones petrolíferas, tales como hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs) y metales pesados como el cadmio, el mercurio o el plomo. Esta contaminación también afectará a aves, peces, crustáceos, moluscos e, incluso, al zooplancton.

La lenta degradación de los contaminantes del petróleo en los ecosistemas fríos aumentará los efectos tóxicos a largo plazo sobre todo el ecosistema y, en especial, sobre las pequeñas algas que viven entre y bajo los hielos. Asimismo, cuando el crudo se deposita sobre el fondo marino puede cubrir la fauna y flora bentónica, afectando a moluscos, crustáceos, algas, larvas y peces. Todos estos efectos afectan a la base de la cadena alimentaria del Ártico.

Tras el deshielo, muchos bloques de hielo viajan miles de kilómetros por el mar, pudiendo transportar con ellos restos de vertidos y mareas negras que terminarán contaminando las zonas donde deriven. La turbidez, o incluso opacidad, que los vertidos de petróleo provocan sobre la superficie marina y los hielos disminuyen la capacidad fotosintética de las algas, reduciendo la producción primaria del mar.

Las especies árticas de peces son más vulnerables que las de otras regiones ya que viven en un ecosistema más frío y, normalmente, de aguas someras, características que incrementan la acumulación y persistencia de los hidrocarburos aromáticos y otros contaminantes.

La minería para la obtención de grava y arena y las excavaciones para los oleoductos destruyen los hábitats bentónicos y la estructura submarina de los hielos perennes. La construcción de carreteras, oleoductos, pozos, plantas de



procesamiento y demás infraestructura asociada a las explotaciones petrolíferas destruyen los hábitats y zonas de alimentación y cría de cientos de animales.

Las vías para acceder a las plataformas petrolíferas situadas en el litoral o el mar destruyen los hábitats críticos para los peces anádromos. Estas estructuras desvían el agua dulce, retrasan la ruptura de los hielos y traen aguas más frías cerca del litoral alterando los estuarios. Además, la fragmentación de los hábitats y la alteración de los movimientos migratorios reducen la capacidad reproductiva, la tasa de crecimiento y las posibilidades de supervivencia de las diferentes especies afectadas.

Los caribúes del rebaño central ártico han visto alterada su migración a causa de las instalaciones petrolíferas de la Bahía de Prudhoe. Desde 1989 la tasa reproductiva de este rebaño ha disminuido y sus hembras, durante el otoño, presentan menor reserva de grasas que las de otros rebaños. Este rebaño además de haberse visto obligado a cambiar sus zonas de reproducción, presenta muestras claras de estrés, como pérdida de peso corporal y disminución de tuétano en los huesos, a causa de la necesidad de recorrer mayores distancias en búsqueda de alimento.

La toma de agua marina para mejorar la extracción de petróleo arrincona a los peces en la costa provocando la muerte de cientos de miles de ejemplares. Incluso con la instalación de sistemas de "by-pass", como el utilizado en la toma de la Bahía de Prudhoe para permitir el escape de los peces de mayor tamaño, se estima que cada año han muerto unas 600.000 larvas de peces.

Las operaciones sísmicas, de extracción de crudo, perforaciones, utilización de rompehielos, aviones, barcos de apoyo, etc., pueden impactar negativamente sobre las poblaciones de focas, morsas, ballenas y peces, provocando el abandono de las zonas de cría y reposo. Aquellas especies que basan su alimentación, organización social, orientación, etc., en sistemas acústicos de comunicación, como ocurre con muchos cetáceos, pueden verse especialmente afectados por el incremento de ruidos en el ecosistema marino.

Conclusiones

El cambio climático supone un reto creciente y de primer orden para el Ártico y para todo el mundo. Las repercusiones serán de especial importancia para las futuras generaciones, que tendrán que afrontar las consecuencias de las acciones del presente. Los cambios medioambientales resultantes plantearán tanto riesgos como oportunidades en todo el Ártico. Por ejemplo, la importante disminución estival de las banquisas compromete el futuro de varias especies que dependen del hielo. Por otro lado, permitirá un mejor acceso marítimo a determinados recursos y a los centros de población. Los escenarios asumen que los cambios se producirán de forma gradual. Sin embargo, la complejidad del



sistema climático del planeta podría dar lugar a acontecimientos inesperados si el clima evoluciona de otra manera. Las corrientes oceánicas podrían sufrir cambios importantes en el Atlántico Norte con amplias repercusiones para el clima. Ya han empezado a notarse claramente en el Ártico los impactos de un clima cambiante, sirviendo para que el resto del mundo comprenda su importancia. Los cambios se extenderán más allá del Ártico y afectarán al clima mundial, el nivel del mar, la biodiversidad y otros muchos aspectos de los diferentes sistemas socioeconómicos. Por esta razón, el cambio climático en el Ártico requiere la atención inmediata de los dirigentes políticos y de la población mundial.

Bibliografía

- Funk, M. (2009) Litigio Ártico. Revista National Geographic en Español. Pag. 40-57.
- <http://www.acia.uaf.edu/>
- <http://www.elpais.com/articulo/portada/cambio/climatico>
- <http://ipsnoticias.net/nota.asp?idnews=90874>
- <http://www.publico.es/internacional/058235/cambio/climatico>
- <http://www.elmundo.es/elmundo/2008/05/28/ciencia/1212007768.html>
- <http://www.amap.no/acia/index.html>
- <http://arctic.atmos.uiuc.edu>
- <http://www.cambioclimatico.com>
- RBB, WDR, ARTE (productora).(2008). Deshielo en el Ártico. Capítulo 01. El desarrollo del mar de Barents [Video]. Alemania.
- RBB, WDR, ARTE (productora) (2008). Deshielo en el Ártico. Capítulo 02. La pesca en el mar de Bering.[Video]. Alemania.

Un nuevo conflicto: el oscurecimiento global

Mariña Fernández Fernández¹. Licenciada en CC. Ambientales
Alumna del Máster Oficial en Riesgos Naturales (Curso 2008-2009)

mfern03@estudiantes.unileon.es

El mundo de la ciencia es una esfera de continuo cambio en el que las respuestas a ciertas cuestiones provocan nuevas preguntas sobre acontecimientos recién descubiertos. Cuando parecía que los científicos empezaban a ponerse de acuerdo en las teorías acerca del cambio global que sufre la Tierra, sobre lo que es el calentamiento global y lo que lo provoca, surge un nuevo término, un nuevo impacto del hombre y nuevos interrogantes sobre el futuro del planeta: el oscurecimiento global.

En este artículo se hace un breve análisis sobre las investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Cambio Global relacionadas con el oscurecimiento global: evidencias y efectos que lo determinan.

Palabras Clave: Cambio Climático, Calentamiento Global, Contaminación Visible, proyecto INDOEX

Introducción

El cambio del clima, tal como se entiende en relación con las observaciones efectuadas, se debe a cambios internos del sistema climático y de la interacción entre sus componentes y/o a cambios del forzamiento externo debidos a causas naturales o a actividades humanas. En general, no es posible determinar claramente en qué medida influye cada una de estas causas. En las proyecciones de cambio climático del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se suele tener en cuenta únicamente la influencia ejercida sobre el clima por los aumentos antropógenos de los gases de efecto invernadero y por otros factores relacionados con los seres humanos.

El calentamiento acelerado que sufre la superficie de la Tierra (calentamiento global) deriva del aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y los océanos provocado por un efecto invernadero intensificado por las actividades humanas unido a los cambios de usos de suelo, contaminación por nitratos... El efecto neto consiste en que parte de la energía absorbida resulta atrapada localmente, y la superficie del planeta tiende a calentarse (IPCC).

El oscurecimiento global vendría a ser, de manera simplista, justo lo contrario, aunque esta contrariedad tiene muchos matices (**Fig. 1**). Oscurecimiento global es un término que se refiere a la reducción de la radiación solar que llega a la superficie terrestre debido a un aumento del

albedo procedente de nubes bajas que crea un efecto de enfriamiento de la superficie.

Se piensa que ha sido provocado por un incremento de partículas en suspensión en la atmósfera, como el negro de carbón (carbonilla) o compuestos de azufre, debido a las actividades humanas (principalmente la combustión de combustibles fósiles, tanto industrial como en el transporte). El oscurecimiento global ha podido llevar a los científicos a subestimar los efectos de los gases de efecto invernadero enmascarando parcialmente el calentamiento global. El efecto varía con la localización, pero globalmente la reducción ha sido del orden de un 4% en tres décadas (1970-1990) (Stanhill et al., 2001 y 2004). La tendencia se ha revertido durante la década de los 90 debido a las medidas de reducción de contaminantes visibles.

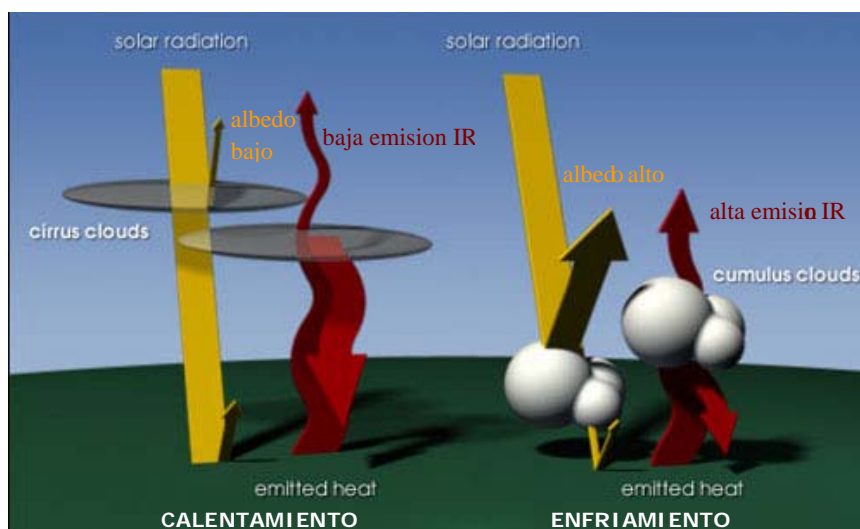


Figura 1: Comparación de cómo las nubes reflejan la energía del Sol y bloquean las emisiones de las superficies cuando se da calentamiento (nubes altas) o enfriamiento/oscurecimiento global (nubes bajas). (Modificado de *NASA*).

Evidencias del oscurecimiento global

El oscurecimiento global ha sido estudiado desde tres líneas diferentes:

Disminución de la radiación solar que alcanza la superficie terrestre

Los primeros trabajos publicados parecen ser los de Atsumu Ohmura, a mediados de los 80, un geógrafo que investigaba en el Instituto Federal Suizo de Tecnología. Ohmura descubrió que la radiación solar que alcanzaba la superficie terrestre había descendido en más del 10% si se comparaba con las tres décadas anteriores (Ohmura et al., 1989).

Por otra parte, Gerald Stanhill, mientras trabajaba midiendo la intensidad con la que incidían los rayos de sol para un proyecto de sistemas de riego en Israel observó que, entre 1950 y 1980, había ocurrido una reducción severa de luz solar de un 22% en Israel (Stanhill et al., 1996). Stanhill acuñó el término de oscurecimiento global o Global Dimming.

En otro punto del planeta, Beate Liepert llegó a la misma conclusión en los Alpes Bábáros (Liepert, 2002).

De este modo, trabajando independientemente, se encontraron los mismos resultados en distintos lugares del mundo: entre 1950 y 1990, el nivel de energía solar que alcanzaba la superficie de la Tierra había disminuido un 9% en la Antártida, 10% en Estados Unidos, casi un 30% en Rusia y un 16% en Gran Bretaña (Liepert et al., 1997; Stanhill et al., 2004).

Las mayores cifras de reducción se encontraron en latitudes medias del Hemisferio Norte, siendo las regiones del espectro visible e infrarrojo las más afectadas (Adam, 2003).

Disminución de la tasa de evaporación en bandeja o tanque

Una línea diferente de investigación, muy útil a la hora de contrastar los resultados, fue la del estudio de la tasa de evaporación en bandeja (medidas de la evaporación diaria producida en una lámina de agua de un grosor determinado).

A lo largo de aproximadamente los últimos 50 años se han recopilado cuidadosamente los registros de evaporimetría.

Considerando que la temperatura global aumenta, lo que se esperaría es que el aire fuera más seco y que la evaporación de los cuerpos terrestres aumentase. En la década de los 90 los científicos advirtieron que, paradójicamente, las observaciones de los últimos 50 años muestran lo contrario. Roderick y Farquhar, con sus investigaciones de la evaporación en bandeja, llegaron al resultado de que la evaporación había decrecido en los últimos 50 años (Roderick y Farquhar, 2002 y 2004).

El decaimiento global en la tasa de evaporación de bandeja indica un cambio importante en el ciclo global del agua que puede derivar en grandes impactos ambientales y socioeconómicos; por ejemplo, se cree que ha podido provocar sequías en algunas zonas (Ramanathan, 2001; Stanhill et al., 2001).

Estelas de condensación procedentes de aviones

Algunos climatólogos, como David Travis, han expuesto la teoría de que las estelas de los aviones podrían estar implicadas en el oscurecimiento global (**Fig. 2**).

Durante los tres días siguientes al 11 de septiembre de 2001 el flujo de tráfico aéreo comercial fue interrumpido, lo que proporcionó la oportunidad de observar el clima de Estados Unidos en ausencia del presumible efecto de las estelas y coincidentemente en condiciones de estabilidad atmosférica (situación excepcional para tomar medidas).

Los resultados obtenidos fueron en cierto modo alarmantes. La temperatura (en términos de oscilación térmica) aumentó 1°C en tres días, lo que indicaba que la presencia de las estelas de los aviones podría estar aumentando habitualmente las temperaturas nocturnas y/o disminuyendo las diurnas en cantidades mayores de lo que previamente se pensaba (Travis, 2002).



Figura 2. Estelas de condensación de aviones fotografiado por la NASA.

Durante un tiempo la comunidad científica se manifestó escéptica con esta teoría ya que parecía contradecir la teoría del calentamiento global en la que tanto dinero se ha invertido a nivel mundial. Si provenía menos energía del Sol, entonces el planeta debería estar enfriándose cuando en realidad la Tierra se estaba calentando.

No ocurría ningún problema con el Sol, por lo que el problema tenía que derivar de algo que ocurría en la Tierra (prácticamente todas las actividades que llevamos a cabo para producir energía contaminan).

Durante la estación seca del monzón, entre enero y marzo de 1999, se llevó a cabo el proyecto INDOEX (The Indian Ocean Experiment). Éste fue un proyecto internacional cuyo objetivo era obtener medidas del transporte de la contaminación del sur al sureste de Asia a través del océano Índico, para caracterizar la composición química de la atmósfera y averiguar si la contaminación visible (producida por la quema de combustible) podría ser la causante del oscurecimiento global. Se tomaron medidas durante cuatro años para monitorizar la atmósfera y evaluar la importancia de los aerosoles en este contexto.

Para ello, las Maldivas eran el lugar perfecto ya que presentan al norte una línea de islas bajo el efecto del aire sucio (neblina marrón) procedente de la

India, mientras que las islas del sur disfrutaban del aire limpio procedente de la Antártida. El profesor Ramanathan (Universidad de California), por comparación de estos ambientes, fue capaz de observar el efecto que provocaba la contaminación en la atmósfera y la luz del sol.

Sorprendentemente, los niveles más altos de contaminación fueron observados sobre el norte del océano Índico hacia la zona de convergencia intertropical (VV.AA., 1996)

El proyecto INDOEX mostró que las partículas de contaminación (alquitrán, dióxido de azufre...) además de poder desplazarse a través de continentes, bloqueaban la energía del sol y por otro lado convertían a las nubes en espejos gigantes que reflejaban los rayos solares hacia el espacio, impidiendo que llegaran a la superficie terrestre. La caída en la luz solar de un 10% indicaba que las partículas contaminantes estaban teniendo un mayor efecto de lo que cualquiera imaginaba.

La Red de Radiación a nivel de superficie (Baseline Surface Radiation Network BSRN) operando desde principios de los 90, comenzó una investigación mediante un sondeo de mediciones y cálculos conducidos por el Programa de Mediciones de la Radiación Atmosférica que ha sido crucial, ya que revela que la superficie del planeta ha aumentado su luminosidad en un 4% durante la pasada década. Esta tendencia a aumentar la luminosidad ha sido corroborada por otros datos, incluyendo análisis de información tomada por satélites. Eso viene a demostrar que la contaminación de las partículas suspendidas en las nubes hacen que éstas reflejen mucha más luz solar que las nubes limpias devolviéndola al espacio, aumentando el brillo planetario (Ohmura et al., 1998).

Existe en este punto una gran controversia y dos efectos (calentamiento y oscurecimiento) que compiten entre sí.

Por un lado, la contaminación visible ha estado durante años parando el efecto del calentamiento global. Esto implica que el calentamiento global es más potente de lo que se predice. Podríamos pensar que si esta contaminación se mantuviera tendríamos el calentamiento global controlado, pero entonces el oscurecimiento global podría cambiar patrones climáticos como los Monzones, la distribución de la lluvia y por tanto los efectos en plantas y animales (Roderick et al., 2001).

En el otro extremo tenemos la reducción de las partículas contaminantes. Esto es lo que ha venido ocurriendo en los últimos años en la Unión Europea con la entrada en vigor de políticas para reducir los aerosoles emitidos a la atmósfera (sulfatos, cenizas...) (**Fig. 3**). El problema de esto es que sólo eliminamos el efecto del oscurecimiento global sin apenas actuar sobre los gases del efecto invernadero que provocan el calentamiento, cuyo efecto se magnifica

al eliminar el oscurecimiento, de ahí las recientes olas de calor producidas en Europa en los últimos años.

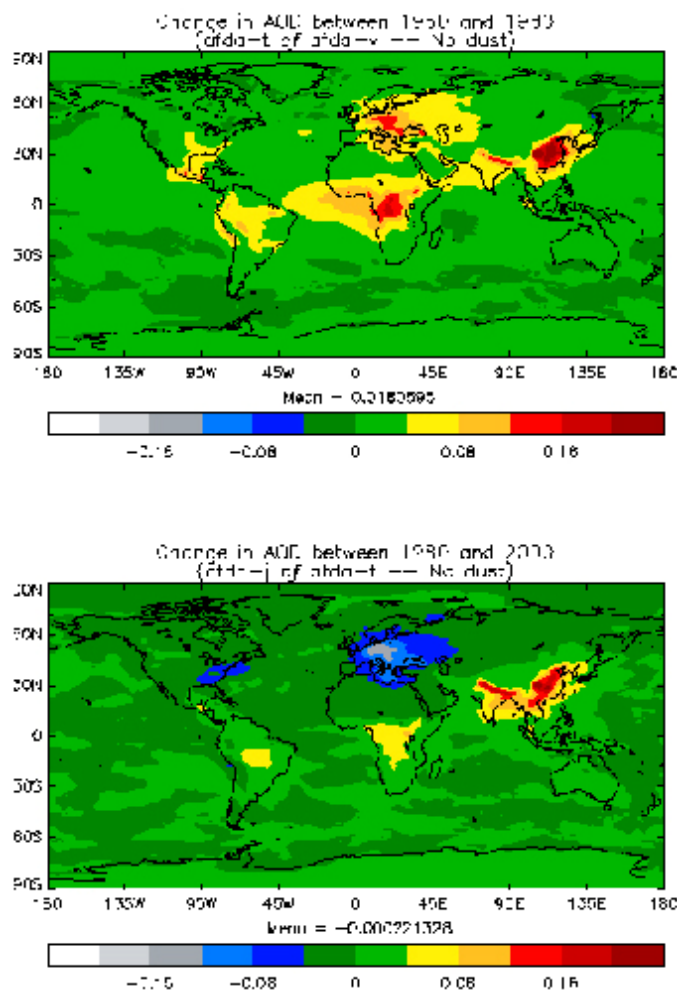


Figura 3. Cambios en la cantidad de aerosoles emitidos a la atmósfera entre 1950 y 1980 (arriba), y entre 1980 y 2000 (abajo). (Amarillo y rojo=aumento; azul=disminución). *Met Office*.

Efectos del oscurecimiento global

Algunos científicos consideran ahora que los efectos del oscurecimiento global han enmascarado el efecto del calentamiento global, y que solucionar el oscurecimiento global podría por lo mismo tener un impacto significativo e imprevisible en las temperaturas a nivel del mar.

Una hipótesis adicional sería la de que un aumento de la temperatura podría provocar un escape rápido e irreversible de los enormes depósitos de hidratos de metano que actualmente se encuentran atrapados bajo el piso oceánico, liberando gas metano, uno de los más poderosos gases de efecto invernadero (IPCC).

El fenómeno que subyace al oscurecimiento global además de efectos globales también tiene efectos regionales.

Las cenizas volcánicas transportadas por el aire pueden reflejar los rayos del sol de retorno hacia el espacio y enfriar el planeta.

La existencia de partículas contaminantes en el aire provoca problemas a la salud de las personas (aparato respiratorio) (Ramanathan, 2006).

La contaminación de origen humano puede estar debilitando seriamente el ciclo del agua de la tierra, reduciendo la lluvia (menos evaporación=menor formación de nubes precipitantes) y amenazando las provisiones de agua dulce (Ramanathan, 2001).

Los cambios a gran escala en los patrones del tiempo meteorológico también podrían estar provocados por el oscurecimiento global. Los modelos climáticos sugieren especulativamente que esta reducción en la luz solar que alcanza la superficie pudo haber conducido a la ausencia del monzón en el África sub-sahariana durante las décadas de los 70 y 80, junto con las hambrunas asociadas, como la sequía del Sahel, provocadas porque la contaminación del hemisferio norte enfriaba el Atlántico (Rotstayn et al., 2002). Por esto, el Cinturón de lluvias tropicales pudo no haber ascendido hacia latitudes más al norte, provocando de este modo la ausencia de lluvias estacionales (al haber menos radiación solar, hay menos evaporación del agua y menos formación de nubes y por consiguiente menos precipitación). Esta afirmación no está universalmente aceptada y es muy difícil de probar, sin embargo es apoyada por diversos trabajos en los que el oscurecimiento se considera un factor de cambio en los patrones de evaporación y precipitación y por tanto un factor de impacto para la agricultura (Ramanathan, 2006). No obstante, de ser cierta, países dependientes de los monzones (básicamente tropicales) estarían en riesgo, lo que implica un número considerable de personas que se verían afectadas, empezando por China.

Por otro lado, se ha identificado una forma natural de oscurecimiento ambiental a gran escala que afectó en 2006 a la estación de huracanes del hemisferio norte. Un estudio de la NASA encontró que algunas tormentas de polvo importantes que tuvieron lugar en el desierto del Sahara entre junio y julio enviaron polvo a la deriva sobre el Océano Atlántico y a través de varios efectos provocaron el enfriamiento de las aguas, amortiguando así el desarrollo de huracanes (Bettwy, 2007).

¿Existe solución o la solución es un nuevo efecto?

El mundo se enfrenta a un problema con dos vertientes que incluyen el desasosiego de la comunidad científica. El dilema está servido.



Actuar sobre la fuente del oscurecimiento global (contaminación visible) mejora la calidad del aire (beneficioso para la salud pública) y previene de posibles futuros problemas (como la sequía).

Sin embargo, si al mismo tiempo no se actúa sobre la fuente del calentamiento global (GEI o gases de efecto invernadero), entonces las medidas correctoras se convierten en efectos que multiplican los impactos del cambio global (veranos más calurosos con muertes como el de 2003 en Europa, aumento de incendios forestales, sequías...).

La naturaleza y los riesgos naturales no entienden de barreras. La contaminación de los países más desarrollados afecta a países que no saben lo que es contaminar, y es por ello que todos somos, tanto a nivel poblacional como individual, responsables de este desastre que estamos permitiendo.

La solución como individuos está en cambiar nuestros hábitos energéticos hacia un modo de vida más sostenible (transformar la demanda energética) que a su vez sea apoyado desde los gobiernos de los países desarrollados que son los que más responsabilidad tienen sobre este problema. Que nuestra memoria genética recuerde el trato que nuestros antepasados hicieron con la Tierra cuando aún se beneficiaban de ella contribuyendo a ella.

Bibliografía

- Adam, D. 2003. *Goodbye Sunshine*. The Guardian (18/12/2003).
- Bettwy, M. 2007. *Did Dust Bust the 2006 Hurricane Season Forecasts?*
Disponible en www.nasa.gov.
- Liepert, B.G. & Kukla, G.J. 1997. Decline in Global Solar Radiation with Increased Horizontal Visibility in Germany between 1964 and 1990. *Journal Of Climate* 10: 2391-2401.
- Liepert, B.G. 2002 Observed reductions of surface solar radiation at Sites in the United States and worldwide from 1961 to 1990. *Geophysical Research Letters* 29: 1421
- Met Office (Meteorological Office). Servicio Meteorológico Nacional del Reino Unido. Disponible en www.metoffice.gov.uk/.
- Ohmura, A. & Lang, H. 1989. *Secular variation of global radiation in Europe*. Currente Problems in Atmospheric Radiation. Deepak Publ. Hampton.
- Ohmura, A., Dutton, E.G., Forgan, B., Froehlich, C., Gilgen, H., Hegner, H., Heimo, A., Koenig-Langlo, G., McArthur, B., Mueller, G., Philipona, R., Pinker, R., Whitlock, C., Dehne, K. & Wild, M. 1998. *Baseline surface radiation network (BSRN/WCRP): New precision radiometry for climate research*. *Bull. American Meteorology Society* 79:2115–2136.



- Ramanathan, V. 2006. *Atmospheric Brown Clouds: Health, Climate and Agriculture Impacts*. Pontifical Academy of Sciences Scripta. Vol. 106. Interactions Between Global Change and Human Health. Págs: 47-60.
- Ramanathan, V., Crutzen, J.P, Kiehl, J.T & Rosenfeld, D. 2001. *Aerosols, Climate, and the Hydrological Cycle*. Science Vol 294. Pp.2119-2124.
- Roderick, M.L. & Farquhar, G.D. 2002. *The Cause of Decreased Pan Evaporation over the Past 50 Years*. Science. vol. 298. Págs: 1410-1411. Disponible en www.sciencemag.org.
- Roderick, M.L. & Farquhar, G.D. 2004. *Changes In Australian Pan Evaporation From 1970 To 2002*. Journal Of Climatology. vol. 24 págs: 1077-1090.
- Roderick, M.L., Farquhar, D., Berry, S.L. & Noble, I.R. 2001. *On the direct effect of clouds and atmospheric particles on the productivity and structure of vegetation* Oecologia. Vol.129. Págs.:21–30.
- Rotstayn, L.D. & Lohmann, U. 2002. *Tropical Rainfall Trends and the Indirect Aerosol Effect*. Journal of Climate. Vol.15. Pp. 2103–2116.
- Stanhill, G. & Cohen, S. 2001. *Global dimming: a review of the evidence for a widespread and significant reduction in global radiation with discussion of its probable causes and possible agricultural consequences*. Agricultural and Forest Meteorology. Vol. 107. págs: 255-278.
- Stanhill, G. & Cohen, S., 1996. *Contemporary Climate Change in the Jordan Valley*. Journal of applied Meteorology. Vol. 35. págs: 1051-1058.
- Stanhill, G., Cohen, S. & Liepert, B. 2004. *Global Dimming comes of Age*. Eos. Vol.85, No.38. Págs: 362.
- Travis, D. J., Andrew M. & Carleton Ryan G. 2002. *Contrails reduce daily temperature range*. Nature. Vol. 418. Págs: 601. Disponible en www.nature.com.
- VV.AA., 1996. *The Indian Ocean Experiment (INDOEX)*. Universidad de California, San Diego. Publicación 162. Disponibe en www.indoex.ucsd.edu.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). Disponible en www.IPCC.
- NASA (Nacional Aeronautics and Space Administration) Agencia Estadounidense del Espacio y la Aeronáutica. Disponible en www.nasa.gov.

Consultas de Interés: Documental de la BBC, TV Horizon. *Global Dimming*

SIGUIENDO LA PISTA

Análisis del control de emisiones de vehículos en la Provincia de León

Eduardo Fernández Fernández

Ingeniero Técnico Industrial, Master en Valoración Ambiental de Riesgos Naturales de la Facultad de CC. Biológicas y Ambientales. Universidad de León.

efernandez@itevelesa.com

Este trabajo ha sido presentado como práctico del Master de Riesgos Naturales de la Universidad de León bajo la tutoría del doctor D. José Luis Sánchez Gómez, Catedrático de Física de la Universidad de León. En él se muestra la evolución de las emisiones de los vehículos a la atmósfera, constatándose un aumento en la producción de CO₂, así como una disminución de la cantidad de hidrocarburos no quemados (HC), al igual que el monóxido de carbono.

Introducción

El Cambio Climático es una realidad que ya afecta a ecosistemas, sociedad, economía y salud. No existen fronteras, por lo que los problemas y las posibles soluciones a aplicar son globales. La forma de vida tal como se conoce hoy día se va a ver afectada sin tener en cuenta países ricos o pobres, vulnerabilidad ante el mismo o influencia en su origen. Compatibilizar desarrollo con reducción de emisiones es un reto que tiene que ser asumido por todos. Entre los principales factores causantes del cambio climático se citan los gases de efecto invernadero (GEI). Las fuentes de los gases de efecto invernadero son múltiples: quema de combustibles para generación de electricidad, transporte, procesos industriales, agricultura, turismo, vivienda... Esto significa que todos estamos contribuyendo a este fenómeno en mayor o menor medida, siendo necesaria una colaboración transfronteriza para mitigar las causas que lo originan y sus consecuencias.

En este sentido en el trabajo que presentamos se analiza la posible influencia de la ITV (Inspección Técnica de Vehículos) en la reducción de las emisiones de gases a la atmósfera, centrándonos en tres gases emitidos por vehículos de gasolina: el dióxido de carbono (CO₂) responsable en gran medida del efecto invernadero, monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no quemados (HC), y en los valores de opacidad (valor K) de los vehículos diesel.

Con carácter general, en el tráfico rodado, se distingue entre contaminantes primarios y contaminantes secundarios:



- 1. Contaminantes primarios:** Son aquéllos emitidos directamente por una fuente identificable. Están contenidos en los gases de escape de los vehículos.
- 2. Contaminantes secundarios:** Son los que aparecen en la atmósfera después de un cierto tiempo. Normalmente se generan por reacción química a partir de los contaminantes primarios, y su aparición se ve favorecida por un agente externo que actúa de catalizador.

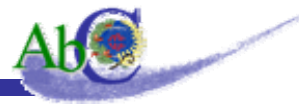
En concreto, de entre todos los contaminantes emitidos por los vehículos, destacan los siguientes (**Tabla 1**):

Contaminante	Descripción
NO _x (NO y NO ₂)	Óxidos de nitrógeno expresados en masa de NO ₂
N ₂ O	Óxido nitroso
SO _x (SO y SO ₂)	Óxidos de azufre expresados en masa de SO ₂
CH ₄	Metano
COVNM	Compuestos orgánicos volátiles, excepto el metano (COV-CH ₄)
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
NH ₃	Amoniaco
PM	Partículas

Tabla 1. Principales contaminantes emitidos por los vehículos.

También se pueden distinguir entre emisiones en caliente, partidas en frío y evaporativas.

A) El proceso de combustión normal (en caliente): la combustión de la gasolina, el gas o el gasoil de los vehículos se produce dentro de los cilindros del motor según diferentes sistemas de encendido. Los más habituales son la combustión instantánea (por chispa) o la combustión gradual (por compresión). En uno y otro caso el resultado es la quema del combustible. En la combustión teórica (Horowitz, 1982) se produce la conversión completa de los hidrocarburos a CO₂ y agua. En la realidad también el nitrógeno atmosférico y los demás componentes del combustible, como el azufre, son oxidados. El carbono quemado de forma incompleta se transforma en CO. Por otra parte, existe una cierta cantidad de los hidrocarburos que no es quemada por falta de temperatura adecuada, principalmente en las paredes de la cámara de combustión. Tendremos por tanto una emisión de gases cuya cantidad y



proporción varían dependiendo de factores diversos: del tipo de combustible, de la proporción de mezcla de éste, de la temperatura del motor, etc.

B) Las emisiones del arranque en frío: cuando un vehículo ha estado detenido durante varias horas, la temperatura ambiente condiciona la rapidez con la que su motor alcanza una temperatura estable. Esto se traduce en que el automóvil recorrerá unos cientos de metros hasta alcanzarla. Esa longitud puede expresarse como una fracción de la longitud total recorrida, a igual temperatura exterior, por lo que a menudo se habla de porcentaje o **fracción de recorrido en frío**. Para Bendtsen y Thorsen (1995) la circulación en frío, para un vehículo de gasolina, es la que tiene lugar en los 2,5 minutos siguientes al arranque, después de haber dejado el vehículo al menos 2 horas con el motor parado. Si la temperatura varía sensiblemente, también lo hace el periodo de arranque en frío. Cuando el motor está frío el combustible no se vaporiza bien y la influencia de la temperatura de las paredes del cilindro es grande. De esta manera son especialmente el CO y los hidrocarburos no quemados los que son expulsados por el tubo de escape. Estas emisiones tienen lugar en todos los modos o situaciones de conducción, y en todo tipo de vehículos, independientemente de su edad; en los que disponen de sistemas catalizadores este fenómeno es el responsable de prácticamente la totalidad de la contaminación generada, ya que el catalizador no es operativo hasta que se alcanza una cierta temperatura. Las investigaciones que se encaminan a la reducción de emisiones en vehículos con catalizador centran la atención en este periodo de circulación en frío (Samaras, 1999). El cálculo de las emisiones en frío es una tarea en la que existe bastante imprecisión, debido a la gran cantidad de datos que se desconocen. Existen dos tipos de circulación en frío (Bendtsen y Thorsen, 1995), aunque en la práctica no se suelen distinguir:

1- el arranque en frío en el que el motor y el catalizador están parados y fríos, a la temperatura ambiente; esto suele suceder 8 h después de detener el vehículo.

2- un arranque medio-frío en el que el motor y el catalizador están a unos 20°C. El tiempo medio que se considera para este caso es de 2 h.

C) Emisiones evaporativas: las emisiones contaminantes a la atmósfera por la evaporación de los componentes volátiles del combustible (hidrocarburos) se producen desde los componentes por los que pasa aquél, fundamentalmente desde el cárter, el carburador y el depósito del combustible. La evaporación se produce principalmente cuando el vehículo no está en funcionamiento, pero el motor aún está caliente, por lo que las emisiones dependen tanto del periodo de circulación en frío propiamente dicho, como del periodo de enfriamiento del vehículo estacionado (cool-down). Éste es mucho

más difícil de conocer, aunque puede estimarse de forma aproximada: toda la noche, si se coge para ir al trabajo; 7-8 horas de día si se toma para volver del trabajo; etc. (Harrowitz, 1982).

Algunas de estas emisiones presentan efectos globales como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, que permanecen en la atmósfera por mucho tiempo, y otros contaminantes presentan efectos locales y que permanecen por horas o meses como máximo en la atmósfera. Entre estos últimos, es posible mencionar monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, etc. (Lenz 1999, Pearson 2001). Por tanto en el análisis de la emisión de contaminantes deben considerarse dos posibles regímenes de funcionamiento del motor: en frío y en caliente; y también deben considerarse las emisiones por evaporación del combustible que dependen fundamentalmente de las características técnicas del motor, de las gasolinas y la temperatura ambiente.

Si contemplamos el tipo de emisiones que se producen en España, comprobamos que tiene el perfil emisor típico de un país industrializado, donde dominan las emisiones procedentes del manejo de la energía, industria (en parte energía) y el transporte (también energía) en cuanto a sectores (**Fig. 1**), y el CO₂ en cuanto a gases.

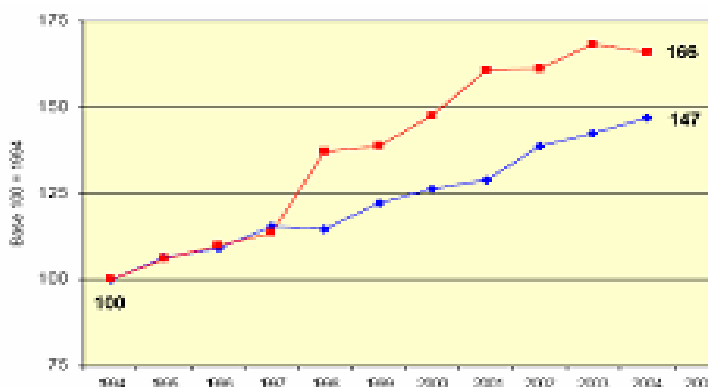


Figura 1. Emisiones GEI (Gases de Efecto Invernadero) procedentes del transporte por carretera (1994-2004). ◆: Viajeros por carretera; ■: Mercancías por carretera. Fuente: elaboración a partir del Banco Público de Indicadores de medio Ambiente.

Las emisiones en España muestran una tendencia de crecimiento significativo desde el año 1990 (**Fig. 2**), con ligeros descensos puntuales para algunos años como el 1993 y 1996.

Esto ha llevado a unas emisiones totales en CO₂ equivalente de 440,7 Mt en 2005, frente a las 289,6 Mt de 1990 (un incremento del 52%).

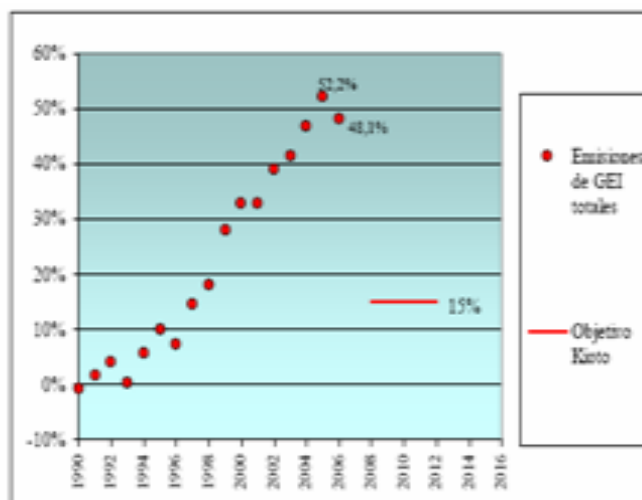


Figura 2. Evolución de emisiones de GEI en España desde 1990.

De todos los factores generadores de contaminación ambiental, el que más aumenta en España y en la Unión Europea es el transporte por carretera, pese a los avances introducidos para conseguir una combustión menos contaminante (en especial, los catalizadores). En España las emisiones procedentes del transporte representaban menos del 30% en 2005 pero se estima que llegarán al 40% en 2010. Además de influir en el calentamiento del planeta, el transporte basado en el consumo de petróleo es una de las principales causas de otras formas de contaminación ambiental como la acidificación del medio, la concentración de partículas en el aire y la formación de ozono en la troposfera por la emisión de gases precursores del ozono (ej. CO).

El objetivo principal del presente estudio es analizar y constatar la evolución de las emisiones de los vehículos a la atmósfera, comprobando la influencia de los medios de control en cuanto a inspección de los vehículos.

Materiales y Métodos

Las medidas han sido tomadas en estaciones de la provincia de León ubicadas geográficamente en las localidades de Ponferrada, Astorga, Villablino, Cistierna, Onzonilla (**Fig. 3**) y Cembranos. Estas mediciones se realizan en el interior de módulos acondicionados específicamente, que reúnen unas condiciones termohigrométricas en función de las características técnicas de los equipos usados para el control de los vehículos (Norma UNE 82501).



Figura 3. Estación de ITV de Onzonilla.

Para el presente estudio se han tomado datos en ensayos realizados a 3149 vehículos con motor diesel de los que se ha obtenido la opacidad (coeficiente de absorción “K”), 2325 vehículos con motor de gasolina para la obtención de datos sobre monóxido de carbono, y 1177 vehículos también con motor de gasolina de los que se ha obtenido los datos de dióxido de carbono e hidrocarburos sin quemar.

La medida del CO, el coeficiente de absorción “K”, el HC y CO₂ se ha realizado utilizando la metodología existente en el Manual de Procedimiento de Inspección de vehículos aprobada por el Ministerio de industria y energía. En la **Fig. 4** se muestra uno de los analizadores de gases utilizados en el estudio.



Figura 4. Analizador de gases.

Resultados y Discusión

Parque Automovilístico

Respecto del total de turismos matriculados en la provincia de León desde el año 1985 hasta el año 2005 se observa el aumento de las matriculaciones de vehículos diesel siguiendo la tendencia de CyL (**Fig. 5**).

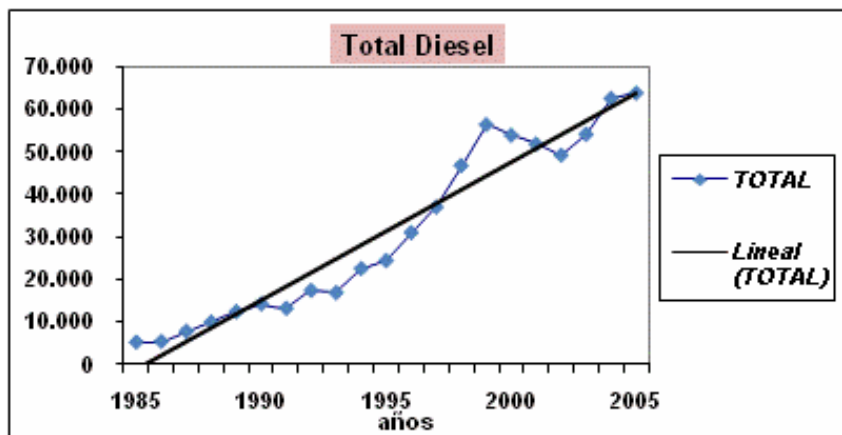


Figura 5. Número de vehículos diesel matriculados en Castilla y León desde 1985 hasta 2005.

En el caso de los vehículos matriculados con gasolina se observa un aumento, pero no tan pronunciado como en los vehículos diesel (**Fig. 6**).

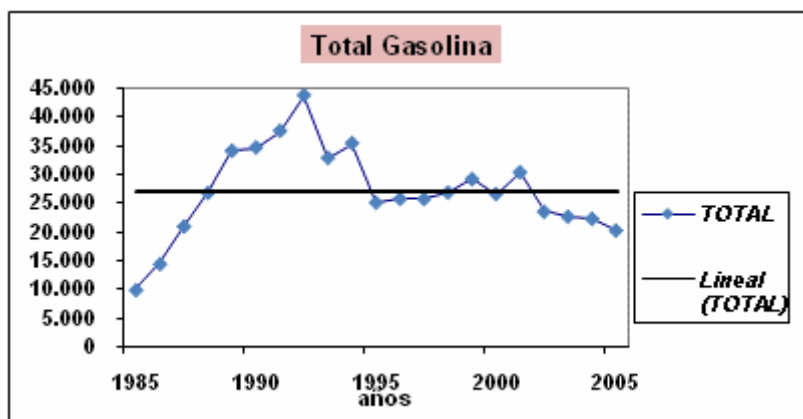


Figura 6. Número de vehículos gasolina matriculados en Castilla y León desde 1985 hasta 2005.

Antigüedad del parque automovilístico

En cuanto a la antigüedad del parque, y atendiendo a los datos de que disponemos sobre Castilla y León (Tabla 2), podemos comprobar que el parque de vehículos inspeccionados (independientemente del tipo de combustible) es bastante antiguo, vemos que el mayor porcentaje corresponde a vehículos de

entre 11 a 15 años, factor significativo para los valores que se han obtenido en los ensayos.

	>15	11-15	6-10	< 5	Total	%	%	%	%
1998	168.102	228.567	266.960	115.358	778987	21,58	23,34	34,27	14,81
1999	173.174	264.153	215.479	111.338	764.144	22,66	34,57	28,20	14,57
2000	176.688	295.913	247.819	117.135	837.555	21,10	35,33	29,59	13,59
2001	180.150	321.007	214.660	126.311	842.128	21,39	38,12	25,49	15,00
2003	213.533	352.397	201.752	152.911	920.593	23,28	38,28	21,52	16,61
2004	236.697	342.959	217.314	152.121	949.091	24,54	36,14	22,58	16,03
2005	261.197	326.082	229.569	157.386	974.234	26,81	33,47	23,56	16,15

Tabla 2.- Antigüedad del parque automovilístico en Castilla y León

Consumo de combustibles

En el periodo considerado en el presente estudio a partir de los datos obtenidos del Ente Regional de la Energía de Castilla y León se aprecia que en la provincia de León ha habido un incremento significativo en el consumo de gasóleo en comparación con el consumo de gasolina.

Opacidad de vehículos diesel

En el total de vehículos diesel matriculados a partir de 1980, objeto de estudio, se observa una tendencia a su disminución (**Fig. 7**).

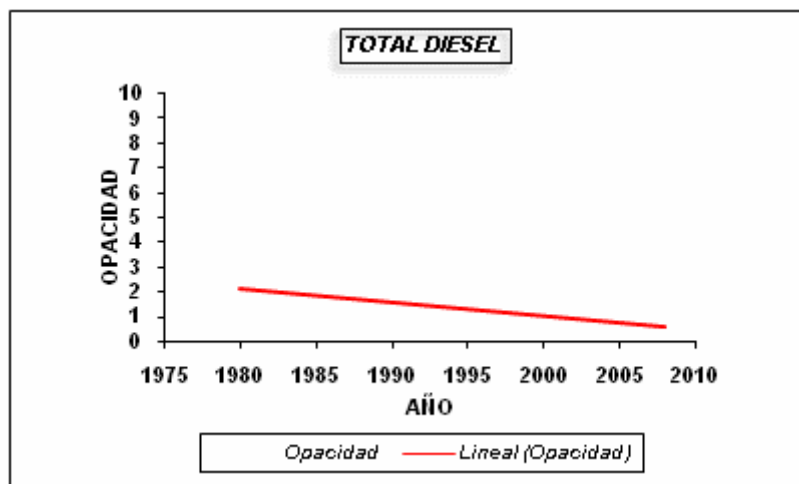


Figura 7. Opacidad en vehículos diesel.

Esta disminución se debe principalmente a la entrada en vigor de la normativa “Euro”, que marca los límites aceptables para estos valores en la Comunidad Económica Europea.

Emisiones de CO₂, HC y CO de vehículos gasolina

En una combustión perfecta de un hidrocarburo, los únicos productos resultantes serían CO₂ y H₂O. En las combustiones “reales” aparecen una serie de productos contaminantes que es necesario eliminar (CO, HC, NO_x). Así, si la mezcla es excesivamente rica, no existe suficiente O₂ para la formación de CO₂, se produce CO; y si la temperatura de combustión es baja favorece la combustión incompleta, aumentando los HC.

Los resultados que se presentan a continuación en los vehículos que utilizan como combustible la gasolina son los obtenidos con los equipos mencionados en el apdo.2.2, ya que éstos nos muestran no sólo los valores de CO en % de volumen, sino también muestra los valores de CO₂ y de HC, éstos últimos en ppm. Por éste motivo hemos contemplado en el estudio tres apartados en función del contaminante medido, y dentro de éstos, los datos obtenidos con el vehículo al ralentí y acelerado en vacío según normativa vigente.

Anhídrido Carbónico (CO₂)

En cuanto a las emisiones de CO₂ en vehículos de gasolina en régimen de acelerado, se observa que desde el año 1989 hasta el año 2006, existe un ligero incremento (**Fig. 8**).

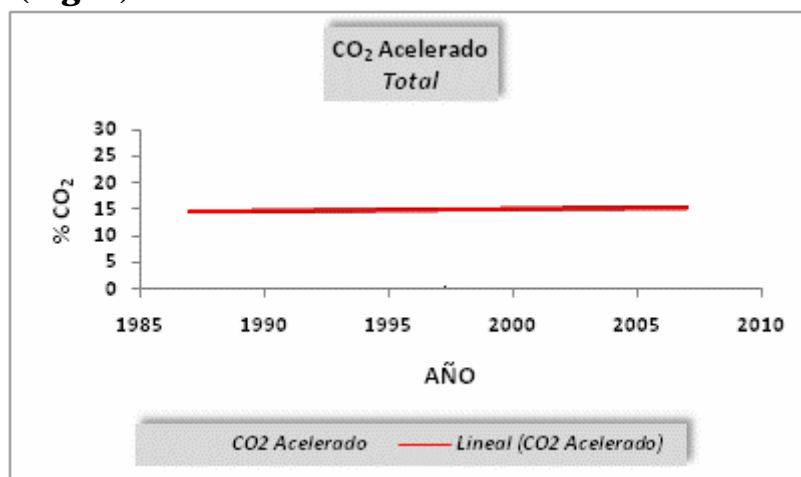


Figura 8. Emisión de CO₂ en vehículos de gasolina.

Hidrocarburos (HC)

En este caso los valores obtenidos por los analizadores nos dan las medidas en ppm, pudiendo observar en la figura que representa todas las medidas obtenidas una recta con pendiente negativa (**Fig. 9**), por lo que se puede deducir un mejor funcionamiento, en general, en esta prueba (con el motor al corte de bomba).

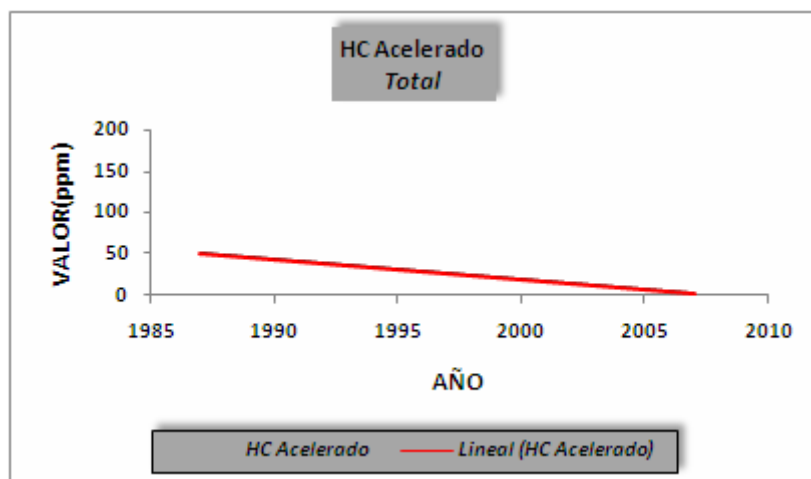


Figura 9. Emisión de HC en vehículos de gasolina.

Existen ciertas zonas de la cámara de combustión que al no alcanzar la temperatura de combustión favorecen la combustión incompleta, aumentando la presencia de HC. Con la entrada en vigor de la normativa Euro se ha observado una mayor disminución en la emisión de estos relativamente altos, mientras que en los valores que se obtienen llevando al vehículo al corte de inyección la pendiente es menos pronunciada (**Fig. 10**), partiendo, como se observa en la figura, de valores más bajos en la emisión de “inquemados” al medio ambiente.

Monóxido de Carbono (CO)

El CO se produce en mezclas excesivamente ricas, al no existir oxígeno suficiente para la formación de CO₂. Es el contaminante propiamente dicho más abundante que generan los vehículos de gasolina o gasóleo, es un gas incoloro, inodoro y más ligero que el aire.

El CO es el valor que se mide en la ITV de forma oficial y motivo de la aceptación o rechazo del vehículo ensayado, en función de unos valores, más o menos restrictivos, que vienen determinados por la fecha de matriculación del vehículo (**Fig. 10**). Se pueden apreciar pendientes acusadas, siendo a partir del 2005 valores prácticamente cero.

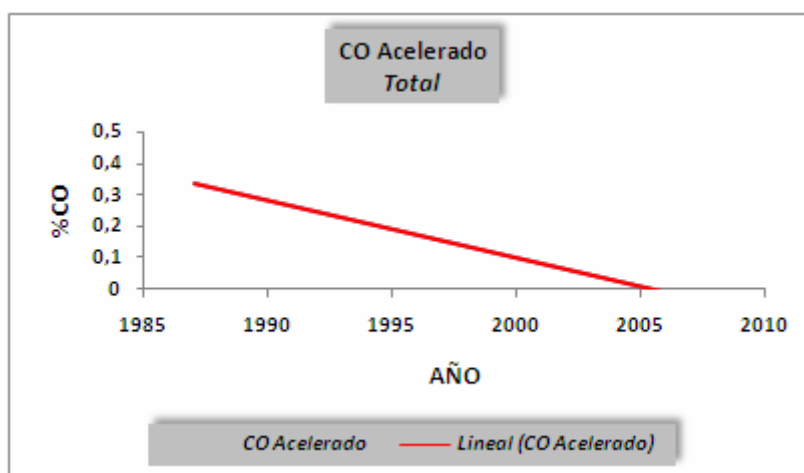


Figura 10. Porcentaje de CO emitido por vehículos de gasolina.

Conclusiones

- La disminución del coeficiente K en vehículos diesel en el total de la muestra es significativa, al igual que el aumento de las matriculaciones de vehículos diesel y el consumo de este combustible (Según el IPCC las partículas se mantienen en torno a las 30.000 Tm hasta el 2005, pese al aumento del consumo diesel, principal responsable de este tipo de emisiones).
- Hay que resaltar la situación que se produce con respecto a las emisiones de CO₂. Los resultados del estudio muestran un aumento de las mismas para todos los años del estudio. Lo cual es a su vez resultado de una mejor combustión de los motores. El aumento de la movilidad va acompañado de un aumento en el consumo de combustible, lo cual lleva a su vez a un aumento del CO₂ emitido. El consumo de los vehículos afecta también a las emisiones. Orientar al consumidor hacia vehículos de menor cilindrada, reducir su peso, desarrollar motores más eficientes..., permitiría disminuir el consumo de los vehículos y por tanto, controlar las emisiones de CO₂ aun con un incremento de la movilidad (coherente con los resultados del IPCC en el estudio de sostenibilidad a nivel nacional).
- Los HC experimentan una importante disminución a partir de la entrada en vigor de la normativa Euro, lo que confirma los datos del IPCC sobre éstos y los compuestos orgánicos volátiles no metano (COVNM) mencionando una disminución del 28% desde 1992.
- El monóxido de carbono (CO) sigue una clara tendencia a la baja (llama la atención el efecto de la entrada en vigor de la normativa Euro, produciendo una fuerte reducción de los contaminantes CO desde 1992).



Bibliografía

- Bendtsen, H. y Thorsen, H. (1995) A survey of the number of cold vehicles on the roads. *The Science of the Total Environment*, no. 169, 113-121
- Horowitz, J.L. (1982) *Air quality analysis for urban transportation planning*. MIT Press, Massachusetts.
- Samaras, Z. (1999) Future evolution of transport externalities: anticipating the impact of emission standards and technology advances. *Jornadas sobre la política de transporte y el cambio climático*. Asociación Técnica de la Carretera. Valencia
- Sorensen, S. y Schramm, J. (1992) Individual and public transportation - emission and energy consumption models. Rep. RE 91-5, Laboratory for Energetic. Technical University of Denmark, Copenhagen. 62 pp.
- INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE ESPAÑA AÑOS 1990-2005 (comunicación a la comisión europea)
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. *MEDIO AMBIENTE EN ESPAÑA, 2005*. -- Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Centro de Publicaciones, 2006. –
- DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL. *PERFIL AMBIENTAL DE ESPAÑA 2005 : informe basado en indicadores / Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos*,
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos. *Inventario de Gases de Efecto Invernadero de España edición 2007 (serie 1990-2005) sumario de resultados. medidas urgentes de la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía limpia-eccel-(20/07/07)*

“SANTA ELVIRA”: DIVERSIDAD ENTOMOLÓGICA EN UNA AZUCARERA

M^a Cruz Delgado Serrano

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

alyseda@hotmail.com

El objetivo principal de este trabajo es el estudio de la entomofauna que habita en la azucarera “Santa Elvira”, recinto fabril abandonado situado en el casco urbano de la ciudad de León. Se pretende conocer qué grupos de artrópodos son los que tienden a ocupar estos lugares que por otro lado (y teniendo muy presente el factor del abandono), podrían funcionar a modo de refugio dentro un entorno “artificial” como es el medio urbano.

Palabras clave: diversidad, entomofauna, captura, urbano, zonas fabriles abandonadas.

Introducción

En el año 1930, la Sociedad Industrial Castellana S.A (S.I.C.) construyó en la zona oeste de la ciudad de León, una fábrica de azúcar. Dos años más tarde, la azucarera a la que llamaron “Santa Elvira”, comenzó su producción (**Fig. 1**). Santa Elvira contaba con algunas ventajas por su situación estratégica dentro de la zona industrial, ya que disponía de una buena accesibilidad al principal medio de transporte (el tren) para la entrada de la materia prima básica, la remolacha, y para dar salida a los productos elaborados: azúcar y algunos derivados.

En 1968 la azucarera comenzó su primera campaña dentro del Grupo Ebro y en 1991 se fusionó con la Compañía de Industrias Agrícolas S.A. naciendo así, Ebro Agrícolas S.A. Este hecho aceleró el cierre de la fábrica que tuvo lugar un año más tarde en 1992.

Tras el cierre de las instalaciones, el Ayuntamiento de León compró parte de los terrenos y firmó un convenio con los demás propietarios por el cual el desarrollo urbanístico se haría respetando “Santa Elvira” como parte del patrimonio industrial. Todo gracias a un informe redactado por el Departamento de Geografía de la Universidad de León en 2002. De este modo el destino final de la azucarera será un Palacio de Congresos, cuyo proyecto ha sido aprobado recientemente y será ejecutado por el arquitecto francés Dominique Perrault.

Razones para abordar el tema

El medio urbano se caracteriza por ser bastante artificial y por estar sujeto a una manipulación de los recursos naturales. En un entorno con estas características, algunas especies son capaces de colonizar zonas próximas al hombre aunque a veces, como es el caso, el lugar se encuentre en pleno deterioro desde hace 16 años. Esto, desde el punto de vista biológico, ha supuesto una ventaja para todas aquellas especies que han podido asentarse en la azucarera.



Figura 1. Azucarera “Santa Elvira” (León). Fachada principal.

De este modo los artrópodos, así como otros grupos, podrían haber hallado en este lugar un punto de cobijo y resguardo dentro del casco urbano de la ciudad de León, y al amparo de cualquier tipo de manipulación antrópica. Esta fue la principal razón que llevó a la realización del estudio mediante el cual se pretendía realizar un listado faunístico de la entomofauna presente en Santa Elvira para determinar qué especies suelen ser las típicas en estas zonas fabriles inactivas y abandonadas.

Objetivos

Con la realización del presente trabajo, se pretendieron alcanzar los siguientes objetivos:

1. Analizar cuáles son los principales grupos entomológicos que tienden a ocupar aquellas zonas que han cesado su actividad industrial y han quedado abandonadas.
2. Estudiar el valor potencial que tienen este tipo de instalaciones para albergar y preservar ciertos grupos de artrópodos.
3. Valorar la respuesta trófica de los distintos taxones en función de la clase de cebo utilizado para su captura.

Área de estudio

El área de estudio para este trabajo de investigación, se circunscribe al recinto de la azucarera “Santa Elvira”, en el casco urbano de la ciudad de León (**Fig. 2**)



Figura 2. Situación de la azucarera Santa Elvira en la ciudad de León.

Geográficamente se localiza en la zona oeste del casco urbano de la ciudad. Sus coordenadas UTM son 30TTN879191, y se encuentra a una altura de 825 metros sobre el nivel del mar.

El recinto tiene una extensión aproximada de 20 hectáreas y se halla totalmente abandonado y en ruinas.

Materiales y Métodos

Material

Una vez realizado el trabajo de campo y laboratorio, se procedió a contabilizar el material recolectado tanto de forma global, como en función del tipo de trampa y cebo utilizados.

En la **Tabla 1** se muestra el número de ejemplares identificados, así como el número de taxones en que se agrupan y las trampas donde fueron capturados:

Tabla 1. Relación del material analizado

1310 ejemplares						
66 Familias						
20 Órdenes						
455 muestras						
299 trampas aéreas		70 trampas de suelo		10 luz	73 rastreo	3 red
142 vino	157 cerveza	32 vino	30 cerveza	8 hígado		

Trabajo de campo

En primer lugar se muestreó la zona de estudio mediante una captura activa y otra pasiva. Los muestreos se llevaron a cabo entre julio y noviembre de 2007.

Los distintos tipos de muestreo utilizados se pueden relacionar de la siguiente manera:

1.- Captura pasiva: no es necesaria una participación activa del investigador durante la captura.

1.1.- Trampas “aéreas”: construidas mediante la adaptación de botellas de plástico (2 L) en las que la parte superior se utiliza a modo de embudo. Como cebo se utiliza vino o cerveza.

1.2.- Trampas de suelo: colocación en el suelo de botes de cristal, con o sin tapadera dependiendo del tipo de cebo que contengan (vino, cerveza o hígado de cerdo) (**Fig. 3**).



Figura 3. Ejemplos de trampas de suelo para captura pasiva: A) trampa de cerveza y B) trampa de hígado.

2.-Captura activa: es necesaria una participación activa del investigador mientras se realiza la captura.

2.1.- Trampa de luz: consiste en la colocación estratégica de un foco de “luz mezcla” que sirva de atracción para determinados grupos (lepidópteros, neurópteros) con actividad nocturna.

2.2.- Rastreo: búsqueda activa de individuos y del batido de vegetación por un método similar al “paraguas japonés”.

2.3.- Red acuática: uso de una manga especialmente reforzada en función de las condiciones del sustrato del fondo.

Conservación y recogida de muestras

Las muestras recolectadas fueron conservadas en formol al 4 % hasta el momento de ser limpiadas en el laboratorio. Todas las muestras fueron registradas en un cuaderno de campo.

Trabajo de laboratorio

Limpieza de muestras: el proceso llevado a cabo es el clásico en estos casos.

Técnicas de preparación, conservación e identificación: La mayor parte del material recolectado fue conservado en alcohol rebajado al 70%.

Identificación: Todo el material fue identificado hasta nivel de **familia**. Una vez realizada dicha identificación, se hizo necesaria la corroboración de los datos por diversos especialistas. Tras confirmar la identificación a nivel familiar, los investigadores profundizaron en la determinación del material llegando así a identificarse un cierto número de géneros y especies.

Búsqueda de bibliografía: aparece reflejada en el apartado VII. Además, para la parte histórica se realizaron visitas a las oficinas del periódico local “Diario de León”.

Resultados y conclusiones

A continuación (**Tabla 2**) se muestra el listado de taxones obtenidos. La clasificación adoptada es la que figura en Barrientos (2004).

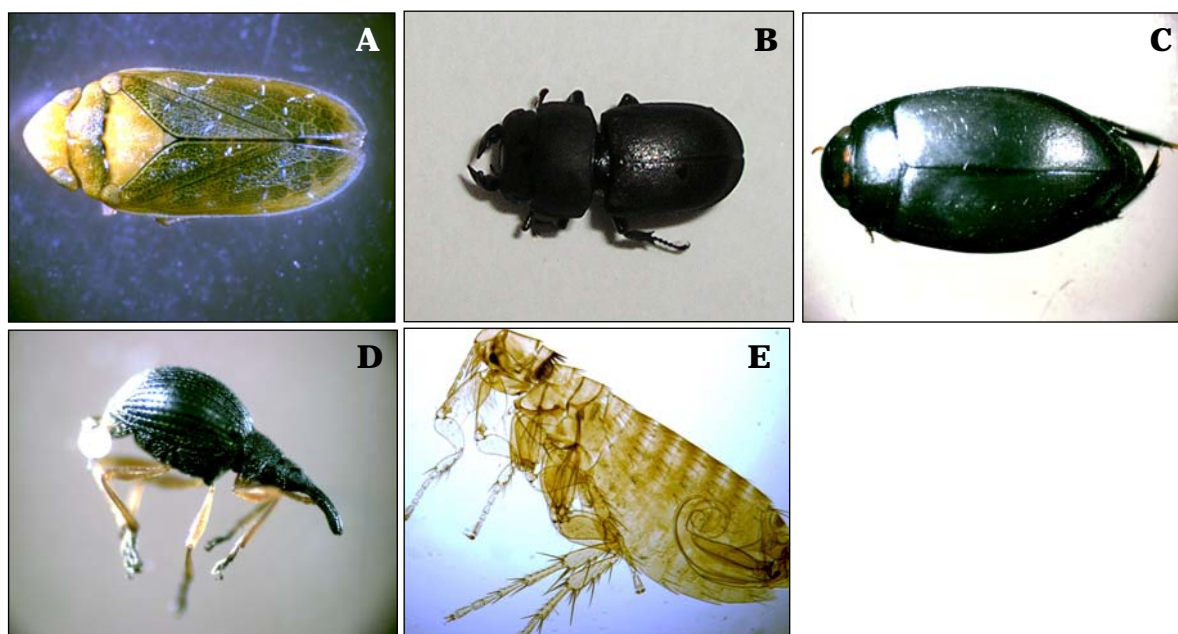


Figura 4. Imagen de algunos de los ejemplares capturados en el trabajo: A) Tettigometridae; B) Lucanidae; C) Dytiscidae; D) Curculionidae; E) Ceratophyllidae (pulgas asociadas a trampas en las que aparecieron roedores).

Tabla 2. Listado de taxones recogidos durante el trabajo de campo.

Orden	Familia
Araneae (arañas)	
Parasitiformes (ácaros)	Parasitidae
Opiliona (opiliones)	Phalangiidae
Pseudoescorpionida	Chernetidae
Isopoda	Cylisticidae
Oniscomorpha (milpiés)	
Juliformia (milpiés)	Julidae
Lithobiomorpha (ciempiés)	Lithobiidae
Scutigermorpha (ciempiés)	Scutigeridae
Entomobryomorpha (colémbolos)	Entomobryidae
Odonata (libélulas)	Lestidae
Ephemeroptera (efímeras)	Caenidae
Dictyoptera (cucarachas)	Blattellidae
Orthoptera (saltamontes)	Acrididae; Oecanthidae
Dermaptera (tijeretas)	Forficulidae
Plecoptera (moscas de las piedras)	Lecutridae
Psocoptera (piojos de los libros)	Ectopsocidae; Psocidae; Elipsocidae
Thysanoptera (trips)	Thripidae; Phlaeothripidae
Hemiptera (chinchas)	Psyllidae; Aphididae; Aphrophoridae; Cicadellidae; Tettigometridae; Cixiidae; Delphacidae; Miridae; Anthocoridae; Tingidae; Pentatomidae; Lygaeidae; Coreidae; Nabidae; Berytidae; Rhopallidae; Reduviidae; Hydrometridae
Neuroptera (crisopas)	Chrysopidae; Hemerobidae
Coleoptera (escarabajos)	Carabidae; Tenebrionidae; Bruchidae; Lucanidae; Chrysomelidae; Nitidulidae; Anthicidae; Coccinellidae; Scarabaeidae; Mordellidae; Dytiscidae; Lathrydidae; Catopidae; Staphylinidae; Cerambycidae; Scaptiidae; Dermestidae; Criptophagidae; Melyridae; Elateridae; Anobiidae; Buprestidae; Endomychidae; Curculionidae
Diptera (moscas verdaderas)	
Siphonaptera (pulgas)	Ceratophyllidae; Ctenophthalmidae
Lepidoptera (mariposas)	
Hymenoptera (avispa, abejas y hormigas)	

Los órdenes Diptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Araneae y Oniscomorpha (Glomerida), contienen el mayor número de individuos capturados. Ello conlleva que la diversidad en esos grupos sea a su vez mayor. Esa es la razón por la cual se procedió a la determinación en primer lugar del resto de taxones y que el estudio de los cinco citados se aplazara.

En la **Fig. 5** se representa la abundancia de especímenes capturados en total, dentro de los órdenes estudiados. Asimismo, en la **Fig. 6** aparece la riqueza de familias por cada uno de esos órdenes.

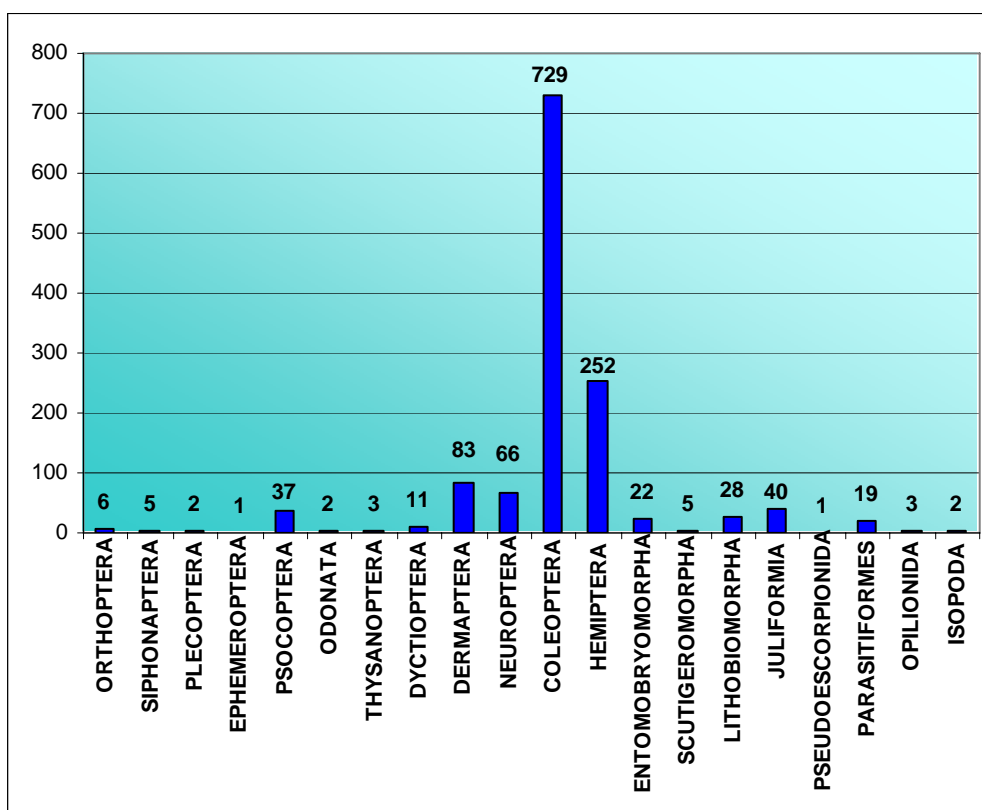


Figura 5. Número de individuos capturados por cada orden.

La efectividad de los métodos de muestreo y la respuesta trófica para cada orden fue la siguiente:

- Trampas de aire: Coleoptera, Hemiptera, Dermaptera, Neuroptera y Psocoptera. Solamente en este último se observó una clara tendencia hacia la cerveza.
- Trampas de suelo: Coleoptera, Hemiptera, Juliformia y Entomobryomorpha, el cual se sintió atraído preferentemente por los cebos con vino.
- Trampas de hígado: Coleoptera y Diptera (grupos necrófagos).

- Rastreo: Coleoptera, Hemiptera, Juliformia y Lithobiomorpha (única forma de captura de este grupo).
- Trampas de luz: Coleoptera, Neuroptera y Lepidoptera.
- Red Acuática: Coleoptera y Hemiptera.

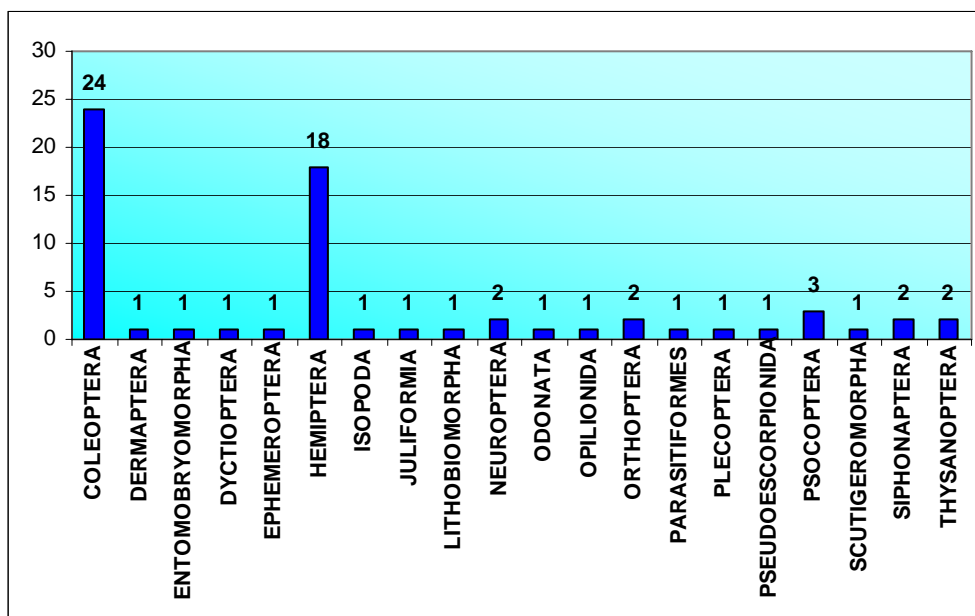


Figura 6. Riqueza de familias de los órdenes.

Consideraciones finales:

Por todo lo expuesto, el recinto de la azucarera “Santa Elvira” nos está indicando que las áreas que no sufren agresiones bruscas, propias de ecosistemas urbanos, se comportan en cierta medida como áreas de protección para las faunas. La de invertebrados, en este caso, ha dado otra vez la respuesta de que cuanto más se parecen sus condiciones a las de las áreas abiertas, mayor riqueza, abundancia y otros parámetros ecológicos albergan.

Bibliografía

Aunque la bibliografía consultada fue numerosa, estas son algunas de las obras de uso general:

- Abelló, P. et al. 2004. *Curso práctico de Entomología*. José Antonio Barrientos (ed.). Asociación Española de Entomología. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO). Universitat Autònoma de Barcelona, Server de Publicacions. Alicante, Bellaterra. 947 pp.
- Benito del Pozo, P. 2008. *Industria y ciudad: las viejas fábricas en los procesos urbanos*. X Coloquio Internacional de Geocrítica “Diez años de



- cambios en el mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999-2008”. Universidad de Barcelona.
- Beutel, R.G.; Pohl, H. 2006. *Endopterygote systematics. Where do we stand and what is the goal (Hexapoda, Arthropoda)?* Systematic Entomology, 31 (2006): 202-219.
 - Nieto, J. M.; Mier, M. P. 1985. *Tratado de Entomología*. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 599 pp.
 - Santamaría, T. 1986. *Introducción para una interpretación ecológica de la entomofauna urbana de León*. Memoria de licenciatura. Universidad de León. 132 pp. (inérita).
 - Santamaría, T. 1990. *Análisis ecológico de las familias Catopidae e Histeridae (Col.) en el ecosistema urbano de León*. Universidad de León. 486 pp.
 - Santamaría, T.; Rodríguez, A. 1989. *León parque a parque: guía para descubrir y conocer la naturaleza en la ciudad*. Ed. Ayuntamiento de León. 223 pp.
 - Santamaría, T. y col. 1987. *Insectos urbanos de León, IV: La diversidad como indicador de las variaciones temporales de la comunidad*. Bol. Soc. Port. Entom., 1989. (III-19:1-6).
 - Santamaría, T. y col. 1988. *Insectos urbanos de León, III: Coleoptera, Diptera, Hemiptera e Hymenoptera, composición familiar de estos órdenes en los biotopos de muestreo*. Actas III Congreso Ibérico de Entomología. Pág: 577-590. Granada.
 - Santamaría, T. y col. 1990. *Insetti urbani di León, V: Variación strutturale della comunità in funzioni dei campioni utilizzati*. Boll. Soc. Ent. Ital., 122 (1): 5-10.
 - www.faunaeur.org
 - www.fauna-iberica.mncn.csic.es/faunaib/arthropoda
 - www.larruecadedearacne.com (claves dicotómicas de arácnidos)
 - www.ub.es/geocrit/-xcol/105.htm

BAÚL DE LA CIENCIA

Creación y puesta en funcionamiento de la oficina verde de la Universidad de León

Arsenio Terrón Alfonso

Director de la Oficina Verde de la Universidad de León

Profesor Titular de Botánica. Departamento de Biodiversidad y Gestión

Ambiental. Facultad de CC Biológicas y Ambientales. Universidad de León.

a.terron@unileon.es

A lo largo de estos 15 meses han sido múltiples las actividades e iniciativas que desde la Oficina Verde se han propuesto o se han iniciado, estando algunas de ellas en pleno desarrollo en la actualidad. Haremos un repaso sobre cuáles han sido estas actividades llevadas a cabo en el ámbito de la Educación Ambiental, en la que queremos implicar a toda la comunidad universitaria, tanto en el campus de León como el de Ponferrada.

La Oficina Verde de la Universidad de León, fue creada durante el curso académico 2007-2008, estando durante ese periodo

dentro del organigrama del Vicerrectorado de Estudiantes, ocupado en ese momento por el Dr. Antonio Laborda.

Tras la elección del Dr. José Ángel Hermida como nuevo Rector de la Universidad de León, la reorganización de los vicerrectorados hace que finalmente la Oficina Verde pase a formar parte del Vicerrectorado de Campus, dirigido por la Dra. Victoria Seco. En razón de su cargo de Director del Área de Sostenibilidad y Calidad Ambiental, se pone al frente de la misma al Dr. Arsenio Terrón, quien da comienzo a la gestión de las actividades ambientales de la Universidad de León ligados a la Oficina Verde en el mes de julio de 2008, contando siempre con la participación del Dr. Estanislao de Luis Calabuig quien ejerce sus funciones como Delegado del Rector para temas de medioambiente.

Los objetivos generales que persigue la Oficina Verde son los siguientes:

- 1) Difundir en toda la comunidad universitaria la necesidad e importancia de la Sostenibilidad.
- 2) Fomentar hábitos sostenibles que sean trasladables a la vida cotidiana de la comunidad universitaria y de sus miembros.



- 3) Reflexionar sobre las ventajas de una vida más sostenible: respecto a la salud, a la conservación del medio ambiente y a la economía.
- 4) Comprender que la mejora del medio ambiente requiere una contribución personal de cada uno en nuestro entorno más próximo
- 5) Familiarizar a la comunidad universitaria con su entorno natural.
- 6) Analizar los factores que intervienen en la conservación y degradación del medio ambiente.
- 7) Poner de manifiesto los problemas medioambientales existentes actualmente, haciendo especial hincapié en aquéllos que posiblemente se encontrarán en su futuro los alumnos universitarios, aportándoles claves para conseguir actuaciones ambientalmente sostenibles.

Teniendo en cuenta los objetivos planteados y buscando la consecución de los mismos, haremos un repaso por algunas de las actividades realizadas en los últimos meses.

Instalación de exposiciones divulgativas

Con el objetivo principal de concienciar sobre la importancia de la protección del medio ambiente y la biodiversidad global se programó un total de seis exposiciones, tres de las cuales fueron cedidas temporalmente por el Centro Nacional de Educación Ambiental (CENEAM) del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, y otras dos fueron elaboradas por la propia Oficina Verde. Todas las exposiciones se instalaron en diferentes edificios de la Universidad de León (Campus de León y Campus de Ponferrada).

- “*Semillas de los bosques del futuro*”: exposición constituida por paneles y una muestra de semillas *in vivo* (**Fig.1**). Se pretendía resaltar la importancia de las semillas y de los bosques, así como la diversidad de la flora en España y la necesidad de protegerla.



Figura 1. Imagen de asistentes a la exposición “Semillas de los bosques del futuro”.

- “*Clarity*”: exposición sobre el cambio climático en que se muestra el papel que juegan los ciudadanos como protagonistas de "emisiones difusas" (los españoles somos responsables directos del 30% de las emisiones de CO₂).

- “*Pastores nómadas y trashumantes*”: un reportaje sobre la realidad actual del milenario oficio de pastoreo en distintos lugares del mundo: en la Península Ibérica, Kenia, Mali, Etiopía e Irán (**Fig.2**).



Figura 2. Presentación del reportaje sobre pastoreo nómada y trashumancia.

- “*Conoce las algas*”: en la exposición se mostraron paneles con información sobre las utilidades de los diversos tipos de algas, así como otro tipo de datos sobre esos organismos. Se expusieron diversos ejemplares de algas del Cantábrico. La exposición fue visitable durante toda la Semana Verde.
- “*Las semillas en la gestión forestal*”: conferencia divulgativa en la que se explicaron algunas de las cuestiones más interesantes relacionadas con el empleo de semillas en la gestión forestal (**Fig. 3**). Impartida por Arantxa Prada Sáez Ingeniera de Montes por la Universidad Politécnica de Madrid. Esta actividad tuvo lugar en el campus de Ponferrada coincidiendo en el tiempo con la exposición “*Semillas de los bosques del futuro*”.
- “*Conservación de semillas en bancos de germoplasma*”: ponencia orientada a la divulgación de la conservación vegetal. Resultó ser especialmente interesante por su enfoque sencillo y didáctico para los asistentes. Impartida por Borja Jiménez-Alfaro González, doctor en Biología que actualmente es el Coordinador Científico de Conservación Vegetal en el Jardín Botánico Atlántico de Gijón (Universidad de Oviedo). Coincidió en el

tiempo con la exposición “*Conservación de semillas en bancos de germoplasma*”.



Figura 3. Imagen de los paneles correspondientes a la exposición “*Las semillas en la gestión forestal*”.

El mayor reto al que se ha enfrentado la Oficina verde a lo largo del curso 2008-2009, ha sido el desarrollo de la **I Semana Verde (Fig. 4)**: semana dedicada a promover actividades de Educación Ambiental, durante la cual se abordaron diversos temas ambientales de interés tanto para la comunidad universitaria como para el resto de la sociedad leonesa.

Las actividades estuvieron abiertas a todo tipo de público de manera gratuita, algunas de ellas necesitaron de inscripción previa.



La celebración de esta “I Semana Verde” resultó esencial a la hora de focalizar a la educación ambiental como conocimiento transversal a todos los universitarios. Por esta razón fue diseñada teniendo en cuenta el mayor número de colectivos universitarios, de tal manera que todos tuvieran cabida y estuviesen representados.

Figura 4. Logotipo de la I Semana Verde.

Se entendía que así se lograría una mayor difusión de los propios cometidos de la Oficina Verde dentro de toda la Universidad.

La publicidad dada a las actividades de la I Semana Verde, se realizó a través de varios canales de difusión (prensa escrita, radio, televisión, internet, etc.), aunque un papel esencial en este sentido fue el llevado a cabo por los integrantes del voluntariado ambiental. Se extendieron certificados de asistencia a los participantes de aquellas actividades que así lo desearan.

A continuación se describen los actos realizados durante la I Semana Verde:

- 1) Presentación de la Semana Verde para la comunidad universitaria y medios de comunicación.
- 2) Conoce las algas: exposición, taller de cocina y degustación. Impartición del taller “Aplicaciones de las algas en la cocina” a cargo de Rubén Ramos Solla, cocinero profesional de la Escuela de Hostelería de León.
- 3) Nuestro patrimonio paleontológico: comenzó con una exposición oral sobre el patrimonio paleontológico. Posteriormente, en laboratorio, tuvo lugar un taller en el que se realizaron tareas comunes en el manejo de fósiles, como son su limpieza, realización de réplicas en látex, identificación, y una pequeña introducción a la fotografía de fósiles (**Fig. 5**). Por último se llevó a cabo la ruta titulada: *Los fósiles de la ciudad de León*, en la cual se recorre el casco antiguo en busca de los fósiles que tienen escondidos los distintos

edificios de la ciudad. Impartido por Esperanza Fernández Martínez, Esperanza García Ortiz de Landaluce, Guillermo Santos López, Isabel Sánchez García (todos ellos miembros de la Universidad de León), y Rodrigo Castaño de Luis (IGME).



Figura 5. Participantes del taller de fósiles.

- 4) Taller de reciclaje. Charla informativa sobre la situación actual de la gestión de los residuos en la provincia, acompañada de un taller de manualidades cuya finalidad fue reutilizar los residuos para elaborar distintos materiales. Impartido por estudiantes de la Escuela Taller de Medio Ambiente y dirigido por Marina Arias Robles (Exma. Diputación Provincial de León).
- 5) Escalada sostenible. Esta jornada se compuso de distintas actividades enfocadas a la conversión del deporte de la escalada en un deporte sostenible. Las actividades realizadas consistieron en una charla y debate sobre buenas prácticas ambientales en el deporte de la escalada. Seguidamente se visionó el documental “Hearth of Stone” con una puesta en común y aclaraciones por parte de Josep Climent sobre la regulación de la escalada. Por último se realizó en el rocódromo de la ULE una actividad de iniciación a la escalada para incentivar su práctica. Se llevó a cabo un pequeño taller de nudos y juegos de escalada en el césped central del campus. Además se instaló una exposición titulada “Escalada sostenible” que quedó expuesta durante toda la Semana Verde en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Impartido por Adriana Targarona, Antonio Carranzo, Sergi Munné (Asociación de Escalada Sostenible “AES”), Josep Climent (FEEC Barcelona), y personal del programa ESPABILA (Excmo. Ayto. de León).
- 6) Cine forum ambiental: emisión de la película “Cenizas



Figura 6. Arsenio Terrón (izqda) y José Antonio Quirós (dcha) durante la presentación del largometraje “Cenizas del cielo”.

del cielo” realizada por José Antonio Quirós, considerada la primera película medioambiental española (**Fig. 6**). José Antonio Quirós Director de la película, moderó esta sesión.

- 7) Taller de pócimas y ungüentos naturales. Taller centrado en la elaboración de diversos productos basados en técnicas tradicionales a partir de materias primas de origen vegetal totalmente naturales. Impartido por Estrella Alfaro Sáiz y Álvaro Bayón Medrano.
- 8) Taller de acondicionamiento físico. Realización de estiramientos y ejercicios básicos de relajación en contacto con la naturaleza, para fomentar entre los participantes la práctica de deportes de relajación y meditación como el yoga. Impartido por ESPABILA (Excmo. Ayto. de León).
- 9) Restauración Ecológica Minera: El proyecto EcoQuarry. Conferencia impartida por Monserrat Jorba, coordinadora Técnica del Proyecto, de la Universidad de Barcelona. El objetivo final del proyecto *EcoQuarry*, es aplicar conocimientos ecológicos actuales en experiencias de restauración reales que sirvan de base a la preparación de una guía de buenas prácticas de restauración ecológica para el sector extractivo.
- 10) Taller de Cambio Climático. Inauguración de la exposición Clarity. Taller participativo basado en el conocimiento actual sobre el cambio climático y la relación entre publicidad y cambio climático. Impartido por Julio Rodríguez Vivanco, CENEAM (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino).
- 11) Conferencia sobre la contaminación lumínica (**Fig. 7**). Conferencia divulgativa sobre el fenómeno de la contaminación lumínica y su incidencia actual en nuestra provincia. También se incluyeron algunas pautas para disminuir la contaminación lumínica que generamos. Impartido por Saúl Blanco Lanza de la Asociación Leonesa de Astronomía.



Figura 7. El Dr. Saúl Blanco en un momento de su conferencia.



- 12) Observación Astronómica y escucha nocturna de la naturaleza. Realización de una ruta nocturna por la ribera del Torío hasta el Observatorio Astronómico Pedro Duque, durante la cual se practicó una escucha de rapaces nocturnas, observación de estrellas y medida de la contaminación lumínica. En el observatorio Pedro Duque se utilizaron diversos tipos de telescopios para realizar una observación astronómica. Impartido por Asociación Leonesa de Astronomía
- 13) Las plantas del Campus. Realización de una ruta guiada por el entorno del Campus de Vegazana para conocer la flora del Campus, con el fin de divulgar el conocimiento de la naturaleza a través de las plantas, y de algunas curiosidades relacionadas con las mismas. Impartido por voluntariado de la Oficina Verde, acompañado por el propio personal de la Oficina.
- 14) Ruta zoobotánica por el Monte San Isidro. Realización de una ruta guiada por el Monte San Isidro con el fin de observar y conocer la fauna y flora de este paraje tan cercano y rico. Impartido por Voluntariado ambiental y personal propio de la Oficina Verde
- 15) Mercadillo de bicicletas de segunda mano. Mercadillo organizado para impulsar el uso de la bicicleta. El objetivo fue facilitar que cualquier universitario pudiera tener una bicicleta ajustada a sus posibilidades económicas. Indirectamente se pretendió evitar que bicicletas todavía útiles acabaran como un residuo. Expertos de la tienda Robles Bicicletas y del Club Ciclista León tasaron las bicicletas ofertadas para quien deseara comprarlas.
- 16) Mesa redonda: “Alimentos ecológicos en León” y mercadillo de productos ecológicos. Charla coloquio sobre la producción de alimentos ecológicos mantenida por diferentes productores de la provincia de León. De manera paralela se creó un mercadillo donde se podían comprar todo tipo de productos ecológicos con la finalidad de fomentar el consumo y conocimiento de este tipo de productos. Impartido por movimiento de agricultura ecológica de León y ACYCSA S.L. Colaboración del Excmo. Ayuntamiento de León, que amablemente cedió las cabinas para el mercadillo.
- 17) Pedalada Universitaria. Ruta ciclista por el entorno de la ciudad de León, realizando paradas de interpretación del paisaje y educación ambiental (**Fig. 8**). Con esta actividad se quiso fomentar la cultura de la bici (movilidad sostenible), promoviendo a la vez el deporte en la naturaleza y aprendiendo a valorar el paisaje de natural del entorno de León. Coordinado por personal de la Oficina Verde y Servicio de Deportes.



Figura 8. La Pedalada Universitaria tuvo una gran acogida entre el alumnado.

- 18) Concierto de percusión africana. Actividad lúdica-formativa utilizando instrumentos tradicionales africanos que están realizados con materiales cotidianos de la vida de África. Se eligió este espectáculo debido a que en África la música expresa su sentido estético y ético con el entorno. Bumtaka, grupo de percusión y danza nacido en León tiene en África su principal influencia y utiliza instrumentos como el *djembe*, *dundun*, *krin* o *shekere* para crear un directo lleno de sorprendentes sonidos y gran fuerza escénica. Impartido por: Bumtaka Percusión
- 19) Observación de aves y taller de anillamiento. Ruta desde el Campus hasta el Parque de la Candamia durante la cual se realizó observación y escucha de aves, y en la parte final del recorrido una actividad práctica de anillamiento científico.. Impartida por Francisco José Purroy Iraizoiz y Benito Fuertes Marcos de la Universidad de León.
- 20) Presentación del programa “Hogares Verdes”. Presentación a la comunidad universitaria el programa “Hogares Verdes” para que todos aquellos que lo deseen puedan adherirse a esta iniciativa creada por el CENEAM. El objetivo principal fue dar a conocer la iniciativa a los universitarios para en caso de reunir un número suficiente de personas, emprender el programa en la ULE. Impartido por personal de la Oficina Verde.
- 21) Taller y Maratón fotográfico. Taller de fotografía en la naturaleza y fotografía científica: creación de macros, uso de la cámara digital, etc (**Fig. 9**). La finalidad era aprender a



Figura 9. El taller de fotografía en la naturaleza reunió a un buen número de participantes.

utilizar de manera eficiente la cámara digital iniciándose en el mundo de la fotografía de la naturaleza, persiguiendo que los participantes se interesasen por esta parte de la fotografía, despertando en ellos el interés sobre la fauna y la flora más cercana. Impartido por la Asociación *Dryocopus* (dedicada a la fotografía en la naturaleza).

Jornada sobre Biocombustibles
Lunes 11 de mayo.
Salón de Grados. Facultad de Ciencias
Biológicas y Ambientales

18:00h Conferencia: "Mejora biotecnológica del valor nutricional y energético de la biomasa lignocelulósica en maíz".
David Caparrós Ruiz (Investigador Permanente del CRAG, Barcelona)

19:05h Mesa redonda: "Biocombustibles, oportunidad o amenaza"
Modera: Ana Alonso Simón (Investigadora de la Univ. León)
Intervienen:
David Ruiz Caparrós (CRAG, Barcelona)
Rebeca Díaz Antolínez (ITACYL-Junta de Castilla y León)
José Manuel Díaz Modino (Prof. Economía Aplicada. Univ. León)
Matías Llorente (UGAL-UPA)

Organiza: Oficina Verde
Colaboran: Facultad CC. Biológicas y Ambientales, Asociación de Docentes de la ULE, Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias

También se han llevado a cabo otro tipo de actividades en las que la Oficina Verde ha actuado como apoyo a propuesta de profesores y/o departamentos. Destacamos entre ellas una Jornada técnica sobre "Biocombustibles" (**Fig. 10**), así como una Jornada sobre "Bioespeleología".

Figura 10. Cartel informativo de la Jornada sobre Biocombustibles.

Otro tipo de actividades propuestas o desarrolladas desde la Oficina Verde han sido:

- **Puesta en marcha de la recogida selectiva de papel y cartón mediante el convenio establecido desde la Universidad de León con ASPAPEL y el Excmo. Ayuntamiento de León.** Dado que la Universidad es uno de los grandes generadores de papel, es necesario realizar una recogida selectiva del mismo. Para facilitar esta acción, la Universidad formalizó con ASPAPEL y el Ayuntamiento de León el suministro de papeleras para facilitar y hacer más eficiente el aprovechamiento de este residuo. Posteriormente se ubicaron en los centros de la Universidad las papeleras, y se realizó una difusión interna de la necesidad de la recogida selectiva. Deseamos resaltar en este punto la buena acogida que ha tenido este proyecto entre el personal de limpieza de nuestra Universidad, sin cuyo concurso este proyecto no sería todo lo exitoso que deseamos.
- **Colaboración con el Excmo. Ayuntamiento de León para la gestión de residuos sólidos urbanos.** Se realizó un conteo de los contenedores de recogida selectiva para comprobar si las necesidades de la Universidad de León estaban satisfechas. En razón a estos análisis se



solicitaron nuevas unidades de recogida en aquellos puntos que se consideraban deficitarios y que fueron cubiertos por los servicios del Ayto. de León hasta donde les ha sido posible.

- **Inicio de una campaña de recogida de tóneres y cartuchos de impresora.** Los tóneres de las impresoras están considerados como residuos peligrosos y por ello su gestión ha de realizarse a través de un gestor autorizado. La Universidad genera un importante volumen de este desecho y a causa de esto se ha puesto en marcha una recogida selectiva de los mismos. Se ha explorado el modo de hacer más eficiente esta recogida ya que hasta el momento no existe una recogida conjunta debido a los múltiples proveedores que surten a la Universidad. Este es un proyecto que podemos considerar en su fase de coordinación.
- **Difusión del programa “Dona tu móvil” para la recogida de teléfonos móviles en la Universidad de León. En colaboración con Cruz Roja y la Fundación Entreculturas.** La elevada cantidad de móviles en “desuso” que se genera en la sociedad actual, nos ha llevado a difundir el programa “Dona tu móvil”. Se pretende gestionar los móviles residuales, para sensibilizar a la gente de que su reciclado va a servir para la financiación de Proyectos de Cruz Roja Española, Medioambiente, Educación y Desarrollo.
- **Elaboración de propuesta de un arboreto en las zonas verdes del campus.** Debido al estado de algunas zonas verdes del Campus se decidió realizar una propuesta de mejora, a través de la creación de un arboreto en el Campus. Esta idea surgió inicialmente a raíz de la realización del catálogo botánico en el que se observó que gran parte de la flora existente era de carácter alóctono, razón que, entre otras, llevó a proponer criterios de sostenibilidad para la plantación en zonas arboladas y la naturalización del paisaje. Para ello se realizó un informe lo más completo posible de dicha propuesta. En él se incluía una justificación de porqué dar comienzo a un arboreto así como toda una lista de alternativas florísticas para ajardinar aquellas zonas que se encontraban en un estado de abandono. La realización de este arboreto está empezando a dar visos de realidad, tras habernos sido ofrecida la planta por parte de los servicios forestales de la Junta de Castilla y León tras algunas gestiones realizadas por D. Mariano Torre, Jefe provincial de Medio Ambiente en su delegación de León.
Con esta propuesta se quiere conseguir, además de mejorar la imagen del Campus, poder disponer de una herramienta educativa *in situ* de carácter botánico, que podría servir de apoyo a la docencia teórica que en algunas titulaciones se imparte, pero entendiendo que el objetivo final de dicho



arboreto sería dar a conocer la biodiversidad vegetal natural que hay en nuestro territorio.

- **Colaboración en el diseño y programación del curso sobre jardinería sostenible, celebrado en la ESTIA.** Esta actividad, que también podría considerarse como de “ambientalización curricular”, se plasmó en la colaboración a la hora de diseñar un curso de verano centrado en la jardinería sostenible. La tarea consistió en incluir criterios de sostenibilidad en el programa y proponer a alguno de los ponentes. Realizado del 6 al 10 de julio de 2009 en la Escuela Superior y Técnica de Ingeniería Agraria.
- **Elaboración de prescripciones técnicas de ajardinamiento para la empresa encargada de la construcción del nuevo Aulario de Ciencias Biológicas y Ambientales.** Cuando el Nuevo Aulario de Biología estaba en proceso de construcción, la Oficina Verde se puso en contacto con el gabinete de arquitectos para remitirles una propuesta con directrices para la plantación de zonas verdes, entre ellas: reducir las zonas de césped para evitar el malgasto de agua, utilizando corteza de pino u otro material similar, utilizar césped de bajo consumo de agua, utilizar especies arbóreas o arbustivas de carácter autóctono (se les adjuntó un listado de aquellas especies que podrían ser empleadas para cumplir con las características especificadas), y ahorro del agua de riego. Dichas especificaciones y diseño sólo han sido tenidas en cuenta de manera parcial.
- **Revisión y creación de nuevas prescripciones técnicas y evaluaciones para la contratación sostenible en la ULE. Se han revisado e incluido cláusulas hasta el momento en los siguientes contratos:**
 - a. Propuestas de introducción de criterios ambientales en el contrato del Servicio de Limpieza de los Edificios de la Universidad de León.
 - b. Gestión del Servicio Público “Centro integral de reproducción documental y servicios descentralizados de reprografía”.
 - c. Servicio de mantenimiento y revisión de extintores y bocas de incendios en edificios de la ULE.
 - d. Suministro de material de oficina y de material informático no inventariable.
 - e. Suministro de Mobiliario.
 - f. Instalación y explotación de máquinas de venta automatizada de productos varios.
 - g. Servicio de cafetería y comedor del Campus de Ponferrada, del Colegio mayor San Isidoro, y de las Cafeterías I, II, y III del Campus de Vegazana.
 - h. Servicio de contratación de obras y nuevas construcciones (varios).



En este sentido, emitimos informe a petición de los gestores de compras de nuestra universidad en todas y cada una de las ocasiones que así se requiere.

- **Jornada y plan piloto en la Facultad de Educación (Planeamiento de las actividades de ambientalización curricular):** se contactó con varios profesores de la Facultad de Educación, a fin de crear un grupo de trabajo. Para dar inicio al proceso de ambientalización se organizó una jornada con varias ponencias que culminó en un taller de ideas, tratando de seguir el proyecto que desde la Universidad de Salamanca se había puesto en marcha. Tras esta jornada, la propia Junta de Facultad creó una comisión de ambientalización que tiene la vocación de trabajar el asunto en el futuro. Impartido por Jordi Segalás (Universidad Politécnica de Catalunya) y Teresa Vicente, de la Fundación Iniciativas Locales de Salamanca. Realizado el 7 de marzo de 2009 en la Facultad de Educación. Este proyecto será asumido por las cuatro universidades públicas de Castilla y León en los años 2010 y 2011.
- **Campaña de fomento del voluntariado ambiental, a través de los diferentes actos programados por la Oficina Verde.** Se realizó una difusión a través del correo electrónico y también aprovechando todas las actividades organizadas por la Oficina para lograr la captación de voluntarios. En este sentido es de destacar la colaboración de algunos profesores que ayudaron a difundir el mensaje. También el PAS dio, en ocasiones, muestras de buena receptividad hacia este mensaje.
- **Coordinación del voluntariado ambiental.** Los voluntarios han impartido diversos talleres de Educación Ambiental y han colaborado en la organización y desarrollo de diferentes actividades propuestas por la Oficina Verde. Como ya se ha puesto de manifiesto en varias actividades anteriores, desde la Oficina Verde se ha dinamizado a este colectivo de modo que algunos de ellos han intervenido en programas desarrollados por el Vicerrectorado de Estudiantes de la Universidad de León.
- **Presentación del programa de movilidad sostenible.** Acto presidido por la Vicerrectora de Campus, en el que se presentaron varias iniciativas relacionadas con la movilidad.

En este acto se presentaron algunos datos preliminares del estudio sobre la ocupación diaria de los vehículos automóviles que a diario transitan por el campus de Vegazana a cargo del Prof. Estanislao de Luis Calabuig, y se puso en marcha el programa denominado “Coche compartido”, dirigido a aquellas personas que por distintas circunstancias optan por desplazarse a la universidad en vehículo propio. Este programa sigue en marcha y será

tanto más útil cuantos más voluntarios acudan a apuntarse en las instalaciones de la Oficina Verde (**Fig. 11**).



Figura 11. El programa de movilidad sostenible contempla incrementar el uso de la bicicleta y para ello se han instalado numerosos aparcamientos de bicicletas en todo el Campus.

Este acto fue culminado por la conferencia titulada "Movilidad y Ciudad Habitable" a cargo de Carlos Corral Sáez, experto en movilidad y Premio Europeo de Urbanismo por el Plan Especial de la Ciudad Histórica de León, dando una explicación magistral sobre los problemas y posibles soluciones que existen actualmente en las ciudades debidos principalmente al tráfico. Quedaron de manifiesto algunas líneas de actuación a seguir si se pretende un modelo de movilidad sostenible. Realizado el 22 de enero de 2009 en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

- **Incentivación de la utilización de la bicicleta en León.** Coincidiendo con la actividad anterior se firmó un convenio de colaboración con una de las empresas de venta de bicicletas de la ciudad a fin promocionar el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible entre la comunidad universitaria. El acuerdo permite que cualquier miembro pueda beneficiarse de notables descuentos, de manera efectiva, en la compra de bicicletas, y otros artículos relacionados. El convenio tuvo una primera fase hasta junio de 2009, habiéndose renovado hasta junio de 2010. Dicho acuerdo fue suscrito con la empresa que a juicio de personal cualificado fue merecedora del mismo, de entre las 9 que presentaron su oferta a la universidad.

Seguimos dinamizando y promoviendo múltiples actividades ligadas con la educación ambiental en la vida universitaria, para lo cual también pedimos la ayuda a todos aquellos miembros de nuestra comunidad que quieran hacer nuevas propuestas o bien colaborar activamente en algunas de las que desde la Oficina Verde estamos llevando a cabo.



Arsenio Terrón Alfonso

(primero por la izquierda en la fotografía), es Doctor en Biología por la Universidad de León y desde 1991 Profesor Titular de Botánica de nuestra Universidad. Ha impartido docencia en las titulaciones de Biología, Ciencias Ambientales, Biotecnología, Veterinaria e Ingeniería Técnica Agrícola, siempre en temas relacionados con la botánica, y más concretamente con la

Micología-Liquenología. Ha publicado más de 60 trabajos de investigación preferentemente en el campo de la liquenología, y más concretamente en la línea de biomonitorización ambiental de la calidad del aire, habiendo dirigido varias tesis doctorales en esa misma línea. Desde julio de 2008 es Director del Área de Sostenibilidad y Calidad Ambiental de la Universidad de León.

UNO DE LOS NUESTROS

Norman E. Borlaug (1914-2009) y la Revolución Verde

Marcelino Pérez de la Vega

Jonathan Swift escribió en sus Viajes de Gulliver la siguiente frase: “*Quien sea capaz de producir dos mazorcas de maíz en una parcela donde hasta entonces se producía sólo una, o de realizar dos siegas de hierba donde antes se segaba sólo una vez, merecería más el reconocimiento de la humanidad y lograría realizar un servicio más esencial para su país, que toda la clase política junta*”.¹ De acuerdo con esta frase tan cierta, Norman Borlaug, recientemente fallecido, es una de las personas a las que la humanidad debe estar más agradecida.

“*Más que cualquier otra persona en esta era, él ha ayudado a dar pan al mundo hambriento. Hemos hecho esta elección con la esperanza de que dar pan también dará paz al mundo*” (Palabras del Comité Nobel en la presentación de Norman Borlaug como Premio Nobel de la Paz de 1970).

Biografía

Norman Ernest Borlaug (**Fig. 1**²) nació el 25 de marzo de 1914 en una



granja cerca de Cresco, Iowa. Estudió Ciencias Forestales en la Universidad de Minnesota y tras terminar sus estudios en 1937 trabajó para el Servicio Forestal de los EE. UU. Regresó a la Universidad de Minnesota en 1939 para hacer un Máster en Patología vegetal y el doctorado, que consiguió en 1942. Desde entonces hasta 1944 trabajó como microbiólogo en la Fundación du Pont de Nemours investigando en bactericidas y fungicidas de uso agrícola e industrial.

Figura 1. El Dr. Norman Ernest Bourlaug.

En 1943 había comenzado el Programa de Cooperación entre el Gobierno Mexicano y la Fundación Rockefeller que incluía programas de investigación para mejorar la tecnología productiva de maíz, trigo, alubias y patata (Oficina de Estudios Especiales –OEE-). El programa, además de invertir un gran esfuerzo

¹ “*Whoever could make two ears of corn, or two blades of grass, to grow upon a spot of ground where only one grew before, would deserve better of mankind, and do more essential service to his country, than the whole race of politicians put together*” (El Rey de Brobdingnag en “Los Viajes de Gulliver”).

² Las ilustraciones –a no ser que se indique lo contrario- están tomadas de <http://www.normanborlaug.org>.

en la formación de científicos mexicanos para crear un sistema nacional de agricultura, implicaba la investigación en genética, mejora, patología vegetal, entomología, edafología, agronomía y tecnología de cereales. En 1944 Borlaug aceptó el encargo, como genético y patólogo vegetal, de organizar y dirigir el programa cooperativo sobre trigo dentro de este proyecto de cooperación. En los siguientes 20 años alcanzó un enorme éxito al conseguir variedades de trigo muy productivas, semienanas y resistentes a enfermedades. Con los rendimientos producidos por las nuevas variedades, para finales de la década de 1950, México era autosuficiente en la producción de trigo.

Después de dos décadas de trabajo conjunto muy fructífero, la OEE se cerró. Más o menos al mismo tiempo, el gobierno mexicano estableció el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Muchos de los técnicos y científicos internacionales de la Fundación/OEE permanecieron en México como asesores del INIA. Unos años más tarde, el Presidente Adolfo López Mateos propuso la fundación en México de una institución de investigación agrícola en colaboración con la Fundación Rockefeller y, en 1966, se creó el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), un organismo sin fines de lucro y con proyección internacional, con sede en México. Muchos de los técnicos e investigadores que trabajaron en la OEE, incluyendo a Norman Borlaug, se unieron al CIMMYT. El Dr. Borlaug trabajó ininterrumpidamente en el CIMMYT desde entonces. En 1979 dejó de trabajar a tiempo completo en él, aunque siguió siendo consultor residente a tiempo parcial hasta su muerte. En 1984, su carrera profesional tomó un nuevo giro cuando asumió el cargo de profesor en la Universidad Texas A&M, puesto que desempeñó durante 23 años. En 1986 estableció un programa de apoyo a la agricultura en África, junto con el ex presidente de los Estados Unidos Jimmy Carter, y la Fundación Nipona, del Japón, dirigida por Ryoichi Sasakawa (**Fig. 2**). En 20 años, este programa, denominado Sasakawa-Global 2000, ha colaborado con 15 países africanos con el propósito de transferir tecnologías agrícolas mejoradas a millones de pequeños productores de ese continente.



Figura 2. El Dr. Norman Ernest Borlaug -en la foto rodeado de niños africanos-, fue uno de los impulsores del programa de apoyo a la agricultura en África, denominado Sasakawa-Global 2000.

El Dr. Borlaug contribuyó a la creación del Premio Mundial a la Alimentación (World Food Prize) en 1986, que reconoce las aportaciones de personas a la producción mundial de alimentos. Ha sido nombrado miembro honorario de las academias de ciencias agrícolas de 11 naciones, ha recibido 60 doctorados *honoris causa*, y recibió honores por parte de asociaciones cívicas y de productores de 28 países. Llegó a considerar a México como su propio hogar y recibió las más altas distinciones de este país: Medalla Presidencial a la Libertad, la Medalla Nacional a la Ciencia, y la Medalla de Oro del Congreso.

Murió el pasado 12 de septiembre.

Labor Científica

El Dr. Norman Borlaug, premio Nobel de la Paz 1970 (**Fig. 3**), es probablemente uno de los científicos más importantes del siglo XX. Conocido como el padre de la “Revolución Verde” su labor como mejorador ha contribuido como la de ningún otro a salvar la vida de millones de seres humanos durante la segunda mitad del pasado siglo.



Figura 3. El Dr. Norman Ernest Borlaug tras recibir el Premio Nobel de la Paz en 1970.

Fue precisamente su investigación para obtener variedades mejoradas de trigo, “que produjesen dos espigas allí donde sólo producían una”, lo que hizo que en los años 70 del siglo XX aumentase la producción de trigo de forma tan espectacular que se resolvieron problemas de escasez de alimentos, e incluso de hambrunas locales, en varios países en vías de desarrollo (en el lenguaje políticamente correcto actual, entonces simplemente países subdesarrollados) como India y Paquistán.

Según el mismo Borlaug (2000) la agricultura basada en la Ciencia es un invento del siglo XX. Hasta el siglo XIX el aumento de producción se había basado más en el aumento de la superficie cultivada que en aumento de los rendimientos. Las pequeñas mejoras en la maquinaria, la utilización de riegos, mejores técnicas de siembra, control de malas hierbas, etc., habían producido incrementos modestos en el rendimiento. De hecho Araus et al. (2007) calcula que, por ejemplo, la producción promedio de cebada y trigo a comienzos del



siglo XX era en las zonas circunmediterráneas de una tonelada por hectárea, más o menos lo mismo que al comienzo de la agricultura en esta zona. A mediados del XIX se producen algunos cambios significativos al establecerse los fundamentos de la química de suelos y la Agronomía por von Leibig y por Boussingault, además de comenzar el uso del nitrato de Chile. A lo largo de este siglo se establecen los primeros centros de mejora de plantas, aunque la mejora científica basada en la Genética no comenzaría hasta el redescubrimiento de las Leyes de Mendel en el 1900. A partir de ese momento la Mejora genética vegetal resulta en la producción de variedades cada vez más productivas.

El convulso siglo XX fue el marco de grandes avances en la agricultura, como en tantos otros campos de la actividad humana. En 1909 Fritz Haber descubrió la forma de sintetizar urea y en 1913 la compañía BASF abrió la primera planta industrial para producirla. Sin embargo la Primera Guerra Mundial (la urea se derivó hacia la producción de explosivos), la depresión del años 30 y la siguiente Segunda Guerra Mundial, impidieron la generalización del uso de los abonos nitrogenados. Sólo después de la Segunda Guerra Mundial se generalizó el uso de abonos nitrogenados contribuyendo a un gran aumento de la producción agraria.

Por aquellos años otro de los resultados claros era el enorme potencial de la Mejora genética en el aumento de los rendimientos. El único país que al filo de la II Guerra Mundial tenía una agricultura moderna eran los EE. UU. En el cinturón del maíz de este país ya se notaba el efecto que los híbridos de maíz tenían sobre la producción. Se alcanzaba un rendimiento medio de 1,8 t por ha (hay que tener en cuenta que la inmensa mayoría de la producción de maíz en los EE. UU. es en seco, sin riego como ocurre en España).

Pero como consecuencia de las guerras, de la pobreza o de ambas causas pocos países en el mundo eran capaces de producir una cantidad suficiente de alimentos como para asegurar la alimentación de sus habitantes de forma regular y estable.

En este momento comienza la labor de Norman Borlaug que le llevaría a ser merecedor del Premio Nobel de la Paz en 1970. Cuando se incorporó al programa de mejora de trigo en México empezó a trabajar en la mejora del trigo con especial énfasis en controlar la enfermedad fúngica de la roya (**Fig. 4**).

Él introdujo un tipo de programa de mejora multipropósito que incluía el desarrollo de variedades compuestas de trigo caracterizadas por ser iguales fenotípicamente pero genotípicamente diferentes en su resistencia a diferentes patógenos.



Figura 4. El Dr. Norman Ernest Borlaug, recogiendo datos en un campo de trigo.

Tomando como base las características semienanas de la variedad japonesa Norin 10, el año 1953 comenzó un programa para obtener variedades de trigo mejoradas semienanas de alto rendimiento que respondiesen bien al riego y a un abonado intenso. Las variedades de trigo tienden a encamarse si crecen mucho (los suelos fértiles y las condiciones de lluvia y viento favorecen el encamado de los cereales cuando las espigas están granadas, con las pérdidas de producción consiguientes). Además las condiciones de crecimiento en alta densidad favorecida por un buen abonado ayudan a la difusión de patógenos. De ahí la enorme utilidad de sus investigaciones combinando la mejora para porte semienano, alto rendimiento y resistencia a enfermedades. Sencillo de describir pero difícil de realizar.

Otro de los aspectos originales de su programa de mejora fue la adopción de un método “lanzadera” de mejora. Los cereales que se cultivan cerca o en las zonas subtropicales no suelen responder a fotoperiodo para completar su desarrollo, por ello decidió que las sucesivas generaciones a partir de la F_2 se cultivasen en dos condiciones diferentes: una cosecha de verano en la alta y fría zona cercana a la ciudad de México seguida de una cosecha de invierno en las cálidas condiciones de Sonora. Este procedimiento conseguía que las variedades mejoradas, además de ser semienanas y resistentes, tuviesen una amplia adaptabilidad. Variedades como Sonora 63, Sonora 64, Lerma Rojo 64 y Mayo 64, con un potencial productivo de 5-6 toneladas por hectárea transformaron la producción de trigo en México en los 60 y posteriormente la de India y Paquistán.

En 1966 la India importó 18.000 toneladas de semillas de trigo, fundamentalmente de Lerma Rojo 64-A, desde México. El resultado fue un salto en la producción desde 12 millones de toneladas en 1965 a 17 millones en 1968. Resultados similares se obtuvieron con el arroz como resultado de la introducción del gen de enanismo de la variedad china Dee-geewoo-gen en las largas variedades *indica* en el IRRI, un centro internacional de mejora del arroz en Filipinas. En 1968 William Gaud acuñó el término de “Revolución Verde” para este fenómeno, que no solamente ha aumentado la producción sino que también ha ahorrado recursos.

Los 80 millones de toneladas de trigo producidos en 2009 por la India en 26 millones de hectáreas habrían requerido 80 millones de hectáreas con los rendimientos de antes de la Revolución Verde (**Fig. 5**).



Figura 5. El Dr. Borlaug, delante de una pila de sacos de trigo, que ilustra el éxito de sus actividades en el autoabastecimiento de alimentos en la India.

A diferencia de lo que ocurrió en el Subcontinente Indio y después en China, África quedó al margen de la Revolución Verde. Desde 1968 Borlaug organizó un programa conocido como Sasakawa-Global 2000 para ayudar a los pequeños agricultores a duplicar o triplicar la producción de maíz, arroz, sorgo, mijo, trigo, mandioca y legumbres. Pero los espectaculares resultados de los ensayos no se tradujeron en avances a niveles nacionales debido a falta de sistemas de riego, comunicaciones, producción de semillas, mercados y a otros condicionantes.

El trabajo fundamental de Borlaug se basó en el uso de las técnicas tradicionales de la Mejora genética vegetal del siglo XX, pero era un gran defensor de la investigación biotecnológica, incluido el uso de las tecnologías basadas en el ADN recombinante. Creía firmemente en explotar nuevas oportunidades para crear nuevas combinaciones genéticas que ayudasen a enfrentarnos a los retos del cambio climático. Él también apoyaba la buena investigación pública y el intercambio de material genético.

Las investigaciones y actividades desarrolladas en el CIMMYT por el Dr. Borlaug no sólo han beneficiado a los países en desarrollo; miles de científicos y

mejoradores de cientos de países se han formado en ese centro, y los materiales obtenidos han estado a disposición de cuantos mejoradores han querido utilizarlos en los diferentes programas de mejora.

En sus últimos años había comenzado un gran programa de mejora en Triticale. El Tricale (\times *Triticosecale* Wittmack) es una especie alopoliploide de creación humana cuya obtención y mejora sistemática comenzó en los años 60 del siglo XX (**Fig. 6**). El Triticale es prometedor en tanto que puede ser superior en producción y calidad nutritiva a sus dos parentales, trigo y centeno.



Figura 6. El Dr. Borlaug, con expertos en agricultura, en un campo de trigo de la India.

Consecuencias de la Revolución Verde

Análisis mediante simulación (Everson y Gollin, 2003) indican que sin los programas internacionales de investigación (en el CIMMYT, el IRRI y otros Centros internacionales) en el año 2000 la producción de grano (para todas las especies) habría sido entre un 2,4 y un 4,8% mayor en los países desarrollados (fundamentalmente debido a que la menor producción en los países en vías de desarrollo habría aumentado los precios, lo que supondría un incentivo a la producción en los países ricos). El rendimiento en los países en vías de desarrollo habría sido entre un 19,5 y un 23,5% menor, a pesar de que los precios altos favorecerían las rentas agrarias. El modelo indica que los precios para el conjunto de los productos agrícolas habría sido entre un 35 y un 66 % más alto en el 2000 de lo que fueron en realidad. Puesto que los precios habían caído un 40% desde 1965 hasta el 2000, los precios se habrían mantenido constantes o habrían aumentado moderadamente sin la investigación internacional.

Los precios más altos habrían contribuido a la expansión de la superficie cultivada en todos los países, con las consiguientes consecuencias medioambientales. Considerando la superficie y los rendimientos en conjunto, la producción habría sido de un 4,4% a un 6,9% mayor en los países desarrollados y de un 13,9% a un 18,6% menor en los países en vías de



desarrollo. Sólo se habría evitado una crisis alimentaria catastrófica si estos últimos países hubiesen tenido los recursos para aumentar sus importaciones de alimentos entre un 27 y un 30% para compensar la disminución de producción.

El modelo indica sin embargo que en ausencia de la investigación internacional se habría experimentado una crisis de bienestar. La ingesta calórica per cápita en el mundo no desarrollado habría sido entre un 13,3 a 14,4 % menor y la proporción de malnutrición infantil habría sido de un 6,1% a un 7,9% mayor. Está claro que la mortalidad infantil habría sido mayor en estos países.

En muchos de los regadíos, sobre todo en Asia, no se hicieron las inversiones adecuadas en sistemas de drenado para evitar que la capa freática subiese demasiado arrastrando sales a la superficie desde capas más profundas. Conocemos las consecuencias: sería salinización de algunos suelos de regadío, sobre todo en las zonas con menos precipitaciones; o encharcamiento en las zonas más húmedas. Los sistemas de irrigación en Asia, que suponen casi dos tercios de la superficie irrigada, están seriamente afectados por ambos problemas. El resultado es que la mayoría de los fondos se gastan en corregir los problemas de sistemas mal diseñados, en lugar de nuevos proyectos de regadío, en los que los sistemas de drenado y tratamiento de efluentes deben ser considerados.

Base genética de la Revolución Verde

Conocemos algo de algunos de los genes implicados directamente en la revolución verde. Concretamente de los genes que permitieron obtener variedades de talla corta capaces de responder adecuadamente a condiciones de alta fertilidad.

El rendimiento mundial del trigo aumentó sustancialmente en los 60 y 70 debido a que los agricultores adoptaron rápidamente las nuevas variedades y los nuevos métodos de cultivo. Las nuevas variedades eran más bajas, tenían mayor rendimiento en la producción de grano a costa de reducir la biomasa destinada a paja, y al mismo tiempo eran más resistentes al encamado causado por la lluvia y el viento después del espigado. Además del gen de semienanismo encontrado en Norin 10 se han encontrado otros en otras variedades, como por ejemplo Tom Thumb. La acumulación de más de un gen de enanismo ha producido variedades aún más cortas, enanas, y esta metodología, inicialmente aplicada en la mejora del trigo y el arroz, se ha extendido a otros cereales como la cebada.

Los trigos son más bajos debido a que responden anormalmente a la hormona de crecimiento giberelina. La baja respuesta a giberelina se debe a uno o dos genes mutantes de enanismo en dos loci distintos (*Reduced height-1*, *Rht-*

B1 y *Rht-D1*, además existe un tercer gen *Rht3* (**Fig. 7**). Estos genes junto con el gen de enanismo *dwarf-8* (*d8*) de maíz son ortólogos del gen *Arabidopsis*

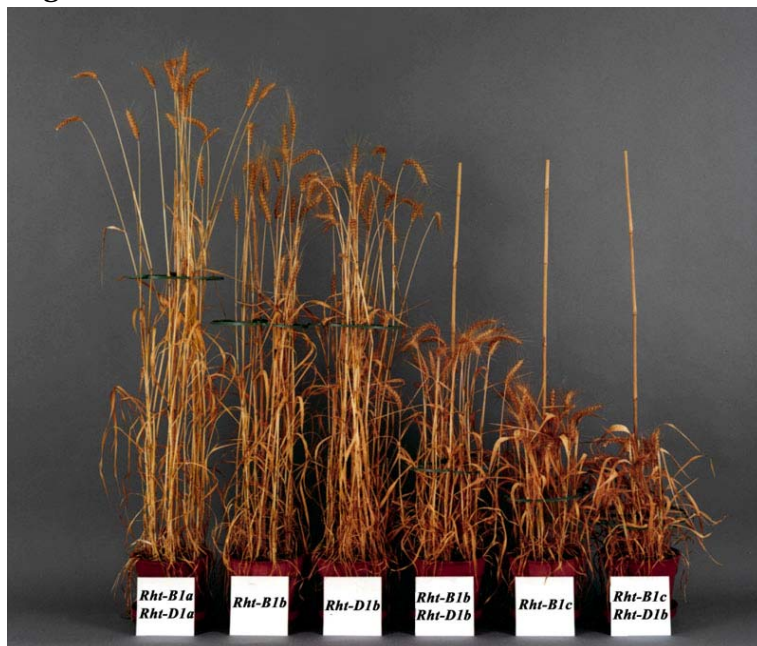


Figura 7. Efectos de distintos alelos *Rht* sobre la altura de plantas de trigo (cv. April Bearded). El tipo silvestre contiene *Rht-B1a* y *Rht-D1a*, que son genes homeólogos (correspondientes) en los genomas de B y D. *Rht-B1c* es un alelo más severo en el locus *Rht-B1*. (Tomado de Taiz y Zeiger, 2006, <http://4e.plantphys.net>)

Gibberellin Insensitive (*GAI*) de *Arabidopsis thaliana*. Estos genes codifican para proteínas que se parecen a factores de transcripción y que contienen un dominio parecido a SH2 (Peng et al., 1999). Sin embargo, el gen responsable del enanismo del arroz IR8, coreponsable de la “Revolución verde”, es un mutante del gen *sd1*, un gen que codifica para una oxidasa que interviene en la síntesis de giberelina (Sasaki et al., 2002). Por tanto en unos casos el enanismo

es consecuencia de un defecto en un gen estructural de la ruta de síntesis de giberelina mientras que en otros se debe a la alteración de un gen regulador implicado en la respuesta a giberelina (**Fig. 8**).

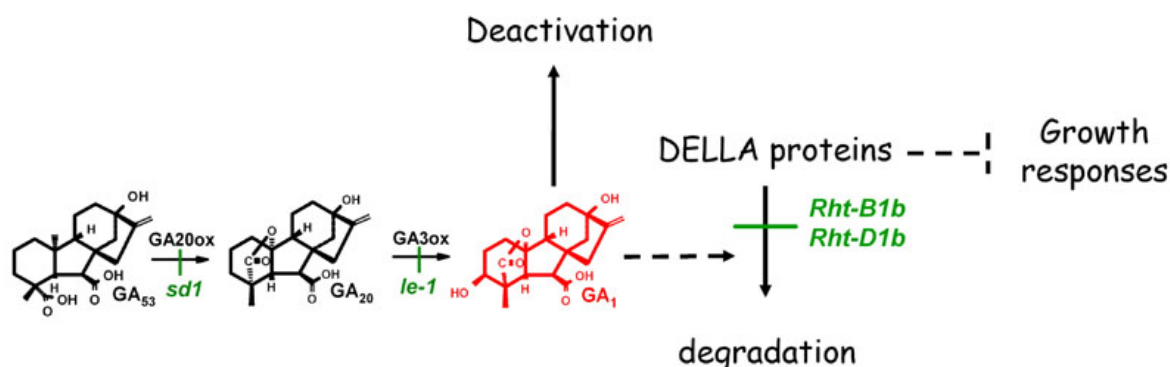


Figura 8. Ruta simplificada de la señalización por giberelinas (GA) en la que se destacan los lugares de mutación de líneas enanas de trigo, arroz y guisante. (Tomado de Taiz y Zeiger, 2006, <http://4e.plantphys.net>).



Problemas futuros

El principal problema sigue siendo alimentar a la humanidad y tratar de hacerlo de forma sostenible. Sobre esto Borlaug (2000) decía: *“La producción vegetal representa el 92% de la alimentación humana, de las que unas 30 especies suministran más de dos tercios de las calorías y proteínas, incluidas ocho especies de cereales, que en conjunto representan el 70% del suministro mundial de alimentos. Los productos animales constituyen sólo el 8% de la dieta mundial, que también dependen de las plantas. Si los alimentos se hubiesen distribuido equitativamente, en 1998 se habrían suministrado una dieta adecuada (2.350 calorías, principalmente de granos) a 6,8 miles de millones de personas, unos 900 millones más que la población actual [en el 2000]. Sin embargo, si la población del Tercer Mundo hubiese intentado obtener el 70% de sus calorías de productos animales, como los EE. UU., Canadá o la U. E., sólo la mitad de la humanidad se hubiese alimentado. Estas estadísticas indican los problemas fundamentales. El primero es la compleja tarea de producir suficientes cantidades de los alimentos para satisfacer las necesidades y cumplir con la hercúlea tarea de hacerlo de forma económica y ambientalmente sostenible. El segundo, igual o incluso más abrumador, es distribuir los alimentos equitativamente. La pobreza es el mayor impedimento para una distribución equitativa que, a su vez, se hace más grave por el rápido crecimiento de la población”*.

Terminaré con unas palabras de Luis Herrera Estrella (2008): *“Durante el pasado medio siglo hemos sido testigos del notable aumento en el rendimiento de los cultivos, mayoritariamente gracias a la Revolución Verde, y en el énfasis en la creación de nuevas variedades de maíz, trigo y arroz mediante mejora convencional. Pero, el impacto de la Revolución Verde en términos de incremento de los rendimientos se ha ido desacelerando desde hace cierto tiempo. Simultáneamente la población mundial ha seguido creciendo, particularmente en los países en vías de desarrollo. Por tanto, la capacidad de alimentar a la población mundial depende de los avances en nuestro conocimiento de la genómica y la genética vegetales, y de nuestra capacidad para generar nuevas variedades que puedan satisfacer las demandas ambientales y climáticas que los agricultores encontrarán probablemente en el futuro”*.

Bibliografía

- Araus JL, Ferrio JP, Buxó R, Voltas J. 2007. The historical perspective of dryland agriculture: lessons learned from 10.000 years of wheat cultivation. *J. Exp. Bot.* 58: 131–145.

- Borlaug E. 2000. The Green Revolution revisited and the road ahead. Special 30th Anniversary Lecture, The Norwegian Nobel Institute, Oslo, September 8, 2000.
- Evenson RE, Gollin D. 2003. Assessing the Impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. Science 300:758-762.
- Herrera-Estrella L. 2008. The green revolution is slowing. What next? TWAS Supplement to Nature Publishing Group. p 29.
- Peng J, Richards DE, Hartley NM, Murphy GP, Devos KM, Flintham JE, Beales J, Fish LJ, Worland AJ, Pelica F, Sudhakar D, Christou P, Snape JW, Gale MD, Harberd NP. 1999. 'Green revolution' genes encode mutant gibberellin response modulators. Nature 400: 256-261.
- Sasaki A, Ashikari M, Ueguchi-Tanaka M, Itoh H, Nishimura A, Swapan D, Ishiyama K, Saito T, Kobayashi M, Khush GS, Kitano H, Matsuoka M. 2002. Green revolution: A mutant gibberellin-synthesis gene in rice. Nature 416: 701-702.
- Taiz L, Zeiger E. 2006. Plant Physiology (4^a ed.). Ed. Sinauer. <http://4e.plantphys.net>.



Marcelino Pérez de la Vega es Catedrático de Genética de la Universidad de León. Licenciado y doctor en Biología por la Universidad Complutense de Madrid, tras una estancia postdoctoral de un año en la Universidad de California, Davis, se incorporó a la Universidad de León en el curso 1980-81. Además de director de los antiguos Departamentos de Genética, y de Ecología, Genética y Microbiología, durante el periodo 2000-2008 ha sido Vicerrector de

Investigación.

Desarrolla su investigación en el análisis poblacional y evolutivo de especies vegetales, y en la obtención y aplicación de conocimiento genético de varias plantas de cultivo para su mejora y la conservación de recursos genéticos. Ha sido director de 18 Tesis Doctorales, e investigador principal de más de 20 proyectos internacionales, nacionales y regionales. Es autor de 92 artículos científicos, la mayoría de ellos publicados en revistas indexadas en el JCI, 7 monografías de tipo docente/investigador, y 38 ponencias en congresos internacionales, algunas como orador invitado. Ha sido profesor invitado en la Escuela de Ingeniería Agraria de la Universidad de Mar del Plata, y en el Curso de Especialización Postuniversitaria en Mejora Genética Vegetal del Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos en Zaragoza. Fue elegido Fellow de la American Association for the Advancement of Sciences, en el año 2000.

MI PROYECTO DE TESIS

Control de microorganismos alterantes y patógenos de leche y queso de oveja de la provincia de León por D-eritroascorbato (análogo natural de la vitamina C) y otros antioxidantes utilizados en la industria alimentaria

Marta Gutiérrez Larraínzar

Área de Bioquímica y Biología Molecular. Departamento de Biología Molecular. Facultad de Veterinaria. Universidad de León. 24071. León.

mgutl@unileon.es

El deterioro y/o la alteración de los alimentos por los microorganismos es un problema que, hoy en día, no ha sido llevado a un adecuado control, a pesar de la amplia gama de técnicas de conservación. Los consumidores, cada vez más, evitan las comidas preparadas con conservantes de origen químico y las alternativas naturales son, por lo tanto, necesarias para lograr una vida útil suficientemente larga del alimento así como un alto grado de seguridad respecto a los microorganismos patógenos. Por ello, aún es necesario el desarrollo de nuevas estrategias para la reducción y eliminación de agentes patógenos transmitidos en los alimentos, posiblemente en combinación con métodos ya existentes. Además, en la sociedad occidental hay un interés creciente hacia un consumismo natural, deseando menos aditivos sintéticos en los alimentos y productos con un menor impacto medioambiental (Burt, 2004). En este sentido muchos estudios se centran en nuevas sustancias conservantes que, además de ser naturales, es decir, no sintéticas, no comprometen en ningún caso la salud.

La calidad microbiológica de la leche tiene una importancia fundamental tanto en la calidad tecnológica y sensorial de los productos elaborados (principalmente cuando son elaborados con leche cruda) como en el riesgo que supone el consumo de leche contaminada con patógenos alterantes de la misma. Los psicotrofos más comunes en la leche fresca cruda son microorganismos Gram-negativos, perteneciendo el 50% al género *Pseudomonas*, predominando *P. fluorescens*. Entre los microorganismos que sobreviven a la pasteurización, debido a su habilidad para esporular, destacamos *Bacillus cereus*. Además, bacterias patógenas pueden estar presentes en la leche como consecuencia de una enfermedad mamaria (mastitis) producida entre otros por *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Sin embargo, existen otras bacterias, las ácido-lácticas (BAL), cuyas bacteriocinas son activas frente a patógenos de los alimentos como *Clostridium botulinum*, *S. aureus* y *Listeria monocytogenes* (Nettles y Barefoot, 1993) y por lo tanto pueden ser aplicadas para la

conservación del alimento gracias a sus ventajas microbiológicas, fisiológicas y tecnológicas (Nettles y Barefoot, 1993; Smith, 1993; de Vuyst y Vandamme, 1994; Cleveland et al., 2001).

Por todo lo expuesto nos pareció adecuado el estudio de distintos compuestos antimicrobianos en la inhibición del crecimiento de diversas especies bacterianas presentes en la leche y queso de oveja. De este modo, se seleccionaron 17 compuestos antimicrobianos, naturales y sintéticos, que pudiesen evitar el crecimiento de especies bacterianas patógenas tales como *S. aureus*, *B. cereus*, *P. fluorescens* y *E. coli*, permitiendo el crecimiento de otras necesarias como *E. faecalis* y *L. paracasei*. Los compuestos naturales utilizados en este estudio fueron timol, carvacrol, eugenol, hidroquinona, ácido *p*-hidroxibenzoico, ácido protocatéquico, ácido gálico, ácido ascórbico y un análogo de éste, el ácido D-eritroascorbato y su forma glucosilada, ambos purificados del hongo zygomyceto *Phycomyces blakesleeanus*. Los compuestos sintéticos estudiados fueron los siguientes: BHA, BHT, TBHQ, galato de propilo, galato de octilo, ácido propil-4-hidroxibenzoato y el ácido N-heptil-4-hidroxibenzoato. La actividad antimicrobiana se midió determinando la cantidad más pequeña que se necesita de un agente para inhibir el crecimiento de un organismo, valor llamado Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) (Madigan et al., 2004). También se determinó la Concentración Mínima Bactericida (CMB), que se define como la concentración más pequeña del compuesto antimicrobiano que produce una reducción igual o superior al 99,9 % en el número de células viables en comparación con el que existía en el inóculo inicial, para alguno de los compuestos (carvacrol, hidroquinona, TBHQ y galato de propilo) en las cepas más sensibles y más resistentes, según los valores obtenidos de CMI, para cada especie microbiana.

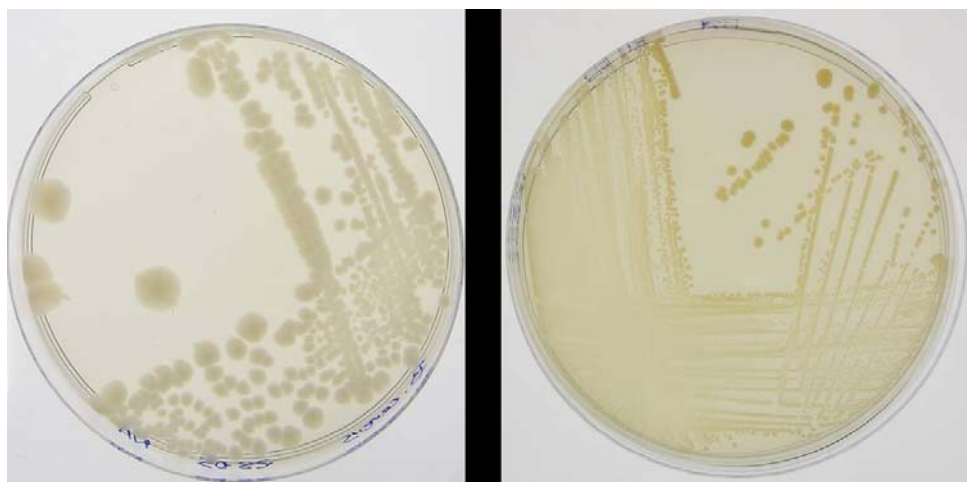


Figura 1: Dos cepas, una de *Bacillus cereus* (izda) y otra de *Staphylococcus aureus* (dcha) empleadas en este estudio.

De todos los compuestos ensayados, resultaron más eficaces frente a las Gram positivas, dentro de los sintéticos el TBHQ, con valores de CMI₅₀ y CMI₉₀ de 3,125 µg/ml para *S. aureus* y CMI₉₀ de 800 µg/ml para *B. cereus*, obteniéndose para este microorganismo el menor CMI₅₀ con N-heptil-4-hidroxibenzoato, con un valor de 25 µg/ml. En el caso de las bacterias Gram negativas, el compuesto sintético más eficaz tanto para *P. fluorescens* como para *E. coli* fue el galato de octilo, con valores de CMI₅₀ y CMI₉₀ de 50 µg/ml para *P. fluorescens* y CMI₅₀ y CMI₉₀ de 100 µg/ml para *E. coli*. En cuanto a los compuestos naturales, el carvacrol resultó ser el más eficaz frente a las dos especies Gram negativas utilizadas, con valores de CMI₅₀ de 400 µg/ml y CMI₉₀ de 600 µg/ml para *P. fluorescens* y CMI₅₀ de 150 µg/ml y CMI₉₀ de 300 µg/ml para *E. coli*, y para una de las especies Gram positiva, *B. cereus*, con valores de CMI₅₀ de 200 µg/ml y CMI₉₀ de 500 µg/ml. En cambio para *S. aureus* el compuesto natural más efectivo resultó ser la hidroquinona con valores de CMI₅₀ de 100 µg/ml y CMI₉₀ de 125 µg/ml.

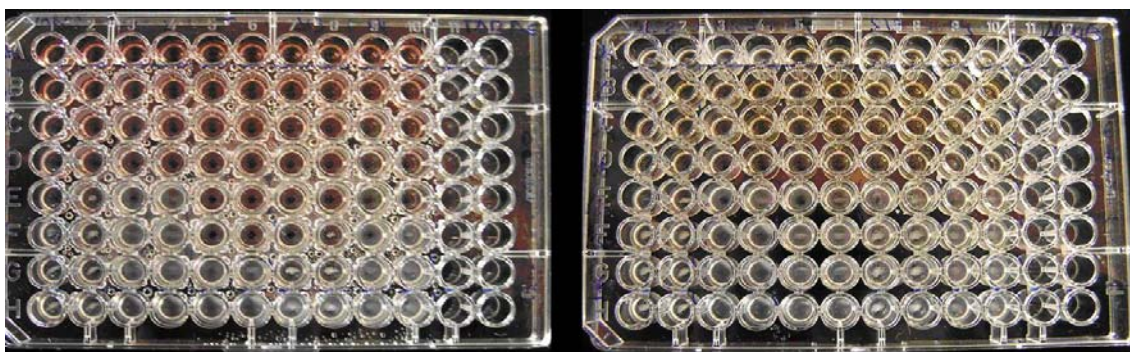


Figura 2: Efecto antimicrobiano de hidroquinona (izda) y galato de octilo (dcha) sobre varias cepas de *S. aureus*. Los pocillos claros indican ausencia de crecimiento bacteriano.

En cuanto a los compuestos que han centrado nuestro estudio, el D-eritroascorbato (D-EAA) y su glucósido (D-EAAG), éstos tuvieron un comportamiento similar al del L-ascorbato, con un CMI₅₀ de 1600 µg/ml para *S. aureus* y 6400 µg/ml para *E. coli* en el caso del D-EAAG y con un CMI₉₀ de 6400 µg/ml tanto para *S. aureus* como para *E. coli* en el caso del D-EAA.

Observamos que en el caso de las bacterias Gram negativas es necesario una mayor cantidad de compuesto, tanto natural como sintético, para conseguir inhibición en el crecimiento. La menor susceptibilidad de los microorganismos Gram-negativos puede deberse a la membrana externa que rodea la pared celular (Ratledge y Wilkinson, 1988) la cual restringe la difusión de los compuestos hidrofóbicos a través de la cubierta polisacáridica (Vaara, 1992). Sin embargo, esta membrana no es completamente hidrofóbica y algunos



compuestos pueden pasar a través de ella por medio de las porinas (Nikaido, 1996).

Así, aunque los valores de CMI₅₀ y CMI₉₀ más bajos se han encontrado fundamentalmente en compuestos sintéticos, se ha observado que compuestos naturales, tal y como el carvacrol y la hidroquinona, son eficientes en la inhibición del crecimiento de bacterias tanto Gram positivas como Gram negativas, pudiendo suponer una alternativa a la hora de la utilización de determinados compuestos que pueden llegar a tener efectos indeseables en la salud humana.

Bibliografía

- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potencial applications in food- a review. *International Journal of Food Microbiology* 94: 223-253.
- Cleveland, J., Montville, T. J., Nes, I. F. y Chikindas, M. L. (2001). Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *International Journal of Food Microbiology* 71: 1-20.
- de Vuyst, L. y Vandamme, E. J. (1994). Bacteriocins of lactic acid bacteria: microbiology, genetics and applications. Blackie Academic and Professional, London.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M. y Parker, J. (2004). Brock. *Biología de los microorganismos*. Pearson Educación, S.A., Madrid.
- Nettles, C. G. y Barefoot, S. F. (1993). Biochemical and genetic characteristics of bacteriocins of food- associated lactic acid bacteria. *Journal of Food Protection* 56: 338-356.
- Nikaido, H. (1996). Outer membrane. En: *Escherichia coli and Salmonella: cellular and molecular biology*. Editado por F. C. Neidhardt, pp: 29-47. AMS Press, Washington, D.C. USA.
- Ratledge, C. y Wilkinson, S. G. (1988). An overview of microbial lipids. Academic Press, London, UK.
- Vaara, M. (1992). Agents that increase the permeability of the outer membrane. *Microbiological Reviews* 56: 395-411.

Dirigida por:

Dra. M^a Dolores de Arriaga Giner y Dra. M^a Pilar del Valle Fernández (Área de Bioquímica y Biología Molecular. Universidad de León).

Otros miembros del equipo de investigación:

Dr. Félix Busto Ortiz (Área de Bioquímica y Biología Molecular, Universidad de León).

Dra. M^a Rosario García Armesto (Área de Nutrición y Bromatología, Universidad de León).

Dr. Francisco Javier Rúa Aller (Área de Bioquímica y Biología Molecular, Universidad de León).

Dña. Cristina de Castro Cristiano (Área de Bioquímica y Biología Molecular, Universidad de León).

Galería de fotos



Grupo de investigación al que pertenece la autora de la tesis doctoral. De izquierda a derecha: Dra. Pilar del Valle; Marta Gutiérrez; Dra. Dolores de Arriaga; Dr. Javier Rúa y Cristina de Castro.

DE TODO UN POCO

Las hormigas que nos invadieron

David Cuesta Segura

Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental, Área de Zoología.
Universidad de León.

dcuesta.bugman@gmail.com

El pasado 19 de noviembre, con motivo de la festividad de San Alberto Magno, se inauguró en el edificio Darwin la exposición fotográfica de la Asociación Ibérica de Mirmecología (AIM), en colaboración con la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Dicha exposición permaneció expuesta hasta el día 27 de noviembre.

El origen, fue un concurso fotográfico organizado en 2007 en el foro de *La Marabunta* (www.lamarabunta.org), que culminó en una exposición de las fotografías en Vigo, durante el encuentro *Taxomara* de ese año. Las mismas fotografías junto con algo de texto fueron expuestas de nuevo en la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona en octubre-noviembre de 2008. Considerando apetecible un evento así para la facultad en la que tantos años he pasado, hablé de ello con José Carlos Pena Álvarez, del que enseguida obtuve el visto bueno. Acordamos las fechas para coincidir con las fiestas de la Facultad y el lugar para aprovechar el entonces inacabado edificio Darwin, al que hasta ese momento yo llamaba *la lata de sardinas*.

Cuando la exposición llegó a mí, contaba con 48 fotos distribuidas en cinco apartados y unos pies de foto muy heterogéneos en contenido y longitud. Fue un reto redistribuir las fotos existentes y añadir otras nuevas complementarias, homogeneizar los pies de foto y crear un texto explicativo que fuese claro, poco extenso y lo más didáctico posible. Pero no lo hice sólo, gracias a la ayuda de M^a Ángeles, Manolo, Nico, Sergio y Xavier pude acabar de identificar las especies de las fotografías, y este último también revisó el texto. Aunque quedaron muchas cosas por mejorar, el resultado final fue llamado “Las hormigas” y constaba de un total de 78 fotografías y 13 paneles explicativos, distribuido todo ello en ocho bloques.

La exposición se iniciaba en el descansillo de las escaleras con los dos primeros bloques (“presentación” y “partes del cuerpo”) y un cartel que decía: “¿Qué sabes de hormigas? ¿Quieres aprender? Aquí puedes”. El texto comenzaba contando que las hormigas son insectos de la familia Formicidae,

dentro del orden Hymenoptera. Se hablaba de su importancia y de datos generales, como que a nivel mundial esta familia cuenta con unas 12.600 especies descritas (toda la clase Aves tiene unas 11.000). En la Península Ibérica hay catalogadas unas 260 especies en 44 géneros y las cabezas de todos ellos podían compararse en una de las fotografías. Una hilera de hormigas



Figura 1. Bloque “castas de hormigas” de la exposición en el edificio Darwin [Fotografía: David Cuesta Segura].

pegadas en el suelo (las del pasamanos las robaron en pocas horas) dirigían al visitante al primer piso para encontrarse con los tres bloques siguientes: “castas de hormigas” (**Fig. 1**), “fases de desarrollo” y “alimentación”. En este último bloque se destacó la trofalaxia o trofalaxis, un mecanismo por el cual las hormigas intercambian comida, distribuyéndola entre los individuos de la colonia. En el siguiente descansillo, entre la primera y la segunda planta, estaba el bloque “vivienda”, el cual exponía la gran diversidad de lugares donde se puede encontrar un hormiguero, y la importancia que tienen la humedad y la temperatura para las hormigas. En el segundo piso se colocaron los dos últimos bloques: “peligros”, donde podía verse la cantidad de enemigos a los que tienen que enfrentarse; y “viviendo de las hormigas”, un bloque que enseñaba alguno de los muchos organismos que conviven con las hormigas (**Fig. 2**). Entre esos organismos se destacó a los parásitos, pudiendo verse fotos de coleópteros del género *Lomechusa* (Staphylinidae) y *Pausus* (Carabidae), de dípteros del género



Figura 2. Ninfa mirmecomorfa del chinche *Himacerus mirmicoides* (Hemiptera: Nabidae) [Fotografía: David Cuesta Segura].



Microdon (Sirphyidae) e incluso de hormigas que parasitan a otras especies de hormigas, como los géneros *Anergates* y *Teleutomyrmex*. La hilera de hormigas terminaba su recorrido en un armario con puertas de cristal, en el que podían verse colonias vivas, los libros editados por la AIM y el póster con las cabezas de hormigas de todos los géneros ibéricos (a la venta), así como información sobre la asociación y sus actividades.

Durante el tiempo que estuve de atención al público los visitantes aparecieron a cuentagotas, quizá por el horario. También tuve la oportunidad de oír a una alumna que pasaba decir: “p. hormigas, están por todos lados”. Algun@s dejaron constancia en el libro de visitas con comentarios que agradezco y que justifican de algún modo el esfuerzo empleado. A día de hoy, desconozco el alcance real de la exposición, aunque parece que la visitó “bastante” gente.

Mi más sincero agradecimiento a tod@s los que me ayudaron a montar y desmontar la exposición, especialmente a Alba y Humberto, a Rafa del Servicio de Impresión de la ULE y a José Carlos en representación de la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales.

Para más información:

- www.mirmiberica.org Asociación Ibérica de Mirmecología
- www.mirmiberica.org/expoleon2009 Reportaje fotográfico de la exposición.



Noticias de Actualidad

Cursos y conferencias

Durante los meses de octubre a diciembre de 2009 tuvo lugar el V Curso de Actualidad Científica y Cultural, organizado por la Universidad de León y la Fundación Carolina Rodríguez, con las siguientes conferencias:

- **“Los Espacios Naturales Protegidos: De los Parques Nacionales a la Red Natura 2000”**. D. Fernando López Ramón. Catedrático de Derecho Administrativo. Universidad de Zaragoza.
- **“El Reto de las Enfermedades Transmisibles y su Impacto Social”**. D. Juan José Badiola Diez. Catedrático de Sanidad Animal de la Universidad de Zaragoza. Presidente del Consejo General de Colegios Veterinarios.
- **“Cambios Intensos en la Diversidad Biológica: Mecanismos y Perspectivas”**. D. Francisco García Novo. Catedrático de Ecología. Universidad de Sevilla.
- **“Ius Quijotescum. Una Versión Literaria del Derecho en El Quijote”**. D. Germán Barreiro González. Catedrático del Derecho del Trabajo y de la Seguridad Social. Decano de la Facultad de Ciencias del Trabajo. Universidad de León.
- **“Vivencias del Pintor ante el Paisaje y el Retrato”**. D. José Sánchez-Carralero López. Catedrático de Pintura. Universidad de Complutense de Madrid. Premio Castilla-León de las Artes.
- **“Envejecimiento y Cáncer: Sueños de Inmortalidad”**. D. Carlos López Otín. Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular. Universidad de Oviedo. Premio Nacional de Investigación en Biología. Premio Rey Jaime I.
- **“La Operación Puerto y el Cambio de la Percepción del Dopaje en España”**. D. Carlos Arribas Lázaro. Periodista. Madrid.
- **“Donación sin Fronteras: Cultura y Solidaridad”**. D. Martín Manceñido Fuertes. Presidente de la Fundación Nacional FUNDASPE y de la Federación Española de Donantes de Sangre.
- **“La Teoría de la Evolución. Selección Natural y Especiación”**. D. Luis Serra Camo. Catedrático de Genética. Universidad de Barcelona.
- **“Las Personas Ciegas: Aspectos Históricos y Sociales”**. D. Alberto Daudén Tallaví. Doctor en Historia Contemporánea por la Universidad Complutense de Madrid. Jefe del Departamento de Recursos Culturales de la Dirección General de la ONCE.
- **“León: la Ciencia por Rastrojo y la Cultura en Altarines o 40 Años Repitiendo Curso”**. D. Pedro García Trapiello. Escritor Leonés.

- **“El Corporativismo en las Instituciones”**. D. Manuel B. García Álvarez. Catedrático de Derecho Constitucional de la Universidad de León. Ex-Procurador del Común. Junta de Castilla y León.

Elecciones a Decano en la Facultad de CC. Biológicas y Ambientales

El pasado día 26 de noviembre de 2009 tuvo lugar la elección de la nueva Decana de la Facultad, resultando elegida la Dra. Blanca E. Razquín Peralta. La secretaria de la Facultad será la Dra. Marta Eva García González, y los Dres. María Luz Centeno Martín y Julen Susperregui Lesaca los nuevos Vice-Decanos.

Inauguración del Edificio Darwin

El día 21 de diciembre de 2009, en medio de un Campus de Vegazana invadido por la nieve y el hielo, tuvo lugar la inauguración del Edificio Darwin, a cargo del Presidente de la Junta de Castilla y León, D. Juan Vicente Herrera, entre otras personalidades.



D. Juan Vicente Herrera usando un microscopio durante la inauguración del edificio Darwin, bajo la atenta mirada de la Dra. Blanca E. Razquín y el Dr. José Á. Hermida. (Foto: Diario de León).

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>



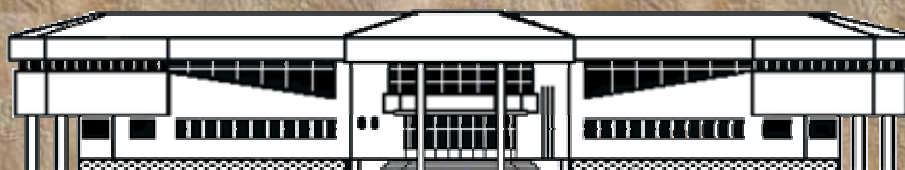
En contraportada: Los nuevos aparcamientos para bicicletas que están siendo instalados en todo el Campus, como éste, delante del Edificio Darwin, gozan de gran aceptación.



Foto: Víctor Castro

40 aniversario
Estudios de Biología
Universidad de León
Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales

★ 1968★



★ 2009★