

REV B IGO

Revista da Facultade de Bioloxía. Universidade de Vigo



Homenaxe a
Gregor Mendel

Semillas	A row of eight pea seeds illustrating different phenotypes: a yellow seed, a green seed, a yellow-green striped seed, a yellow-green mottled seed, a grey seed, and a white seed.
Vaina	A row of four pea pods illustrating different colors: two green pods and two yellow pods.
Tallo	A row of four pea plants illustrating different stem types: a climbing plant with a yellow flower, a non-climbing plant, a climbing plant with a brown stem, and a non-climbing plant with a brown stem.

- 2015 -

REVBIIGO

Revista da Facultade de Bioloxía. Universidade de Vigo

2015 ANUARIO

Volume VII

HOMENAXE
GREGOR JOHANN MENDEL
1822 - 1884



Facultade de Bioloxía

Universidade de Vigo

REVBIGO

Revista da Facultade de Bioloxía. Universidade de Vigo

CONSELLO EDITORIAL

M^a Luisa Castro Cerceda	Profesora Titular da Área de Botánica. Dpto. de Bioloxía Vexetal e CC. do Solo.
Emilio Gil Martín	Profesor Titular da Área de Bioquímica. Dpto. de Bioquímica, Xenética e Inmunoloxía.
Fuencisla Mariño Callejo	Profesora Titular da Área de Zooloxía. Dpto. de Bioloxía Animal e Ecoloxía.
Manuel Megías Pacheco	Profesor Titular da Área de Bioloxía Celular. Dpto. de Bioloxía Funcional e CC. da Saúde.
Pilar Molist García	Profesora Titular da Área de Bioloxía Celular. Dpto. de Bioloxía Funcional e CC. da Saúde.
Manuel Ángel Pombal Diego	Profesor Titular da Área de Bioloxía Celular. Dpto. de Bioloxía Funcional e CC. da Saúde.
Jonatan Reboredo Durán	Alumno Predoutoral Biotecnoloxía.

COLABORADORES

Luisa M^a Castro Cerceda	Profesora Titular da Área de Botánica. Dpto. de Bioloxía Vexetal e CC. do Solo.
Raúl Iglesias Blanco	Profesor Titular da Área de Parasitoloxía. Dpto. de Bioquímica, Xenética e Inmunoloxía.
Elena Benito Rueda	Profesora Titular da Área de Edafoloxía. Dpto. de Bioloxía Vexetale CC. do Solo.
Jesús M. Míguez Miramontes	Profesor Titular da Área de Fisioloxía. Dpto. de Bioloxía Funcional e CC. da Saúde.
Castor Muñoz	Profesor Titular da Área de Botánica. Dpto. de Bioloxía Vexetale CC. do Solo.
Jonatan Reboredo Durán	Estudante de doctorado en Biotecnoloxía.

Ana Gago Martínez	Profesora Titular da Área de Química Analítica. Dpto. de Química Analítica
Fuencisla Mariño Callejo	Profesora Titular da Área de Zooloxía. Dpto. de Bioloxía Animal e Ecoloxía.
María Jesús Iglesias Briones	Catedrática da Área de Zooloxía. Dpto. de Bioloxía Animal e Ecoloxía.
Emilio Rolán Álvarez	Catedrático da Área de Xenética. Dpto. de Bioquímica, Xenética e Inmunoloxía.
María Paez de la Cadena Tortosa	Catedrática da Área de Bioquímica. Dpto. de Bioquímica, Xenética e Inmunoloxía.

Enmaquetado:

Jonatan Reboredo Durán

Edita: Decanato da Facultade de Bioloxía

Jesús M. Míguez Miramontes	Decano
Mercedes Gallardo Medina	Vicedecana
Vicenta Martínez Zorzano	Vicedecana
Fuencisla Mariño Callejo	Vicedecana
Aida García Molares	Secretaria

ISSN: 2386-8929

Tempos de Bioloxía	1
Homenaxe a Gregor Mendel	3
Actividades de San Alberte 2014	
Conferencia Antonio Figueras	5
Conferencia sobre Aproveitamento Micolóxica	6
Exposición de cogomelos	8
Concurso de Fotografía	9
Cineforum Bioloxía	11
Olimpiada de Bioloxía	
Fase Galega	14
Fase Nacional	15
Proxecto "Divulgate"	18
Acto de Graduación da Promoción 2011/2015	
Foto	20
Discurso madrina	20
Discurso padrino	23
Discurso representante alumnado	26
Orla	27

Traballos Académicos

- ▶ **Proyecto de aprovechamiento micológico sostenible en el monte de cotres (Arcos, Pontearreas).** Hugo Fernández Ricón 28
- ▶ **Contaminación por parásitos zoonóticos de origen canino en parques públicos del ayuntamiento de Vigo.** Sandra M^a Gallego Pereira 37
- ▶ **Aplicación de la ilustración científica en el campo de la micología.** Alexandra Skinner 48
- ▶ **Palinoteca: Unha colección de referencia a partir da flora do campus de As Lagoas-Marcosende.** Alberto Castro Parada 58
- ▶ **Bioteecnoloxía ante os retos alimenticeos da Humanidade.** Rubén González Miguélez 68
- ▶ **Aproveitamento mico-pedagóxico do monte da Picaraña (Pontearreas): Deseño dun roteiro micolóxico e un centro de interpretación complementario.** Gabriel Pérez Torrón 74
- ▶ **Desarrollo de un método analítico para la determinación de toxinas acuáticas de origen natural.** Jorge Giráldez Fernández 84
- ▶ **Conservación de aprendizaje de planarias después de sufrir decapitación y regeneración del tejido nervioso: Una revisión de la controversia y perspectivas para el futuro.** Juan Gefaell Borrás, Héctor Fernández Nieto, Braís Piñeiro Fernández 96
- ▶ **Hierbas medicinales: uso en la Cultura Gallega.** Ermitas Cabaleiro Soutullo, Carmen Ferrer Muñoz, Rosa Martínez Pazó, Rosa Molares Alonso, M^a José Rodríguez Boente 105
- ▶ **Plantas en relación co folclore Galego: Uso máxico.** Gabriela García Blanco, David Gutiérrez Rial, Lois Regueira Marcos, Andrés Reigosa Alonso 113
- ▶ **Briófitos: Para algo más que para el Belén.** Francisco Javier Cabaleiro Piñeiro, Carlos Eireos Quinteiro, Anxo Méndez Villar, Marta Ruiz Arribas 121
- ▶ **Tiras cómicas para ilustrar "La evolución de los amniotas".** María Jesús Iglesias Briones y alumnos 130
- ▶ **Cultivo de algas para la producción de biocombustibles.** Ana Arce Bastos, Javier Echave Álvarez, Jéssica Groba Represa, Ánxo Méndez Villar, Marta Ruiz Arribas, Ana Rus Bouzón. 138

TEMPOS DE BIOLOXÍA

Benqueridos amantes da bioloxía.

Un ano máis teño o pracer de presentarvos un novo número da revista Revbigo, o proxecto científico-divulgativo da Facultade de Bioloxía que xa cumpre a súa sétima edición. Queremos con este número dar continuidade e solidez á iniciativa xurdida no ano 2006 e que tan brillante traxectoria atesoura. No ano 2014, tras uns anos de ausencia motivados pola dificultade de manter un proxecto tan esixente, volveu con luz propia para darnos un número que me atrevería a cualificar de brillante, e mesmo excepcional si nos atemos a xenerosa amplitude dos seus contidos e a expresa vontade de renovación que inclúe o número editado neste ano.

Ademais, seguindo coa liña que se acadou na anterior anualidade, pretendemos achegar a todos os lectores un pequeno anuario das actividades de máis relevancia que se levan a cabo na nosa Facultade. Velaí que xa mesmo sexa tradicional falar das actividades incluídas na celebración do San Alberte, alá por novembro do ano 2014, e se de extensa conta do acontecido no acto de graduación que celebramos en xuño de 2015 con motivo da terceira promoción de alumnos de Grado en Bioloxía. Pero tamén temos que facer explícita referencia a outras actividades importantes desenvolvidas neste ano como foi o caso do proxecto DivulGate que xurde das iniciativas da Delegación de alumnos, ou do Cineforum que grazas a dedicación dun grupo de profesoras cumpriu xa a súa 5ª edición acadando un gran éxito no centro e, en xeral, na universidade. Así mesmo o ano 2015 tróuxonos as actividades da fase rexional da Olimpiada de Bioloxía, que a Facultade organizou aló polo mes de xaneiro deste ano e que supoñen un decidido apoio a esta iniciativa que busca aos mellores alumnos de bacharelato, sempre a prol de fomentar o seu interese polo coñecemento no ámbito da bioloxía e, en xeral, pola ciencia. Mesmo deunos tanto alento esta actividade que nos postulamos como Facultade para organizar no vindeiro ano 2016 a XI edición da Olimpiada Nacional de Bioloxía, na que concorrerán rapaces



de todo o estado español. Este será sen dúbida outro reto importante que afrontamos agora coa máxima ilusión, sabendo tamén que son todas estas actividades que organizamos ás que nos proxectan dunha forma moi directa a sociedade, e que nos permite restituír dalgunha maneira a confianza posta en nos como centro de formación dos rapaces que serán os futuros investigadores e transmisores do coñecemento científico.

Este número da revista é tamén especial pola súa dedicación a Gregor Mendel, unha figura científica moi recoñecida dende hai anos, pero cuxas aportacións que sentaron as bases da herdanza dos caracteres xenéticos, careceron do merecido recoñecemento nos tempos en que foron formuladas, aló por mediados do século XIX. Rememorar as grandes figuras da bioloxía e da ciencia en xeral é outro dos propósitos de Revbigo pois, maila a gran revolución do coñecemento científico vivida no século XX e da trepidante chegada de novas aportacións no momento actual de expansión da investigación, non debemos esquecer aos pioneiros cuxas aportacións foron en moitos casos decisivas para a posterior evolución do coñecemento científico e que, en moitos casos, tiveron que enfrontarse a tremendas barreiras sociais e impostas polo pensamento dominante, a miúdo pouco amigable coa ciencia. A nosa intención é continuar a rememorar estas figuras é que poidan servir de xerme para que os nosos estudantes e futuros investigadores as teñan presentes e lle concedan o seu xusto valor.

Quero facer tamén referencia aos múltiples traballos científico-divulgativos que están a ser publicados na revista. Todos eles teñen un valor indubidable en si mesmos pero tamén polo que representan como aportación dos estudantes do noso centro que, con toda a súa ilusión, traballaron arreo para alumear esa aportación. Estou seguro que todos se esmeraron tratando de facelo o mais completo e mellor posible, sempre coa valiosa revisión por parte dos profesores que fixeron de titores nesas aportacións. Para moitos destes estudantes foia a súa primeira experiencia de publicación nunha revista científica, un primeiro paso que oxalá poida continuar en posteriores números e quen sabe si en outras revistas. En todo caso, trátase de que se sintan orgullosos do seu traballo e de ver que a través desta iniciativa poden facer valiosas aportacións a sociedade. Quen sabe se o comezo dunha gran carreira como investigadores podería ter unha primeira publicación en Revbigo! Por iso, e por moitos outros motivos que nos alentan, instamos a todos os alumnos e profesores desta gran familia universitaria a que se animen a contribuír con aportacións nos vindeiros números da revista.

Por último, quero rematar felicitando o primeiro cuarto de século da Universidade de Vigo. Se ven e certo que a nosa universidade aínda é moi nova, tamén podemos afirmar que ten carácter e forza, os mesmos valores que na Facultade de Bioloxía pretendemos transmitir ó noso alumnado. Uns ideais de esforzo e traballo para sustentar unha formación que pretende ser de calidade, e a confianza en nos mesmos sabedores de que podemos acadar grandes metas persoais e colectivas. Por ese motivo, nos seguimos traballando a prol da Universidade, da nosa Facultade e da presente revista, porque creemos nun xeito de facer as cousas no que a mellora continua debe ser a base do éxito.

Así pois, so me queda dicir ...adiante Bioloxía.
Mais Revbigo!

Jesús M. Míguez Miramontes

Decano da Facultade de Bioloxía

SOBRE MENDEL, LA GENÉTICA Y LA CIENCIA EN GENERAL

La figura de Gregor Johan Mendel (1822-1884) ha quedado definitivamente asociada a la fundación de la Genética. Afortunadamente, se conoce bastante bien la historia y tribulaciones de este monje católico agustino, que desarrolló sus actividades en la Abadía de Santo Tomás de Brno (República Checa). El ambiente de la Abadía era bastante ilustrado para la época, incluso el propio Mendel fue enviado a Viena a estudiar en la Universidad. Además de ser un experto cultivador de hortalizas y árboles frutales, y un consumado naturalista por afición, Mendel acabó siendo miembro, en alguna ocasión hasta presidente, de varias sociedades científicas de la época, así como un notable economista y gestor de su propia Abadía, que llegó a dirigir en su última etapa. Todo ello confirma la enorme magnitud académica y humana del personaje histórico. La historia oficial cuenta que Mendel y sus descubrimientos resultaron clave en la fundación y desarrollo de la Genética. Por ejemplo, en un libro de Genética actual se dice "Los experimentos que llevó a cabo Mendel con plantas de guisantes son un paradigma de trabajo de investigación y en ello, precisamente, radica su éxito". Sin embargo, brevemente, trataré de enfatizar algunos aspectos ligeramente diferentes sobre la importancia que se da a la contribución de Mendel en la mayoría de libros de texto.

Coincido con la mayoría de autores en que el trabajo de Mendel roza la perfección científica. Mendel realizó experimentos con plantas de guisante realizando cuidadosos cruzamientos entre variedades puras con el objeto de desentrañar cómo caracteres morfológicos cualitativos (fenotipos) se transmitían a la descendencia en la siguiente generación. Demostró que la herencia es "particulada", es decir que existen dos copias (alelos) de las partículas (genes) responsables de la determinación de los fenotipos, y que éstos alelos se combinan durante la reproducción según las leyes de la probabilidad para determinar los fenotipos en la descendencia. También descubrió que algunos alelos (dominantes) predominaban



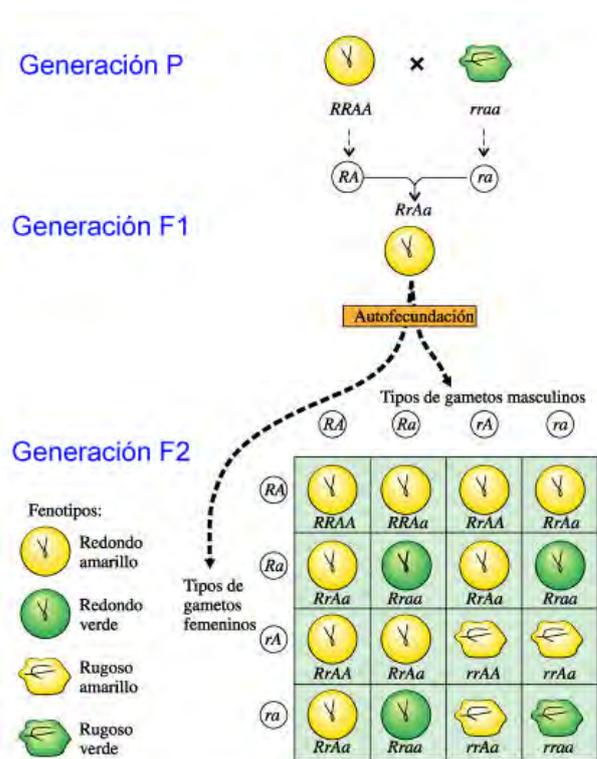
Caricatura de Gregor Johan Mendel

en la expresión de sus características cuando coincidían con otros (recesivos) en el mismo individuo y que diferentes caracteres podían transmitirse por medio de partículas hereditarias que se comportaban independientemente (herencia no ligada). Sin embargo, en este momento, me interesa enfatizar otra de las principales aportaciones del trabajo de Mendel, el empleo de la estadística para la verificación formal de hipótesis científicas. Ello sin ninguna duda se debió a su formación matemática y experiencia en economía y gestión. En ciencia, como en muchas otras facetas de la vida, combinar experiencias de ámbitos diferentes suele permitir abordar los problemas con originalidad y eficacia. Esto conviene tenerlo presente en un mundo en el que cada vez se obliga más a especializarse a estudiantes y profesionales.

Lo que sí pongo en duda es el supuesto éxito de Mendel en relación a su contribución a la genética. Desgraciadamente, para vergüenza y oprobio de la clase científica de la época, el

trabajo de Mendel pasó prácticamente desapercibido. Mendel presentó los principales resultados de sus experiencias con guisantes en la Sociedad de Ciencias Naturales de Brno en 1865, y los publicó formalmente en 1866 en los anales de la misma sociedad. Mendel era perfectamente consciente de la importancia de su trabajo y del posible impacto que pudiera tener en la biología de su época, como lo atestiguan algunas cartas a botánicos de renombre o la reiterada continuación de dichas experiencias en otros organismos modelos tratando de repetir sus resultados. Sin embargo, el trabajo de Mendel fue sistemáticamente ignorado y ello, a mi modo de ver, se debe a una serie de factores que nos permiten conocer cómo funciona la ciencia. El primero es que los profesionales del ámbito académico en cuestión no estaban preparados para entender su trabajo, es decir, no entendían la utilización de pruebas estadísticas en un contexto biológico. El segundo factor fue que Mendel no presentó su trabajo como un reputado científico profesional, sino más bien como un desconocido naturalista aficionado, y claro, eso, para el resto de colegas, desgraciadamente, restaba importancia a su descubrimiento. El tercer factor (influenciado por los anteriores) es que nadie pudo replicar sus experimentos. Mendel lo intentó reiteradas veces, pero con tan mala fortuna, que utilizó un género de plantas (*Hieracium* spp) que sufría anomalías hereditarias (descendencia por apomixia) y abejas comunes, que como sabemos poseen un ciclo haplo/diplonte. La realidad es que el trabajo de Mendel fue olvidado hasta que tres grupos de investigación (Hugo de Vries, Erich Von Tschermak y Carl Correns) retomaron su misma estrategia experimental llegando de forma independiente a sus mismos resultados en 1900. Eso ocurrió, desgraciadamente, 16 años después de la muerte del genial investigador, y dicho fenómeno sí que contribuyó al origen y fundación de la genética.

La ausencia de impacto científico de un trabajo tan relevante (como mínimo durante 34 años) como el de Mendel sólo se explica porque en ciencia, además de disponer de una prueba



Esquema del experimento realizado por Mendel (fuente FCEfyN)

experimental de alguna hipótesis científica, también hay que ser capaz de convencer a tus coetáneos de ella. La ciencia avanza mediante el cambio gradual en las ideas predominantes de una élite académica. La ciencia como cualquier otra actividad humana no es perfecta, si bien sigue siendo la mejor herramienta conocida para el progreso del conocimiento. A pesar de todo lo anterior, todavía concibo a Mendel como uno de los grandes héroes de la historia de la ciencia, pero eso sí, por su esfuerzo, tesón y originalidad, y sobre todo por la injusticia de no haberle reconocido su genio a lo largo de su vida. Quizás el conocimiento de dicha injusticia sea la explicación de por qué sistemáticamente se suele edulcorar en los libros de texto la verdadera relación entre la vida de Mendel, sus descubrimientos y la Genética. Sin embargo, creo que entender cómo funciona de verdad el progreso científico es siempre más interesante y provechoso.

Emilio Rolán Álvarez
Catedrático de Genética de la
Universidad de Vigo

ACTIVIDADES SAN ALBERTE 2014

Conferencia de Antonio Figueras

Biotecnología marina. El crecimiento azul europeo en Galicia.

Los océanos constituyen más de las dos terceras partes de nuestro planeta. Lógicamente son fuente de muchos recursos, entre ellos alimento. Alrededor de un 35% de los productos pesqueros que se consumen en el mundo proceden de la acuicultura y este porcentaje sigue incrementándose paulatinamente. El 70% de los caladeros internacionales se encuentra en estado de sobreexplotación y el nivel de capturas actual procedente de las actividades pesqueras ha llegado prácticamente al máximo que puede alcanzarse. La producción acuícola española la lidera Galicia, con una producción anual cercana a las 210.000 toneladas, y que constituye la mayor parte de la producción total de la



Antonio Figueras durante su conferencia

acuicultura española, cifrada en torno a las 270.000 toneladas. La biotecnología podría ayudar a conseguir una producción económicamente rentable de animales sanos con un impacto ambiental limitado.

La biotecnología consiste en aprovechar todo lo que tienen los seres vivos en nuestro beneficio y no solo en la producción de animales para el consumo. Por esto, la biotecnología marina incluye, además de la producción de alimento mediante el cultivo de organismos marinos, el

aprovechamiento de los recursos de nuestros mares como fuente de productos naturales o incluso como energías alternativas.

La naturaleza guarda miles de secretos para el desarrollo de nuevos tipos de analgésicos y métodos desconocidos para la recuperación de tejidos y órganos perdidos. En el mundo marino tenemos múltiples ejemplos de la utilidad de diversas especies para usos biomédicos u otras aplicaciones tecnológicas, de hecho, hoy en día existen ya casos de comercialización de distintas sustancias a partir de especies marinas.

En animales tan próximos a nosotros como son los mejillones, se ha descubierto una nueva clase de péptidos antimicrobianos, con actividades antivirales y antibacterianas, llamada myticina C. Los péptidos antimicrobianos son pequeñas moléculas, presentes en la gran mayoría de organismos, que actúan como antibióticos naturales ante determinadas enfermedades. Forman parte del sistema inmunitario innato, que se encarga de defender al organismo de todo lo que éste no reconoce como propio.

Es sorprendente la capacidad que tiene el mejillón para adherirse a cualquier superficie y para aguantar varias veces su peso. Los mejillones son capaces de viajar adheridos a cascos de barcos a gran velocidad y no caerse. Las proteínas adhesivas presentes en el pegamento natural que los mejillones secretan para adherirse a las rocas y entre sí llamó la atención de investigadores financiados por el National Institute of Health de Estados Unidos y la NASA. Su aplicación en cirugía permite que los tiempos de recuperación sean más pequeños, y que las cicatrices sean menos visibles. Aunque la sustancia se comercializa, su uso no ha llegado aún a la experimentación clínica. Aún es necesario averiguar la composición correcta para la aplicación en humanos, por lo que algunos grupos científicos están buscando versiones sintéticas de ese pegamento.

Los peces cebra son vertebrados, como los ratones, y por lo tanto más cercanos a los seres humanos que las moscas o los gusanos (zfish.uoregon.edu). Sin embargo, a diferencia de los ratones, los peces cebra son muy baratos de criar y mantener. Un pez cebra hembra normalmente produce centenares de óvulos en una sola puesta. Estos óvulos se fertilizan fácilmente. Los embriones resultantes, que son translúcidos, crecen fuera del cuerpo de la madre, así que se puede observar a los mutantes en cada etapa del desarrollo. Durante los primeros 7 días de vida son totalmente transparentes. Por otra parte es relativamente sencillo preparar animales transgénicos.

Estas características del pez cebra, su similitud genética con los humanos y su capacidad para regenerar tejidos dañados, lo convierten en un modelo óptimo para el estudio de la respuesta inmune en especies de interés en la acuicultura y como modelo en distintos aspectos de biomedicina para estudiar enfermedades en el ser humano, como la leucemia y el melanoma.

La apuesta por la biotecnología marina es uno de los grandes desafíos pendientes de la

investigación en Galicia. La estrategia de especialización inteligente (RIS3) y la de Blue Growth de la Unión Europea es una estupenda oportunidad para unir el potencial investigador de las universidades, los centros de investigación públicos y las empresas para avanzar decididamente en esta dirección. No olvidemos que la Unión Europea estima que la economía azul representa 5,4 millones de puestos de trabajo y un valor añadido bruto de casi 500.000 millones de euros al año. Pocas son las autonomías en España que reúnen las potencialidades de Galicia en esta actividad científica e industrial.

Desde luego nos queda mucho por investigar... A ver si el mar, además de servir de basurero y de despensa (mientras dure la Pesca y la Acuicultura), nos guarda sorpresas en la lucha contra el cáncer y otras enfermedades que tanto nos preocupan. Para esto sirve la Ciencia.

Antonio Figueras.
Profesor Investigación. CSIC.
Instituto Investigaciones Marinas.

Conferencia

Aproveitamento micolóxico sustentable nos montes galegos

Marisa Castro es profesora de la Universidad de Vigo. Desde 1979 se dedica a la ciencia en general y a la micología en particular poniendo toda su pasión y entusiasmo tanto en el aspecto investigador como en el divulgativo. De igual manera ejerce otra de las facetas de su vida profesional, la docencia con alumnos de edades comprendidas entre los 20 y los 80 años, alumnos estos últimos con los que siempre ha tenido una implicación admirable.

El día de San Alberte de 2014 esperábamos con gran interés su habitual conferencia que en esta ocasión versó sobre "Aproveitamento micolóxico sustentable nos montes galegos", un punto de vista atractivo de cómo impulsar los beneficios para Comunidades de Montes y particulares, a la vez que avanzar en la protección medioambiental de nuestros montes y en el desarrollo integral de

nuestro medio rural.

Nos introdujo Marisa en el mundo de los macromicetos, un tipo de hongos que produce fructificaciones visibles a simple vista, lo que conocemos como las setas (cogumelos) que habitualmente pueblan nuestros montes. No sólo tienen los hongos una importante función ecológica como descomponedores de la materia orgánica o en la asociación con plantas y algas para formar micorrizas y líquenes, respectivamente, sino que desde siempre han tenido múltiples usos: alimentos, medicamentos, fabricar y teñir tejidos, hacer fuego y cómo no, para usos mágicos y religiosos.

Pero nos adentra Marisa en la economía que genera la explotación de las setas, la alta demanda y altos precios que alcanzan en el mercado, así como del aprovechamiento

deficiente o la sobreexplotación que se hace en Galicia. Nos señala las características que deben reunir las especies comercializables, algunas de ellas tan conocidas como *Boletus*, *Lactarius* o *Cantharellus* y sus, en principio óptimas cifras de productividad, comercialización y valoración de su explotación.

Esta buena situación, nos alerta Marisa, provoca que grupos incontrolados sin autorización y sin cuidado del entorno invadan en otoño nuestros montes. Esto ha llevado a que particulares, intermediarios comerciales y sociedades micológicas soliciten que en Galicia se legisle su aprovechamiento, poniendo como ejemplo a Italia o España, especialmente Castilla-León o Andalucía.

Esta falta de regulación ha hecho desarrollar normas propias por Comunidades de Montes. La conferenciante por su parte nos describe tres maneras diferentes mediante las que los propietarios de los montes puedan realizar el aprovechamiento sin contradecir la Ley de Montes de Galicia. Por un lado, el propietario puede ser el único que recoge en su monte lo que después envía para comercializar, así no dañaría la "gallina de los huevos de oro", o bien, que una empresa o un particular arrienden el monte cumpliendo normas de recogida y que no causen el agotamiento del producto. En estos dos casos las empresas sólo recogen especies comercializables y se responsabilizan de que lleguen al mercado con calidad y sin riesgo sanitario.

Pero Marisa nos propone una tercera vía. Emitir



A Doutora Marisa Castro durante a conferencia

un permiso, válido desde un día hasta toda la temporada (precios ajustados a cada situación), asociado al aprovechamiento integral, a la protección del entorno y a su conservación. Se recolectan especies comestibles, no sólo las comercializables, se fotografían, se recolectan como ornamentales, etc.; en resumen, aprovechar el paraíso micológico gallego. En este caso debe existir una guardería micoforestal, que a pesar del gasto que puede causar es el mejor aceptado y el más positivo para el conjunto del entorno rural.

Ya se han puesto en marcha proyectos de este



tipo en nuestra Comunidad y la experiencia dice que se produce desarrollo micoturístico, incluso internacional a los que se puede ofrecer además diseños de sendas señalizadas e incluso guías micológicas, todo complementado por una oferta gastronómica y de alojamiento adecuada. Los beneficios así obtenidos pueden emplearse en mejorar la limpieza de los montes, en mejora de la productividad micológica, en fin, en un conjunto de beneficios económicos y medioambientales para el desarrollo del medio rural.

Pilar Molist

II Exposición Micolóxica Facultade de Bioloxía 2014 Homenaxe ao micólogo galego Luis Freire no centenario do seu nacemento

Na semana do 10 ao 14 de Novembro realizouse na entrada do Edificio de Ciencias a II Exposición Micolóxica da Facultade de Bioloxía, coordinada pola profesora Marisa Castro e coa colaboración dalgúns alumnos de Grao (Alberto Castro, Hugo Fernández Ricón, Gabriel Pérez Torrón, Alexandra Pérez Skinner; membros do Grupo Micolóxico Galego e o profesor de Botánica, Castor Muñoz.

O MATERIAL foi recollido polos citados colaboradores en diversos lugares de Galicia e nordeste de Portugal.

A EXPOSICIÓN constou de:



Vista xeral da mesa central da exposición

- 97 coleccións de especies diferentes, perfectamente identificadas, etiquetadas e distribuídas taxonomicamente por 3 mesas: Mesa con boletais, cogomelos con poros sobre troncos de piñeiro; Mesa con afiloforais, cogomelos da madeira; Mesa con agaricais, cogomelos comestibles e tóxicos

- colección de láminas relacionadas con micoloxía do ilustrador Luis Davila, unha colaboración desinteresada da Asociación Naturalista Liboreiro (Bueu, Pontevedra),

- cartel con debuxos orixinais realizados pola alumna de Grao Alexandra Pérez Skinner e outros carteis informativos sobre diversos usos e intoxicacións por cogomelos, así como un cartel



Figuras de Davila sobre cogomelos

explicativo da figura do micólogo galego Luis Freire (1914-1997), do que se pode ver a biografía en REBIGO, vol. 6.

Visitas á exposición

A exposición foi visitada polo alumnado e profesores de Ciencias, así como por numeroso público doutras facultades. Destaca a numerosa presenza de alumnos do Programa Universitario de Maiores durante toda unha tarde na que realizaron prácticas co material exposto e a de alumnos da Aula Medioambiental de Vigo, coordinados pola súa profesora Lidia Rojo.



Profesora Marisa Castro explicando as especies a alumnos do Programa de Maiores da UVIGO

Os visitantes que o solicitaron foron guiados (explicación e coloquio final) por persoal do Laboratorio de Micoloxía da Facultade de Bioloxía.

Marisa Castro

Concurso de fotografía

Fotos premiadas

Primer premio



Primer premio do concurso. Fotografía tomada por Jonatan Rodríguez

No marco das actividades organizadas pola Facultade de Bioloxía co gallo da celebración da festividade de San Alberte do 2014 organizouse a undécima edición do concurso de fotografía biolóxica. Este concurso, aberto a toda a comunidade universitaria, está financiado polo Servizo de Extensión Universitaria da nosa institución. As bases do concurso lanzáronse no mes de outubro, rematando o período de entrega de

traballos o día 10 de novembro de 2014. Cada autor podía presentar un máximo de 3 obras cun tamaño mínimo de 10 x 15 cm e máximo de 20 x 30 cm.

O xurado, encargado de conceder dous premios e un accésit, estivo formado por un representante do equipo decanal, un representante do PDI, outro do PAS e dous dos alumnos da Facultade de Bioloxía.

Segundo premio



Segundo premio do concurso. Fotografía tomada por Óscar Martínez.

Nesta edición do concurso de fotografía biolóxica houbo 33 participantes que presentaron un total de 87 fotografías sobre distintos aspectos da bioloxía. Os traballos premiados polo tribunal foron os seguintes:

Accesit

Accésit do concurso. Fotografía tomada por Elena Quinteiro.

O primeiro premio, unha tablet, foi para a obra titulada "Entre hojas y espinas", traballo presentado por D. Jonatan Rodríguez Parra, alumno do Mestrado en Ciencia e Tecnoloxía Agroalimentaria e Ambiental. O segundo premio que consistiu nun libro electrónico (e-book), correspondeu á instantánea titulada "Sin agua no hay vida", da autoría de D. Óscar Martínez Troncoso, alumno do Programa de Doutoramento en Metodoloxía e Aplicacións en Ciencias da Vida. Finalmente, o lote de libros

do accésit foi concedido á alumna de 2º curso do Grado en Química, Dña. Elena Quinteiro, pola súa obra "Camuflaxe".

A entrega de premios desenvolveuse o día 13 de novembro, día da celebración de San Alberte, ás 13.30 h, unha vez rematada a conferencia impartida polo profesor de investigación do CSIC (Instituto de Investigacións Mariñas de Vigo), Dr. Antonio Figueras. Todas as fotografías presentadas a concurso estiveron expostas no Salón de Actos do Edificio de Ciencias Experimentais durante dúas semanas a partir do 12 de novembro.

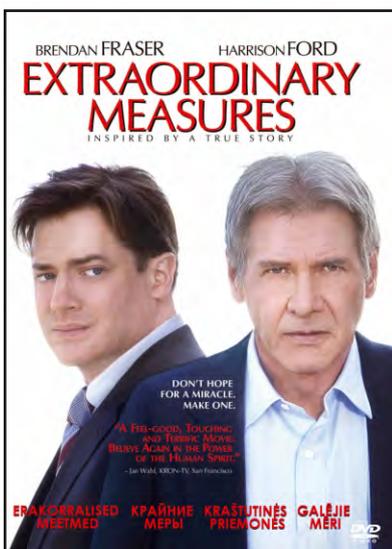
Manuel Ángel Pombal

ACTIVIDADES CULTURALES

“CINEFORUM DE BIOLOXÍA”

La Facultad de Biología, a través de la Sección de Actividades Culturales, ofrece a los alumnos de todos los Centros vinculados a la Universidad de Vigo un ciclo de cine bautizado como “Cineforum” con la pretensión de acercar un amplio abanico de temas científicos y sociales a los estudiantes universitarios, al personal administrativo de apoyo y al público en general.

Desde su arranque el curso 2011-2012, se han celebrado varias ediciones, celebrándose la última (5ª) los días 6-9 de abril de 2015. En esta ocasión se proyectaron cuatro películas con temáticas muy diferentes que permitieron abordar un amplio abanico de aspectos médicos, de identidad sexual, responsabilidad civil y dramas sociales.



Director: Tom Vaughan
 Año: 2010
 País: Estados Unidos

Trama: Inspirada en un hecho real en el que unos padres coraje no escatiman esfuerzos por conseguir que alguien cure a sus hijos que sufren de una enfermedad rara (la enfermedad de Pompe). En el camino se tienen que enfrentar a los intereses farmacéuticos, al celo y las prioridades de los científicos y al tiempo que rápidamente va debilitando la salud de sus hijos.

Objetivos: Mostrar al alumnado (i) los protocolos médicos y de la industria farmacéutica, es decir, la sucesión de etapas desde el hallazgo triunfal del laboratorio hasta el producto comercial accesible para el paciente; (ii) las prioridades de financiación en temas de salud y el por qué se destinan pocos fondos a las llamadas “enfermedades raras” y (iii) la complejidad moral de los personajes, es decir, qué razones guían sus actos y si son correctos o no.

Debate: El profesor de Fisiología Animal, Federico Mallo, que es además médico, respondió a todas las dudas referidas al proceso de desarrollo de medicamentos y el grado de exigencia en cada una de las fases.

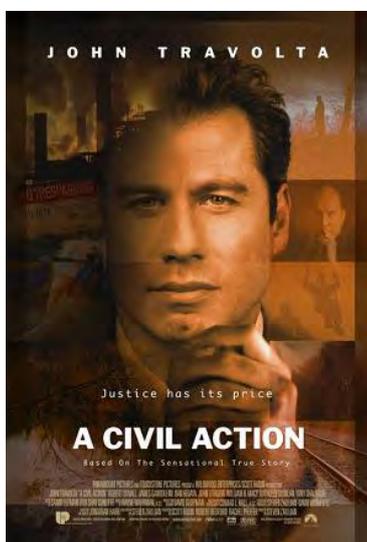


Trama: Su título es una referencia al Síndrome de Klinefelter, también conocido como Síndrome XXY, una condición genética en la que una persona tiene dos cromosomas X y uno Y. Debido a la presencia del cromosoma Y son considerados “hombres genéticamente”. La mayoría se desarrollan como hombres ignorando su condición pero en ocasiones algunos individuos pueden desarrollarse como hembras o con sexualidad intermedia entre hombres y mujeres. La película muestra el drama de uno de estos casos en su época de adolescente, cuando los síntomas suelen ser más evidentes. Su secreto ha permanecido escondido desde su nacimiento gracias a la superprotección de sus padres, que dejaron su país natal para refugiarse en una cabaña a orillas del mar.

Director: Lucía Puenzo
 Año: 2007; País: Argentina
 Premios: *Gran Premio de la semana de la crítica del Festival de Cannes en 2007 y el premio Goya a la mejor película extranjera de habla hispana en 2007, además de haber sido nominada por la Asociación de Cronistas Cinematográficos de la Argentina a 8 premios Cándor de Plata*

Objetivos: Debatir sobre la intersexualidad y los roles genéricos que crean conflictos con la sociedad actual. Permite una reflexión profunda tanto desde el papel de padre que debe actuar para proteger a su hijo de la intolerancia como desde la del hijo que desea no tener que elegir y tener que ser “corregido”.

Debate: Los profesores Andrés Sanjuán (área de Genética) y Josecho Fariña (área de Antropología) ilustraron a los asistentes en las diferentes variantes y grados de intersexualidad reconocidos hasta el momento, así como su frecuencia y síntomas. Resulta claro que la idea de dos sexos es demasiado simplista y ha sido objeto de diversos artículos científicos, el más reciente fue publicado por Nature este año (*Nature* 518, 288–291; 2015).



Director: Steven Zaillian
 Año: 1998; País: Estados Unidos
 Premios: *2 nominaciones al Oscar en 1998 (Mejor actor secundario (Robert Duvall) y fotografía)*
Nominada al Globo de Oro en 1998 (Mejor actor secundario (Robert Duvall))

Trama: Se trata de una adaptación de la novela de Jonathan Harr con el mismo título que pone de manifiesto lo difícil que es tratar un ataque al medio ambiente como un “delito” o “crimen”. A pesar de haber sido rodada hace más de 20 años, mostraba entonces, como ahora, cómo las industrias siguen contaminando impunemente las aguas y los suelos debido a que carecen de protocolos de manejo y gestión de residuos apropiados. El hecho de que la contaminación sea puntual y solo afecte a un reducido grupo de familias no despierta el interés de los grandes bufetes de abogados, que solo aceptan los casos con garantía de negocio lucrativo.

Objetivo: Proporciona una buena lección sobre el funcionamiento del sistema judicial en las sociedades occidentales, sobre cómo se afrontan este tipo de asuntos y cuáles son las motivaciones que hacen luchar por determinadas causas a los distintos colectivos.

Debate: Las organizadoras del ciclo debatieron con el público sobre diversas actuaciones de la Administración local (Xunta de Galicia), nacional y Europea frente a diversos accidentes que causaron importantes vertidos contaminantes en el territorio nacional y con cierta repercusión mediática (por ejemplo, la amenaza de multas millonarias por parte de la Comisión Europea por la acumulación de plomo en la Ría de Vigo causada por la fábrica de cerámica Pontesa, sin actividad desde hace décadas).



Director: Miguel Alcántud
 Año: 2013
 País: España
 Premio: *Premio del público en el Festival de Málaga 2013*

Trama: En un país como España en que el fútbol es el deporte rey, dominando no solo las noticias sino la economía del país, es importante conocer la cara más oscura de este deporte. Contrariamente a lo que supuestamente debería transmitir (ilusión, camaradería, ejercicio saludable) la película muestra un entramado de cazadores y presas, ávidos unos por el dinero y otros por huir de una existencia sin recursos. Un drama de tráfico de personas donde la inmigración se convierte en un negocio lucrativo que acaba con los sueños de unos jóvenes que solo quieren que sus padres se sientan orgullosos. Afortunadamente unos pocos lo consiguen, pero la mayoría son víctimas que en algunos casos se ven abocados a una vida peor de la que inicialmente rehuían.

Objetivo: Mostrar al alumnado otras tragedias de la inmigración, un comercio de personas que recuerda a los de esclavos y prostitutas. Y debatir si se debe o no tomar partido para que el fútbol deje de ser un negocio y vuelva a ser realmente un deporte.

Debate: El Director del Área de Extensión Universitaria, Miguel Ángel Nombela Castaño, ofreció una visión amplia de los entresijos del deporte rey y de su cobertura mediática, así como de su papel en el Área de Deportes de la Universidad de Vigo.

Con esta fórmula que combina el cine independiente y comercial con debates multidisciplinares se pone al servicio de la comunidad universitaria el poder acceder a contenidos visuales que muchas veces no llegan a todas las carteleras. De este modo, no solo se amplía la cultura cinematográfica sino que se promociona el conocimiento y la curiosidad sobre diversos temas que, como parte de la sociedad, debemos conocer.

Los títulos proyectados forman parte de la hemeroteca de la Universidad de Vigo, por lo que están al servicio de toda la comunidad universitaria y por tanto, esta actividad de la Facultad de Biología extiende su influencia más allá de los días en los que se celebra.

María Jesús Iglesias Briones
Rosa Álvarez Otero
Encarna de Miguel Villegas

OLIMPIADA DE BIOLOGÍA

Actividades Olimpiada de Biología

Fase Regional Gallega 2015

A *Facultade acolleu en xaneiro aos rapaces e rapazas de mais de 32 centros galegos de secundaria que participaron na fase autonómica da X Olimpiada Española de Biología 2015*

O día 21 de xaneiro de 2015 mais de cen alumnos de distintos centros de secundaria da xeografía galega se achegaron a Facultade de Biología para participar nas probas da Olimpiada, e tamén disfrutaron do noso centro e da nosa paixón pola bioloxía.



A Olimpiada de Biología é un acontecemento singular que cada ano se pon en marcha na búsqueda dos mellores talentos no eido da bioloxía entre os estudantes de bachalerato, pero tamén busca fomentar o interese dos mozos e mozas pola ciencia e a investigación. En Galicia, a fase autonómica celébrase de forma rotatoria nas tres Universidades galegas, sendo os anfitrións do evento a Facultade de Ciencias da Coruña é as Facultades de Biología da Universidade de Santiago de Compostela e da Universidade de Vigo. Polo tanto cada tres anos estes centros dan o mellor de sí para aloxar as probas e os actos de clausura coa entrega de premios aos alumnos e alumnas que sexan distinguidos coas puntuacións mais altas.

No ano 2015 foi a Facultade de Biología da Universidade de Vigo a encargada da organización dos actos que tiveron lugar o día 21 de xaneiro, e nos que recibimos a 102 estudantes de 32 centros de ensinanza secundaria de todo Galicia. Eles foron os protagonistas da xornada que se enfocou a realización das probas teóricas e prácticas deseñadas polos organizadores. Tamén tivemos connosco os profesores de instituto que acompañaron aos participantes, así como a membros do Colexio Oficial de Biológos de Galicia que axudaron na organización dos eventos.

Ainda que a actividade desta fase autonómica se reduce a unha soa xornada, e que as probas ocupan a maior parte do tempo da mesma, os alumnos participantes nesta fase, xunto cos profesores acompañantes, tamén tiveron tempo de lecer e poideron coñecer o noso centro, as súas intalacións e mesmo algún dos seus laboratorios. Neste senso, varios profesores da Facultade e técnicos de laboratorio colaboraron de forma moi activa co equipo decanal para as visitas guiadas que os olímpicos fixeron aos laboratorios de fisioloxía vexetal, parasitoloxía, zooloxía e fisioloxía animal. A visitas, aínda que breves, incluíron interesantes demostracións prácticas propias de cada área de coñecemento, e mesmo os rapaces e rapazas participaron en pequenos experimentos que estimularon a súa ansia por descubrir algúns dos moitos segredos que garda o apasionante mundo da bioloxía.

Como xa é tradicional nestas fases autonómicas a xornada da X Olimpiada rematou cun acto de clausura celebrado no salón de actos no que participaron o decano da Facultade de Biología, Dr. Jesús M. Míguez, o Decano do Colexio Oficial de Biológos de Galicia, D. Pelayo

Míguez Baños, o decano da Facultade de Bioloxía da Universidade de Santiago de Compostela, Dr. Antonio Segura, o Vicedecano da Facultade de Ciencias da Universidade da Coruña, Dr. Federico Pomar, así como o Delegado da Olimpiada en Galicia, D. Pedro Nozal, e o Delegado Territorial da Consellería de Educación, D. César Áres. Nas súas intervencións deixaron mostras de agradecemento aos olímpicos participantes e aos profesores acompañantes, así como aos organizadores e a Facultade que acollíu o acto. Todos sulñaron a importancia que ten este evento que xa vai pola



Os tres gañadores das Olimpíadas Galegas de Bioloxía 2015

O final do acto de clausura déronse a coñecer os gañadores das probas que nesta ocasión foron: Fernando Díaz, do colexio Eiriz de A Coruña, Brais Lamas do Colexio Peleteiro de Santiago e Nerea Montes do IES Plurilingüe de Ames. Todos eles saíron o estrado para recibir o diploma acreditativo e tamén diferentes agasallos de parte dos organizadores e da Facultade.

Por último no acto deuse a coñecer que a Facultade de Bioloxía será a organizadora da próxima edición da fase nacional da Olimpiada Española de Bioloxía, no ano 2016, un acontecemento que está chamado a ser todo un reto para o centro e que terá que afrontar con todo o seu mellor ánimo e coa ilusión de saber que servirá para facer unha fermosa labor de promoción da bioloxía entre os nosos xóvenes. Benvida pois a XI Olimpiada Española de Bioloxía.

Jesús M. Míguez
Decano da Facultade de Bioloxía
Universidade de Vigo



súa Xª edición buscando os mellores xóvenes talentos da bioloxía en Galicia, pero tamén recalcaron a importancia de saber competir e do valor que ten en sí mesmo a participación dos rapaces e rapazas nas probas.

OLIMPIADA DE BIOLOGÍA

Actividades Olimpiada de Biología

Fase Regional Gallega 2015

La Facultad de Biología de Vigo acoge en 2016 a los mejores alumnos de bachillerato de todo el estado español

Del 7 al 10 de abril de 2016 se celebrará en la Facultad de Biología de la Universidad de Vigo la XI edición de la Olimpiada Española de Biología con los alumnos ganadores de las fases autonómicas de las 17 Comunidades autónomas del estado español.

En el año 1985, por petición de la UNESCO, comenzó la Olimpiada Internacional de Biología



Entrega del relevo en la Olimpiada de Biología

(IBO), con el propósito de promover el estudio de la Biología en todo el mundo y de facilitar el intercambio de experiencias sobre su enseñanza. Desde el inicio se consideró que la realización de prácticas era imprescindible para que los alumnos adquirieran las habilidades imprescindibles en el estudio de dicha ciencia.

En nuestro país la primera Olimpiada Española de Biología (OEB) se realizó en el año 2005, promovida por un grupo de profesores de Secundaria de las Islas Canarias. En la actualidad, ya se organizan fases locales en todas las Comunidades Autónomas, en Ceuta y Melilla y en los centros españoles en el

extranjero.

Tras las fases autonómicas, los ganadores participan en una fase nacional, donde se realizan ejercicios prácticos y pruebas teóricas sobre los diferentes aspectos que se imparten en la ESO y en el Bachillerato.

Estas actividades estimulan a muchos alumnos a interesarse y esforzarse más en el conocimiento de la Biología, permiten detectar a los alumnos mejor preparados y premiar su esfuerzo. Al mismo tiempo, tanto las fases autonómicas, como la fase nacional y la fase internacional, sirven para aproximar a los alumnos al mundo de la investigación y para el intercambio entre los profesores de experiencias sobre la enseñanza de la Biología.

Además, todos los años unos 30 finalistas de la fase nacional realizan estancias de una semana de duración en diferentes centros del CSIC: este año 2015 veintinueve finalistas –ganadores autonómicos- han realizado estancias de investigación en los siguientes centros del CSIC:

- IBBTEC CANTABRIA
- CIB MADRID
- IBFG SALAMANCA
- IPBLN GR
- CBM SEVERO OCHOA
- I NEUROCIENCIAS ALICANTE
- IATA VALENCIA
- EEAD ZARAGOZA
- IBCMP VALENCIA
- CEBAS MURCIA

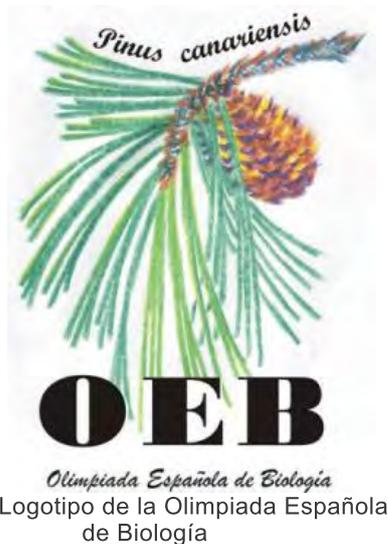
La OEB se estructura en tres niveles:

1. Olimpiadas autonómicas (participan en Galicia en torno a 100 alumnos anualmente)

2. Olimpiada nacional (entre 3 y 6 ganadores autonómicos en función del número de centros participantes en cada autonomía)

3. Olimpiadas internacionales: International Biology Olympiad (IBO) en la que participan los 4 primeros de la fase nacional; Olimpiada Iberoamericana de Biología (OIAB) en la que participan los números 5 al 8 de la fase nacional.

Este año 2015 la Facultad de Biología de la Universidad de Vigo acogió la olimpiada autonómica gallega, con gran éxito organizativo. Participaron 103 alumnos de 32 centros de toda



Galicia, en la que resultaron ganadores Fernando Díaz del Colexio Eirís de A Coruña; Brais Lamas del Colexio Peleteiro de Santiago y Nerea Montes del IES Plurilingüe de Ames. Los tres premiados autonómicos participaron también en la fase nacional realizando un dignísimo papel.

En el próximo año 2016, Vigo acogerá por vez primera el desarrollo de la OEB nacional. En ella participarán en torno a 65 alumnos ganadores de las olimpiadas autonómicas, de la que saldrán los 8 ganadores que acudirán a las fases internacionales. En relación con esta olimpiada, en el mes de marzo de 2015, el Dr. Jesús M.

Míguez, decano de la Facultad de Biología de la UVigo, junto con los delegados gallegos D. Pelayo Míguez, decano del Colexio Oficial de Biólogos de Galicia –COBGA- y delegado institucional, y D. Pedro Nozal, delegado de la OEB en Galicia y miembro de la Junta Directiva de la OEB, recogieron el testigo de la Universidad de León, en la que se celebró brillantemente la fase nacional de la X edición de la OEB.

Desde su primera edición en 2005, los participantes gallegos obtuvieron resultados brillantes en la fase nacional, participando por ello en las fases internacionales. Vanesa Rodríguez, Aarón Peleteiro, Alba García Ulloa, Álvaro Rivera Rodríguez, Flor Andrea Alonso Soret, Santiago Codesido, Sonia Rodríguez Fernández, Álvaro Ortega González, son algunos de los gallegos ganadores de las olimpiadas nacionales con participación en la IBO y en la OIAB, varios de los cuales obtuvieron medallas en las internacionales.

Queremos agradecer desde aquí las facilidades dadas por las diversas instituciones implicadas, en especial a la Facultad de Biología de la Universidad de Vigo y al COBGA.

Todos esperamos que Vigo 2016 sea un éxito organizativo, y, cómo no, con representación gallega en las olimpiadas internacionales.

Pedro Nozal

Delegado en Galicia

Junta Directiva Olimpiada Española de Biología

PROXECTO DivulGATE 2015

"A falar apréndese falando"

Actividades de todos para todos.

Como difundir os traballos que os estudantes realizan ao longo do seu período de formación? E sobre todo, como afrontar o medo que unha presentación pública produce a moitos alumnos? O que o ano pasado xurdiu como un proxecto piloto no que se inscribiron catro persoas que foron tutorizadas por catro docentes da universidade, este ano converteuse nunha realidade que tivo moita acollida.

Este ano 12 alumnos do grao en bioloxía participaron na primeira edición do proxecto «DivulGATE: a falar apréndese falando». Durante 3 días tiveron as portas do salón de actos abertas e en lugar de agardar nas butacas subíronse ás táboas para realizar pequenos relatorios de temática variada entre os que destacaron plantas carnívoras, fitorremediación de augas residuais, plantas afrodisíacas ou deseño 3D de órganos e tecidos.

Queríamos dar un paso máis que o ano pasado, e para que a xente tivese claro que é a divulgación realizouse durante esa mesma semana unha breve mesa redonda sobre divulgación e investigación. *«Todo o que se investiga hoxe en día esta baseado no que outras persoas antes que nós estudaron e deron a coñecer. Por iso é necesario publicar os resultados das nosas investigacións porque só así o mundo pode avanzar.»*



Así abría a mesa Marisa Castro deixando claro que «Se é necesario publicar, é necesario divulgar.»

Ao longo da mesa fóronse comentando distintos tipos de soportes como a prensa, os vídeos, os documentais, as exposicións, os roteiros, as conferencias ou os cafés científicos. Cada tipo de soporte e cada guión chega a un público diferente, con distintas necesidades, formación e hábitos. Non importa onde ou en que, senón como.

Na divulgación científica, os receptores da información son persoas con escasa formación nese campo, por iso non se poden tolerar erros, erratas ou informacións demasiado abreviadas simples ou confusas, porque ao mellor ao receptor da información non lle resulta fácil solventar o problema.

Así un dos problemas que suscitou máis dúbidas entre os asistentes foi que as novas tecnoloxías permitiron aumentar o número de divulgadores, o que pode xerar o problema de saber se a divulgación que se realiza é de calidade.

«Se algo ten rigor e ten orixinalidade vaise manter por encima de todos os demais, e non importa o formato nin o idioma no que se escriba» aseguraba Marisa Castro.

«A nosa labor agora é que calquera espectador sexa capaz de diferenciar o que é un titular sensacionalista do que é ciencia. Por sorte comezan a percibirse algunhas mensaxes como acientíficas» indicaba Luís Navarro. *«Moita xente pensa que a ciencia é algo dogmático, o que cambia a percepción que teñen da mesma»* indicaba Alberto Velando.

Proxecto DivulGATE 2015

"A falar aprendese falando"

Luns 13 de Abril, 15h. (Salón de Actos CC. experimentais)
Plantas Carnívoras.
Carnívoras vivas: ligazóns e comparacións de plantas nativas? Deseño experimental.
 A interpretación espacial de seccións: estercolexia.
 Caracterización e funcionalidade do encima málico.

Martes 14 de Abril, 15h. (Salón de Actos CC. experimentais)
Comparativa de atraentes para trampas, o sistema olfativo.
A embrioxénese somática na vide.
Estudo xenético dun caso de acromatopsia.
17:00 Mesa redonda: Investigación e divulgación.
 María Luisa Castro Capriles, Luis Bovero Echeverría, Manuel Ángel Bombal Diego, Alberto Velando Rodríguez.

Mércores 15 de Abril, 15h. (Salón de Actos CC. experimentais)
Plantas afrodisíacas.
Programas informáticos para o análise xenético de poboacións.
Fitorremediación de augas residuais.
Deseño 3D de órganos e tecidos.

Xoves 16 de Abril, 15h. (Salón de Actos CC. experimentais)
Xornadas de Especies Exóticas Invasoras.
 Luis González Rodríguez, (Plant Ecophysiology Group, Institute Plant, Universidade de Vigo),
 Alejandro Gómez Barandiarán, (OMA, Universidade de Vigo),
 Francisco Alejandro López Huéiz, (Centro de ecología funcional, Universidade de Coimbra),
 Jorge Pascual de Pedro (Departamento de ecología e biología animal, Universidade de Vigo).
 (Introdución e difusión por comisión de Divulgación)
18:50 Entrega Premios: I Concurso de Debuxo Biolóxico.
19:40 Entrega Certificados: I Proxecto DivulGATE: "A falar aprendese falando"
Explicación da Saída as Illas Cies do Sábado 9 de Maio.

Organiza: Facultade de Biología, Universidade de Vigo
Financia: Extensión Universitaria, Universidade de Vigo
Colaboran: XUNTA DE GALICIA, Xunta de Investigacións Científicas, Centro de Ecología Funcional, DUB



Como punto final desta primeira edición do proxecto DivulGATE decidiuse que substituísen aos estudantes de grao en bioloxía especialistas en Especies Exóticas Invasoras dedicandole un día a unhas xornadas que consistían nunha breve introdución a esta problemática. Esta Xornada de Especies Exóticas Invasoras complementáronse cun roteiro polo campus guiado por técnicos da OMA, na que se centraron nés especies invasoras que máis afectan no campus e os métodos para o seu control e eliminación. Posteriormente realizouse unha saída ás Illas Cies cunha visita guiada con guías do parque e actividades de voluntariado de erradicación en parcelas controladas.

Ademais para pechar estas xornadas se procedio á entrega de premios do primeiro concurso de debuxo biolóxico cuxo primeiro premio foi a obra Caderno de campo, realizada por Loreto Gestoso Suárez. O segundo premio foi a obra Ou repouso do raposo, debuxado por Silvia Vilariño Novo. O terceiro premio foi a obra Libélula emperador de Alexandra Pérez Skinner.

Delegación de alumnos de Bioloxía

E é que como indicaba Marisa Castro «*Mesmo en revistas de alto impacto existen traballos mal feitos (enviados algunhas veces a propósito) e aceptados porque foi escrito por certa persoa*». E quedou ben claro que «*A ignorancia invencible non ten sitio na sociedade*».





ACTO DE GRADUACIÓN 19 de junio de 2015

IIIª PROMOCIÓN DO GRADO EN BIOLOGÍA

Discurso de María Páez Madrina da promoción

S eñor Rector, Señor Decano del Colegio Oficial de Biólogos, Señor Decano de la Facultad de Biología, estimados Profesores, queridas familias, queridos alumnos y alumnas:

Antes de nada, quiero felicitaros por vuestro éxito y hago extensible esta felicitación a vuestras familias y, en particular, a vuestros padres. Os doy las gracias por haberme invitado a este solemne acto de graduación. Me hace mucha ilusión ser vuestra madrina y para mí es un honor estar con todos vosotros en un día como hoy. Los que alguna vez habéis pasado por mi despacho veráis que tengo orlas de otros cursos pegadas en la pared. La vuestra la enmarcaré y la pondré en un sitio preferente.

Supongo que para vosotros éste es un día de sentimientos encontrados. Por una parte estaréis exultantes por haber alcanzado vuestro título de graduados en Biología, pero, por otra, estaréis tremendamente preocupados por vuestro futuro.

Parece que os ha tocado vivir un momento

oscuro. Un momento en el que los dirigentes en España y en muchos países de Europa, poniendo como excusa la crisis económica, han impuesto drásticos recortes en educación e investigación, ignorando que la inversión pública atrae a la inversión privada y provocando lo que algunos se atreven a llamar "movilidad exterior", cuando en realidad es una "fuga de cerebros" desde el Sur hacia el Norte de Europa y fuera de Europa.

Sí. Esto por desgracia es una realidad. Pero no es una novedad. De hecho, en España la investigación siempre ha sido ninguneada y maltratada. Os lo digo con conocimiento de causa. Pero también os digo que no es el fin del mundo. Es más, creo firmemente que hay motivos para la esperanza y que se puede tener una visión optimista sobre vuestro futuro profesional. Yo por lo menos la tengo y por varias razones.

En primer lugar soy optimista sobre vuestro futuro por mi propia experiencia. Los comienzos de mi vida profesional no fueron fáciles. Cuando acabé la carrera no tenía ni idea de qué iba ser

de mi vida. Los puestos de trabajo para biólogos eran entonces muy escasos y yo ni siquiera tenía claro si quería dedicarme a la investigación o preparar alguna oposición, de las pocas que había en aquellos tiempos. Empecé una Tesina en el Departamento de Microbiología de la Universidad Complutense donde había estudiado la carrera. Estaba muy ilusionada, pero después de estar sentada en una mesa durante 4 meses, leyendo un libro y de haber preparado unos cuantos medios de cultivo para prácticas, decidí dejarlo. Pasé entonces a estudiar inglés y me presenté a un par de oposiciones que no aprobé. Por fin busqué un sitio para hacer una Tesis en Bioquímica y lo encontré en la Universidad de Salamanca. Durante la realización de la Tesis tuve un contrato muy precario y cuando la acabé me marché año y medio a Estados Unidos para seguir investigando. Volví a Salamanca con el mismo contrato precario y, por fin, casi 10 años después de acabar la carrera obtuve mi plaza de profesora de Bioquímica. Primero un año destinada en Ourense y finalmente en Vigo.

A pesar de esto y de que aquella fue una etapa de mucho trabajo e incertidumbre, os aseguro que es lo más intenso y motivante que he vivido. Fue una etapa que disfruté muchísimo y que me hizo muy feliz. No cambiaría esos años por nada.

Mi optimismo sobre vuestro futuro se basa, en segundo lugar, en las cualidades de vuestra generación. Según los sociólogos, las generaciones tienen personalidad con características propias en la forma de pensar, de relacionarse, de aprender o de trabajar. Vosotros tenéis la particularidad de estar entre dos generaciones: la generación "Y" o "Millennials" que incluye a las personas que tienen hoy entre 21 y 30 años y la posterior generación Z que está constituida por los nativos digitales.

La Generación "Y" ha vivido en tiempos de gran desarrollo tecnológico, económico y social. Sin obviar el riesgo de atribuir un solo rostro a un espectro de millones de personas, y de que estos estudios se basan fundamentalmente en encuestas en población norteamericana, se puede asegurar que esta generación "Y" posee grandes cualidades para la integración en el

mundo laboral. Citaré solo alguno de estos rasgos:

- La generación "Y" posee pensamiento estratégico: Es decir, toma decisiones pensando en el futuro a largo plazo pero valorando cómo estas decisiones afectan a la comunidad.
- Le gustan los desafíos. Por eso, los jóvenes de esta generación no tienen miedo a cambiar de trabajo de forma regular para no estancarse en un empleo que no les satisface .
- Defienden su tiempo y, por lo tanto, se sienten más cómodos en ambientes laborales flexibles, lo que les permite elegir sus formas y tiempos de trabajo.
- Son grandes comunicadores y aprovechan las nuevas tecnologías para compartir información, por lo que sus mensajes llegan a un gran número de individuos.
- También son personas que resultan excelentes para el trabajo en equipo.
- Las mujeres de esta generación se perciben a sí mismas iguales a los hombres y por lo tanto esperan ser tratadas con equidad y aunque no son feministas activistas, sí exigen y esperan un trato no diferenciado por género.

Sin embargo, no todo puede ser positivo. Un aspecto negativo de esta generación es su narcisismo, ya que la mayoría crecieron con la idea de ser los mejor preparados y siguen la filosofía de disfrutar la vida al máximo y de hacer de ellos mismos su principal prioridad.

Pero vosotros estáis a caballo de dos generaciones. Habéis sufrido intensamente la crisis económica y esto, siendo intrínsecamente malo, os aporta una serie de cualidades que mejoran vuestra personalidad como generación. El hecho de haber crecido en plena recesión, en un mundo con índices de paro cada vez más elevados y una sensación apocalíptica provocada por el cambio climático y el azote del terrorismo internacional os hace ser más realistas: Para la generación "Z" se terminó el egoísmo, el narcisismo, la obsesión por el consumo y la pasividad que conlleva. La generación "Z", como ya lo estaba la generación "Y", está muy moldeada por la tecnología, pero sobre todo están moldeados por la recesión y las políticas de



austeridad. Dicen de esta generación que es una generación consciente, activa, motivada, altruista y nada egoísta. Que se mostrará fuerte y políticamente sensibilizada por cuestiones como la desigualdad económica y social. El 95% piensa que debe ayudarse a quien lo necesita, y por ello están muy desilusionados con las políticas tradicionales. El espíritu crítico renace con esta generación. El malestar evoluciona y se sustituye por planteamientos prácticos y concretos. El 77% está preocupado en no endeudarse pero solo el 6% tiene miedo de su futuro.

Por último, soy optimista sobre lo que vais a hacer a partir de hoy, por la profesión que habéis elegido. Pocas profesiones son, en su base, tan nobles como las de Biólogo. Podréis dedicar vuestra vida profesional a descubrir la cura o nuevos tratamientos para enfermedades como el cáncer o el Alzheimer. O dirigir vuestros esfuerzos a frenar el cambio climático o a mantener la biodiversidad. Quizá os queráis dedicar a buscar soluciones para el hambre en el mundo, a desarrollar una agricultura ecológica y respetuosa con el medio ambiente o a buscar vacunas que acaben con enfermedades devastadoras. Puede que os guste la enseñanza o que queráis enfocar vuestra vida a la conservación de las especies o la biotecnología. Para vosotros, el interés por el desarrollo sostenible por los problemas medioambientales, por la conservación de la biodiversidad o por la biomedicina no es una moda pasajera, es la base de vuestra profesión.

Lo que quiero decir es que, sin desmerecer otras profesiones, la de Biólogo es fundamentalmente una profesión de gente

generosa y con una visión altruista de la vida y la naturaleza y esto os da una fuerza especial. Por una parte, el haber elegido la profesión de Biólogo indica que sois personas motivadas y la motivación es el principal motor para alcanzar objetivos. Además, ser biólogo supone estar abierto siempre a cambios y a nuevas ideas. Los avances científicos y, en particular, los avances en Biología son constantes y por lo tanto un Biólogo debe estar siempre formándose. Ahora acabáis de terminar el Grado y durante estos años habéis alcanzado conocimientos sólidos de Biología. Vuestros padres pueden estar seguros de que habéis recibido una formación excelente. Sin embargo, sabéis que esto no acaba aquí. Sabéis que tenéis que seguir formándoos y adquirir nuevos conocimientos. Que tenéis que estar permanentemente informados sobre los nuevos avances y descubrimientos, que tenéis que manteneros siempre en actitud de aprender cosas nuevas o de cambiar ideas preconcebidas. Esto supone indudablemente mucho esfuerzo pero también es una fuente de motivación constante.

Aprovechad esta motivación para afrontar el futuro y, sobre todo, no os dejéis llevar por la desesperanza, no os conforméis con el futuro que dibujan otros. Hemos visto muy recientemente en política cómo cosas que parecían inamovibles cambian por la fuerza de algunos. No hay nada imposible. Os deseo un futuro brillante y sobre todo muy feliz. Y si alguna vez me necesitáis para algo, contad conmigo.

Muchas gracias.

María Páez de la Cadena Tortosa

Discurso de Pedro Pablo Gallego

Padriño da promoción

Sr. Rector, Sres. Decanos, Compañeros, Familias, queridos graduados.

También mis primeras palabras son para agradeceros vuestra amable propuesta para que fuese el padrino de esta promoción. Os aseguro que me hace muchísima ilusión estar hoy aquí con vosotros. Como tal, en mi vida había rechazado en otras ocasiones dicho nombramiento, supongo como otros aquí presentes, pero en esta ocasión no solo no pude decir que no, sino que además quería serlo. Os he impartido más asignaturas que a ninguna otra promoción, y aún tengo vivida vuestras miradas ilusionadas en primero, descubriendo que las plantas viven fundamentalmente en el agua y no en la tierra, en TBL, o del debate sobre los transgénicos en el que alguno cambió de opinión, en Producción, o en vuestro esfuerzo por implantar las normas ISO en Gestión de la Calidad o por crear una empresa en Redacción de Proyectos. Eso no se me olvidará jamás. Ni hoy tampoco.

Continuando con las palabras de la madrina, me gustaría iniciar mi discurso, si me lo permitís, dirigiendo mi primer enhorabuena a los padres, a las madres y a los familiares de los alumnos: “qué peso se han quitado ustedes de encima”, “su niño ha terminado su carrera” y “ahora que se sean pronto independientes”. Díganme si no lo han pensado. Claro que sí, “su éxito, el de los niños, también es el suyo”. Y qué orgullo estar hoy aquí ¿o no? Es más, si a los graduados les parece bien, pediría para ustedes, los familiares, el primer aplauso de este discurso.

Mi segunda enhorabuena es para mis compañeros del claustro: profesores, profesoras y Personal de Administración y Servicios ¡Por fin han acabado! La verdad es que son majos, pero dan “*Un traballiño*” ¡Hartos nos tenían de corregir tanta actividad, tanta memoria, tanto trabajo, tantos exámenes! de abrir aulas, de asesorarles, de consolarles, de animarles, de aprobar... digo: “de evaluarles sus competencias”.

Personalmente, yo quisiera agradeceros, a vosotros, toda vuestra labor, que no siempre es bien reconocida. Rector, puede tomar nota; vuestro entusiasmo en formar a los alumnos; vuestros desvelos en hacer cada día un mejor trabajo; vuestra apuesta por la calidad docente y sobre todo, por vuestro compañerismo y deciros que todos estáis aquí arriba hoy. Todos sois padrinos y madrinan, hoy. Mi segundo aplauso es para todos vosotros, y para aquellos de otras áreas que imparten docencia en la Facultad, especialmente a Epi.

Mi tercera enhorabuena es, cómo no, para los estudiantes que se gradúan hoy. Para vosotros que tantos esfuerzos habéis hecho, tantas noches en vela (estudiando me refiero, de las otras se hablará luego), que tanta ilusión habéis puesto y que tanta alegría demostráis hoy en vuestra graduación ¡Sois fantásticos!

Empiezo agradeciándoos que en su día nos eligieseis para cursar los estudios de Biología. Podéis estar orgullosos. Este día es uno de los más importantes de vuestra vida. Uno puede tener muchos cursillos, masters, etc... pero lo normal es graduarse una sola vez en la vida. Sé que no ha sido fácil, que incluso en los primeros cursos, alguno pensó que esto no era lo suyo y quizás pasó por su cabeza abandonar, pero no lo hizo y hoy está aquí. Y, veréis cómo no os arrepentís. Pensad que la Universidad de Vigo está incluida en el ranking de las universidades más jóvenes de 50 años del mundo, concretamente esta situada entre las 100 primeras, y que recientemente se ha publicado que en proporción a su tamaño, es la segunda en publicaciones de España. Y por supuesto, la Facultad de Biología es la mejor de Vigo (no hay otra), y de Galicia (eso lo digo yo) y está entre las 6 primeras de España (eso lo dice el BBVA, en su ranking de Universidades de España) y somos 28.

Por tanto, mi más efusiva enhorabuena a todos vosotros, porque os lo merecéis y a partir de hoy

tenéis toda una vida de éxitos por delante, y me gustaría pedir un aplauso para ellos, que se lo merecen.

¿Por qué digo que tendréis toda una vida de éxitos por delante? ¿Por qué digo que tendréis éxito? Y además estoy seguro de ello. Por lo siguiente:

1.- Os recuerdo que en la universidad no solo se adquieren conocimientos, sino competencias, y como os comenté en primero, en TBL (a parte de que las gráficas tenían que estar PERFECTAS !!), os decía que erais como los embriones en las semillitas, que tenáis una mochila (los cotiledones) que ibais a ir llenando de saber, pero también de saber hacer, saber estar y saber ser (personas), y que ello os daría el título más importante de toda vuestra vida: ser competente para ejercer la profesión de Biología. Sí, ser un graduado y un excelente profesional. Ahora el COBGA me ha pedido que incluya algo de publicidad “si de biólogo quieres trabajar, no te olvides de colegiar, que contigo a 1.600, en Galicia, queremos llegar”.

En conclusión: sois más competentes de lo que os creéis, y mucho más versátiles de lo que imagináis. Decía Steve Jobs: “no tiene sentido contratar gente inteligente y decirles qué tienen que hacer; él contrataba gente inteligente para que ellos le dijese qué hacer”. Ahí debéis estar vosotros y os haréis imprescindibles.

2.- Ya sabéis qué tenéis que hacer a partir de ahora para tener éxito: correr.

Hay un proverbio africano que dice:

Todos los días por la mañana, cuando amanece, la cebra se despierta y sabe que tendrá que correr más rápido que los leones, para no acabar muerta.

Todos los días por la mañana, cuando amanece, el león se despierta y sabe que tendrá que correr más rápido que la cebra, para no morir de hambre.

Todos los días por la mañana, en cuanto amanece, todo el mundo se pone a correr.

Pero vosotros, graduados por la Fac. Biología de la Uvigo, sabéis lo que tiene que hacer la cebra para salvarse del león ¿acaso tiene que correr más que el león? No.

¿Que tiene que hacer? Correr más que otra

cebra.

Muchos son los que os dirán: corred, haced un master, o dos; y a la vez un doctorado, y prácticas curriculares y prácticas extracurriculares, y una estancia, y trabajad por las noches y aprended un idioma, o dos, y haced ... y haced ... y haced....

Decía Séneca: “Ningún viento es favorable para quien no sabe a qué puerto va”.

¿A dónde queréis dirigiros? Si lo sabéis, corred más que otro para lograrlo; si aún no lo sabéis, esperad a que llegue vuestro viento, en puerto seguro. Demasiados alumnos con 2 y 3 másteres, conozco ya, que no saben qué hacer. Demasiados alumnos con Tesis Doctorales que no saben que hacer. Demasiadas personas que han seguido los consejos e ideas de otros, y no los propios, y no saben qué hacer. Buscad lo que os gusta. Y corred como cebras a por ello. Y si puede ser desde el amanecer mejor, pero sobre todo sed vosotros, corred hacia ese puerto que os ilusione a vosotros.

3.- Y a parte de correr ¿qué garantiza un éxito?

El esfuerzo: ¿Sois conscientes del esfuerzo que habéis realizado? Sí, pues no os queda nada. Ya lo decía Bill Gates: ¡Si vuestros profesores os han parecido duros, esperad a conocer a vuestros jefes! Sin esfuerzo no se logra nada, y todo aquello que se logra sin esfuerzo, no se valora nada o proviene de la corrupción. Elegid. Ahora bien, cuando uno hace lo que le gusta, ya lo dice el refrán: sarna con gusto no pica. Y así el esfuerzo, se mitiga.

Idiomas: cuantos más mejor. Imprescindible el inglés. “Just speak English”

Autoaprendizaje: es clave que os sigáis formando a vosotros mismos; aprender a autoevaluarse, a ser autocríticos, a ser personas independientes ¿y cómo se aprende más y mejor? Haciendo. No hay otra receta. Bueno sí, haciendo y enseñando. Esa es la mejor forma. Ya lo decía Seneca: “Los hombres aprenden cuando enseñan”.

4.- Mantened joven el espíritu: sed niños el mayor tiempo que podáis. Los jóvenes son mucho más flexibles, se adaptan mejor a las nuevas tecnologías, aportan muchas más ideas para

resolver un mismo problema, y son capaces de las mayores innovaciones, descubrimientos y logros (lo ha dicho la Madrina). De hecho, los genios lo son a temprana edad, los emprenderos y la mayoría de los Premios Nobel lo son por trabajos realizados antes de los 35 años. Así que a correr, que además mantiene joven.

5.- Otro proverbio africano (Massai) dice: “Si quieres ir deprisa ve solo; si quieres llegar lejos, ve acompañado”. Nos enseñan a ser individualistas desde la cuna: mi chupete, mi bici, mi cole, mi mama, mis notas, mi título, mi otro título, mi otro otro título, mi mi mi.

Mi madre me decía constantemente: “Manos que no dais, qué esperáis”. Sinceramente lo digo: se llega más lejos siendo generoso que egoísta. Quizá a esa persona o compañero que hoy ayudas, mañana te dará trabajo; o te ayudará a conseguirlo, o será tu socio en una empresa. No es más rico quien más atesora, sino quien más gente conoce porque le ha ayudado. No os imagináis lo que la vida devuelve cuando se da sin esperar beneficio. Pobre de aquel que solo se mueva por el interés. “Si me beneficia sí, si no, no”. Los grandes líderes se rodean de los mejores y saben recompensarles.

6.- El título de graduado os da la igualdad. Chicas, los estudios universitarios y los títulos universitarios igualan a hombres y mujeres, pero, por arriba. Cobra igual un juez que una jueza, un médico que una médica, un ingeniero que una ingeniera, etc... Seguid formándoos y bajo ningún concepto perdáis vuestra independencia, esa que hoy os da el “título” que vais a recibir. Sois iguales que los compañeros que están al lado, y vuestro éxito llegará si lo tenéis en cuenta y no os dejáis avasallar. No lo hagáis.

7.- Y último. En la UVigo, tenéis una magnífica oferta de másteres y doctorados, de cursos de idiomas y de posgrado, pero también existe más mundo que Vigo, que Galicia. Muchos creen que



después del Padornelo hay un inframundo, que todo es peor y además lleno de peligros. Incluso tras los pirineos, hay más mundo, incluso llegado al límite de Europa, del otro lado de Estambul, hay más mundo. Visitadlo. No tengáis miedo a salir. No porque lo diga el político de turno, sino porque la persona que ve otras culturas, otras formas de vida, otras religiones, otras razas, otros hábitats, otras formas de trabajo, vuelve, más rica, más abierta, más tolerante, más cosmopolita, pero sobre todo, sobre todo, más la misma. Más vosotros mismos

Acabo. Esta madrina y este padrino os desean lo mejor y estaremos siempre dispuestos, allá donde nos encontremos, para apadrinaros. Estamos seguros de que si corréis mucho, sabiendo dónde vais; si visitáis otros puertos por lejanos que estén (y a vuestros familiares se les encoja el estomago solo de pensarlo, ya lo sé, María y yo también somos padres), pero siendo siempre vosotros mismos, al final seréis muy FELICES, unos biólogos Felices. Os lo deseamos con todo nuestro cariño. Os lo merecéis.

Enhorabuena !!!

Pedro Pablo Gallego

Discurso de los representantes de alumnos

Alumnos da promoción

Con razón queremos haceros partícipes de este momento tan especial a todos, de lo extraordinariamente inolvidable que ha sido nuestra experiencia dentro de estas aulas, laboratorios y pasillos, zonas habitualmente transitadas tanto por nosotros como por miles de hombres y mujeres que han hecho de esta facultad lo que es ahora.



¿Y por qué? Porque es la hora. Es la hora de crecer. Es la hora del cambio. Al igual que la oruga se convierte en una hermosa mariposa, la diminuta semilla en un recio roble o una tímida hipótesis en una concisa teoría, nosotros, los inexpertos estudiantes, dimos lugar a unos biólogos en pleno derecho. Y nadie puede quitárnoslo.

El 18 de julio de 2015, las instalaciones de la Facultad de Biología fueron lugar del que será uno de los hitos más importantes de nuestras vidas: el fin de nuestra formación como biólogos. La graduación no es un mero hecho sin relevancia vital, no consiste únicamente en pantomimas vestidas de gala posando para las cámaras con unas graciosas bandas azules. No, representa el momento en que dejamos la que ha sido nuestra zona de confort durante cuatro años para embarcarnos en una aventura desconocida, emocionante, trepidante y, asimismo, aterradora. Significa que hemos logrado alcanzar uno de nuestros mayores sueños, y seguramente el de nuestros seres queridos. Significa que ya somos adultos. Bueno, legalmente ya éramos adultos, pero la mayor parte de nosotros no había salido

del cascarón de la infancia todavía. Ahora estamos expuestos ante el mundo, con una gran arma en nuestro poder. El conocimiento.

Charles Darwin, Carl von Linné, Lynn Margulis, Louis Pasteur, Rosalind Franklin, Alexander Fleming, Jane Goodall... Que nadie se extrañe si pronto nuestros nombres los acompañan en alguna que otra lista. Venimos pisando fuerte, sin importar lo inestable que sea el terreno. Sabemos que es un mundo difícil, sí, por supuesto; pero también sabemos otra cosa: Y es que esto es lo que nos gusta, lo que queremos. La biología es nuestra pasión, nuestro modo de vida, nuestro futuro, nuestros sueños. Y no pensamos dejar que nada nos aleje de ella. Así que se anden con ojo las antiguas generaciones, que aquí estamos nosotros.

Somos conscientes de que no podríamos haberlo conseguido solos. Por eso queremos dar las gracias. Gracias a nuestras familias, a nuestros profesores, a nuestros compañeros. Gracias por enseñarnos, por apoyarnos, por hacernos ver un mundo del que solamente conocíamos un ápice. Gracias por permitir que nos enamoremos más de esta ciencia.

No vamos a mentirosos, ha habido momentos mejores, y momentos peores. La ecología estuvo a punto de llevarnos a la locura a muchos. Las salidas de campo, bueno, digamos que una experiencia de vida o muerte que de cuando en cuando puede tener su aquel. Hemos tenido ganas de estrangular a algunos profesores, de atarlos, cortar un par de arterias y dejar que se



desangren lentamente. Pero también hemos tenido que contenernos para no abrazar a otros, para no forrar nuestras carpetas con sus fotos, para no pedirles matrimonio.

Y como somos una gran familia de estudiantes que han crecido juntos durante cuatro años, no podemos olvidarnos de nuestras únicas y características vivencias a lo largo de esta carrera. No podíamos quedarnos sin recordar todos esos acontecimientos que nos han marcado, tanto dentro como fuera de las aulas: bromas entre compañeros, desastres en los laboratorios, juegos propios de niños de preescolar, accidentes, más accidentes, desmayos e incluso alguna que otra intoxicación por esporas de hongos. Lo típico, vamos. Y es que hay algo muy importante que debemos decirnos a nosotros mismos, algo que no podemos olvidar. Y es: "¡No cambiéis!" O más bien, quizás "cambiad lo justo". Madurar un poco nunca viene mal. Pero nada de perder esa ilusión, ese brillo en nuestros ojos, esa capacidad de amistad. Esas cosas alucinantes que tanto han caracterizado a nuestra generación. Por

favor, no las perdamos. El mundo será un lugar peor sin ellas.

No nos suelen gustar las despedidas. Da igual si son amargas o dulces, en el fondo son lo mismo, despedidas. Pero muchas son necesarias. Hay puertas que no se pueden abrir sin cerrar otras. Aunque esperamos que en este caso, la primera quede entreabierta. Por lo menos un poquito nada más, para poder colarnos de lado metiendo tripa. Porque como hemos dicho, al ser la hora de decir hola como biólogos, es también la hora de decir adiós como estudiantes. Y eso significa un adiós, o en muchos casos, un hasta luego, o hasta mañana incluso, a estas paredes que nos han acogido, a esas mentes que nos han enseñado todo lo que han podido, y a esos corazones que hemos conocido y nos han hecho grandes. Y de nuevo, por último, nos gustaría repetir una sola palabra.

GRACIAS! Un saludo a todos, representando con gran honor a nuestros inigualables compañeros...

Bárbara Álvarez Besadio, Fabio Fernández Vázquez, Mauro Lago Docampo



PROYECTO DE APROVECHAMIENTO MICOLÓGICO SOSTENIBLE EN EL MONTE DE COTRES (ARCOS, PONTEAREAS)

Hugo Fernández Ricón

e- mail: hugofernandez@alumnos.uvigo.es

Resumen

Trabajo Fin de Grado

Tutora:

- Marisa Castro

Departamento de Biología

Vegetal y Ciencia del Suelo

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

El presente estudio se lleva a cabo sobre el monte de Cotres, situado en Ponteareas, Pontevedra. Se determina la producción de macromicetos que posee, mediante muestreos de campo y la identificación en laboratorio de todos los ejemplares hallados, y se realiza una valoración de la producción potencial que podría obtenerse, proponiéndose diversas técnicas de mejora y evaluando las ganancias económicas comerciales potenciales posteriores.

Palabras clave: *uso sostenible, aprovechamiento micológico, montes gallegos*

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la producción micológica de los montes gallegos no es algo sobre lo que los propietarios de los montes presten especial atención. Los usos madereros y la extracción de frutos (como castañas), ya desde antaño, son los principales productos que se explotan (Fernández de Ana Magán & Rodríguez, 2000).

Esto se debe en gran parte a la tradición, que consideraba a las setas como unos “frutos del bosque” mágicos, que crecen sin que nadie los plante ni cultive (Sánchez Rodríguez *et al.*, 2004), y que además poseen la capacidad de producir micetismos de diversa gravedad, pudiendo llegar a ser mortales o estar relacionados con rituales paganos (Samorini, 2001). Por ello han sido despreciadas, considerándose frutos diabólicos o un alimento para gente pobre que no tenía otra fuente de supervivencia (Castro & Freire, 1982).

Pero poco a poco las setas han comenzado a cobrar interés, descubriéndose algunas de ellas como excelentes comestibles y llegando a tener precios de mercado muy elevados (Castro, 2010; Conesa Mor, 2000). Esto se debe a la actividad divulgadora y científica de intelectuales como Antonio Odriozola o José M. Castroviejo o investigadores como Francisco Fernández de Ana Magán o Luis Freire, entre otros, que han acercado poco a poco el mundo de la Micología al público. Gran cantidad de aficionados comenzó a salir al monte a recoger setas, lo que provocó que la ausencia de regulación sobre su extracción generara diversas preguntas que necesitan respuesta: ¿a quién pertenecen exactamente las setas silvestres?, ¿cómo se puede llevar a cabo una producción sostenible que evite pérdida de la micodiversidad o el deterioro de los bosques?. Ante este aumento de la demanda, aparecieron las primeras leyes que recogen estos puntos, pero falta lo más importante, cómo implantar estas normas de modo eficaz y sostenible.

Antecedentes y objetivos

Como se ha mencionado, a medida que aumenta la demanda de setas, aparecen las primeras normativas acerca de la explotación micológica de nuestros montes. A nivel nacional, en el Real Decreto

30/2009 recogido en el Boletín Oficial del Estado, se ha publicado la última lista oficial de setas que pueden ser comercializadas, clasificadas según su estado de conservación. La Xunta de Galicia, en el Decreto 50/2014 publicado en el Diario Oficial de Galicia, recoge una serie de pautas para la explotación de los recursos forestales y agrarios, entre los que se incluyen los aprovechamientos micológicos. Entre otros puntos se menciona que las setas son propiedad del dueño de la parcela en la que se encuentren, pudiendo estar vetada su recolección pública si lo desea el propietario, y, en cualquier caso las recolecciones particulares no pueden superar los 2 kilogramos por persona y día.

A pesar de que estas normas están vigentes, no se están cumpliendo de modo eficaz. Parte del público las desconoce, y no existe una vigilancia explícita que vele por su cumplimiento. Por ello, en provincias como Soria, con larga tradición micológica, han tratado de subsanar este problema. Desde la Fundación CESEFOR se ha desarrollado e implantado el Proyecto MYAS (Molina Ibañez & López Estebaranz, 2004), pionero en España. Este proyecto recoge una serie de normativas de recolección, cuidados y vigilancia (por parte de guardería especializada) de la producción micológica de los montes de la región, pero va más allá, y también trata de acercar al público el valor ambiental de los hongos, así como la importancia de su diversidad. También permite la creación de cotos de recolección de setas, y la instauración de permisos de explotación para el público. El éxito de este proyecto ha provocado su expansión a toda la comunidad autónoma de Castilla y León, y la aparición de otros a nivel estatal, como el Plan CUSSTA en Andalucía (Moreno-Arroyo, 2011) o MicoValdorba en Navarra (MicoValdorba, online) o TREGUMELLOS en el ayuntamiento de A Veiga (Galicia) (Concello de A Veiga, online), entre otros muchos.

En base a estos proyectos y normativas, el objetivo de este estudio es la creación de un Plan de Aprovechamiento Micológico Sostenible para el Monte de Cotres (Pontearreas), valorando su producción micológica actual, planificando técnicas de mejora y analizando su producción potencial tras la aplicación de las mismas. Se estudia también el valor económico que es posible obtener en función de los precios de mercado actuales.

METODOLOGÍA

Zona de estudio

El monte de Cotres se encuentra situado dentro del ayuntamiento de Pontearreas, parroquia de Arcos, está encajado en los valles del río Tea. Forma parte de la Comunidad de Montes de Arcos, y está regulado por tal organismo. Ocupa una extensión de 43,26 hectáreas. En función de lo mencionado en el Plano de Ordenación (Fernández Filgueira, 2014) que manejan los comuneros, se trata de una región altamente modificada por el ser humano, con climatología suave y estable a lo largo de todo el año debido a la influencia del océano Atlántico (medida desde la Estación Climatológica de Pontearreas (Carballeira *et al.*, 1983). La masa forestal está en buen estado de salud, y en ella predominan los pinos (*Pinus pinaster* Ait. y *Pinus radiata* D. Don.), junto con especies de frondosas como los robles y los castaños (*Quercus robur* L. y *Castanea sativa* Mill., respectivamente). Toda la masa forestal se encuentra en buen estado de salud. La superficie que ocupa cada especie y su edad media se recoge en la siguiente tabla.

Tabla 1: superficie ocupada por cada especie vegetal y edad media de los rodales

Especie vegetal	Superficie ocupada (ha)	Edad media (años)
<i>Pinus pinaster</i> fustal	16,48	25
<i>Pinus pinaster</i> fustal aclarado	11,63	25
<i>Pinus radiata</i> fustal	17,10	25
<i>Pinus radiata</i> fustal aclarado	15,82	25
<i>Pinus radiata</i> y <i>Pinus pinaster</i> fustales en alta densidad	3,72	25
Frondosas de diferentes edades	22,83	16
Monte raso o arbolado disperso	12,23	-

Al realizar un estudio de la micobiota de la zona, es posible también determinar el estado de salud de la masa forestal en base al mismo (Gardes & Bruns, 1996), gracias al índice de saprofitismo. Este parámetro se calcula en base al total de especies saprófitas y micorrícicas que pueblan la región (Freire, 1982). Las especies saprófitas crecen sobre restos orgánicos en descomposición, lo que indica que algo está produciendo que haya una mayor masa de materia orgánica muerta que viva (plantaciones viejas, plagas de parásitos,...). Y por el contrario, las especies micorrícicas crecen sobre las raíces vivas de las plantas, por lo que si su presencia es mayor querrá decir que la masa forestal está en buen estado, es joven y sana.

Para crecer, las setas necesitan unas condiciones ambientales más o menos determinadas en función de la plasticidad de cada especie, pero, de modo general, la humedad debe ser o estar por encima del 20%, la temperatura media regional por encima de los 4° C, y los suelos deben poseer un carácter ácido o neutro (Winterhoff, 1992). La Comunidad de Montes de Arcos cumple estos requisitos generales.

Metodología de trabajo

Para el desarrollo de este estudio lo primero que ha sido necesario fue el muestreo del Monte de Cotres, para conocer cuántas especies de macromicetos crecen en él, y en qué cantidad aparecen por hectárea. Esta actividad se desarrolló a lo largo de todo el otoño e invierno de 2014 y la primavera de 2015. Para un estudio de mayor valor y exactitud sería necesario un muestreo de más duración, al menos 3 años, para poder cerrar el ciclo biológico de todas las especies de setas. El catálogo de especies (Fernández Ricón *et al.*, 2015) obtenido se comparó con el Real Decreto 30/2009 recogido en el B.O.E. para conocer cuántas son aprovechables. Se analizó su valor de mercado, consultando diversas empresas especializadas en el sector, y se determinó el valor económico de la producción actual del monte. A continuación se diseñaron y plantearon diversas técnicas de mejora, para favorecer un incremento de la producción micológica. Se contrastaron dichas técnicas con datos bibliográficos y se calculó una producción micológica potencial, junto con el valor económico que esta puede tener.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Situación actual de salubridad de las plantaciones

Los muestreos mencionados en la metodología de trabajo han dado como resultado un catálogo de 76 especies de Basidiomycota y Ascomycota.

De ellas, 42 son micorrícicas, 25 saprófitas y 9 parásitas, por lo que obtenemos un índice de saprofitismo de 1,68, siguiendo el método indicado por Freire (1982).

Si el valor 1 en este índice indica la presencia de árboles muy jóvenes y una formación arbórea micológicamente sana y joven, y el valor 2 se refiere ya a formaciones climácicas y en vías de degradación, en el monte de Cotres se observa, desde el punto de vista micológico, que presenta un buen estado de salubridad, aunque no óptimo, para este tipo de plantaciones forestales.

Valoración de la producción micológica actual

De las 76 especies de macromicetos catalogadas, en comparación con el Decreto 30/2009, 11 son comercializables. Se recogen en la tabla 2. En ella se puede ver además la época en la que crece, bajo qué especies vegetales y qué extensión ocupan estas, los kilogramos por hectárea muestreados y el cálculo de kilogramos totales extraíbles en toda la extensión del monte, según la extensión de especies arbóreas en las que habita cada seta.

Tabla 2: especies de setas comerciales y sus características.

Especie	Época y Hábitat	Especies arbóreas (ha)	Kg/ha	Kg totales reales	Imagen
<i>Boletus edulis</i> Bull. (boletos)	Verano / Otoño. Pinos y caducifolios	87,58	40	3.503	
<i>Cantharellus cibarius</i> Fr. (cantarelos)	Primavera / Otoño. Pinos y caducifolios	87,58	17	1.488	
<i>Cantharellus lutescens</i> (Pers.) Fr. (trompetas)	Verano / Otoño. Pinos	64,75	25	1.618	
<i>Cantharellus tubaeformis</i> Fr. (trompetas)	Otoño. Pinos	64,75	25	1.618	
<i>Hydnum rufescens</i> (Pers.) Poir. (lengua de vaca)	Verano / Otoño. Pinos y caducifolios	87,58	62,5	5.473	
<i>Lactarius deliciosus</i> (L.) Gray. (niscalos)	Otoño. Pinos	64,75	1	65	
<i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff.) Fr. (rúsula)	Primavera / Otoño. Pinos y caducifolios	87,58	1	88	
<i>Russula virescens</i> (Schaeff.) Fr. (rúsula)	Verano / Otoño. Caducifolios	22,83	1	23	
<i>Lepista nuda</i> (Bull.) Cooke. (pie azul)	Todo el año. Pinos y caducifolios	87,58	3 Kg/colonia	-	
<i>Rhizopogon roseolus</i> (Corda.) Th. Fr.	Verano / Otoño. Pinos	64,75	10 ejemplares/10 m ²	-	
<i>Helvella macropus</i> (Pers.) P. Karst. (orejillas)	Verano / Otoño. Caducifolios	22,83	2	45	

Se puede observar que de *Lepista nuda* (pie azul) y de *Rhizopogon roseolus* no es posible hallar la producción total en toda la extensión del monte de Cotres. Esto se debe a que ambas son especies saprotróficas, crecen asociadas a restos orgánicos en descomposición. Tras los muestreos, se ha encontrado muy poca cantidad de ambas especies, por lo que multiplicar la cantidad hallada por la superficie que ocupan las especies vegetales que las cobijan resultaría en un dato erróneo y sobreestimado. El resto de especies son micorrícicas, crecen asociadas a las raíces de alguna especie vegetal en concreto. Se ha encontrado una cantidad significativa de cada una durante los muestreos, por lo que multiplicar tal cantidad por la superficie total ocupada por su especie vegetal hábitat no supone distorsionar la cantidad resultante.

Datos empíricos referidos a producciones de macromicetos en otros montes gallegos, recogidos a lo largo de 20 años (Fernández de Ana Magán & Rodríguez, 2000; Fernández de Ana Magán *et al*, 1999; Hifas da Terra, 2006), han demostrado que especies como *Boletus edulis* (boletos) o *Lactarius deliciosus* (niscalos), en sotos de castaños y pinares, respectivamente, pueden llegar a producir entre 50 y 300 kg/ha/año y *Cantharellus cibarius* (cantarelas) entre 50 y 200 kg/ha/año. Resultados similares se obtuvieron en la Comarca de Pinares de Soria para los niscalos (Fernández Toirán, 1994, 2002).

Se puede apreciar que la zona de Cotres tiene una producción mucho menor a la mencionada en los estudios anteriores para esas tres especies, ya que aparecen 40 kg/ha de boletos, 17 kg/ha de cantarelas y 1 kg/ha de niscalos, aunque en este caso tenemos otras especies interesantes como *Cantharellus lutescens*, *C. tubaerformis* (trompetas), *Hydnum rufescens* (lengua de oveja), *Russula cyanoxantha* (carbonera), *R. virescens*, *Lepista nuda* (pie azul), *Rhizopogon roseolus* y *Helvella macropus* (orejas de fraile), de los que carecemos de datos para Galicia con los que poder comparar.

Esta menor productividad se debe, en gran medida, a la falta de cuidados silvícolas en la zona (Olaizola Suárez, 2012).

Valoración económica actual

Una vez se ha determinado la cantidad de setas de cada especie que es posible obtener en el monte, se puede determinar su valor económico. El precio que una especie u otra puede alcanzar en el mercado oscila de año a año, en función de su abundancia estacional, o de su valor como comestible, determinado por diversos factores. Por ejemplo, los boletos se consideran excelentes por su sabor y versatilidad a la hora de preparar diversos platos, especialmente en el mercado italiano. Los niscalos alcanzan mayor valor en el mercado catalán y las cantarelas, en el alemán (Elfos Gourmet, información personal). Las tres son abundantes en otoño y prácticamente inconfundibles para los aficionados, por lo que son más populares y valoradas (Val, 2009).

Los precios medios de las 11 especies mencionadas en la tabla 2 aparecen recogidos en la siguiente:

Tabla 3: precios de mercado referidos a las 11 especies comercializables (azul oscuro las más solicitadas y azul más claro las que carecen de valor culinario), teniendo en cuenta su valor en el monte y en el mercado (producto fresco, congelado y seco).

<u>Precios (€) por kilogramo</u>	Precio a pie de monte	Precio fresco	Precio congelado	Precio seco
<i>Boletus edulis</i> Bull.	3 a 10	10 a 50	20	98
<i>Cantharellus cibarius</i> Fr.	2 a 15	20 a 30	12	92
<i>Lactarius deliciosus</i> (L.) Gray.	5 a 10	10 a 40	8	158
<i>Cantharellus tubaerformis</i> Fr.	-	22	10	78
<i>Cantharellus lutescens</i> (Pers.) Fr.	-	22	11	88
<i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff.) Fr.	-	30	-	-
<i>Russula virescens</i> (Schaeff.) Fr.	-	30	-	-
<i>Lepista nuda</i> (Bull.) Cooke.	-	6	6	64
<i>Hydnum rufescens</i> (Pers.) Poir.	-	10 a 30	7	81
<i>Helvella macropus</i> (Pers.) P. Karst.	-	5 a 20	-	-
<i>Rhizopogon roseolus</i> (Corda) Th. Fr.	-	5 a 15	-	-

El precio que se paga a un recolector de setas silvestres a pie de monte puede ser hasta un 200% menos del que alcanzan en el mercado final (Castro, 2014). Si dicha seta va a ser vendida como producto seco, puede superar el 400% más de su valor inicial (Tabla 3). E incluso, algunas empresas presentan precios diferentes según la calidad del producto: *Boletus edulis* de 1ª categoría (máxima calidad) a 20 €/Kg y *Boletus edulis* de 2ª categoría a 15 €/Kg (Frutobos, 2015). Este es un aspecto que se debe tener en cuenta a la hora de recolectar, comercializar e intentar valorizar al máximo la producción micológica de una zona.

En el monte de Cotres, a pie de monte, se pueden alcanzar entre 10.509 y 35.030 €/año de *Boletus edulis*, entre 2.976 y 22.320 €/año de *Cantharellus cibarius* y de 324 a 647€/año de *Lactarius deliciosus*, cifras mucho menores de las esperadas según la bibliografía consultada (Fernández de Ana Magán & Rodríguez, 2000).

Producción micológica potencial y técnicas de mejora

1. Trabajos forestales

Uno de los aspectos más importantes para favorecer la producción micológica es mantener el sotobosque despejado y limpio (Olaizola Suárez, 2012). Las especies de matorral y los helechos son capaces de ahogar la producción de setas, ya que consumen recursos del suelo y evitan el paso de la luz solar, además de impedir su visualización para el recolector.

Cada especie de hongo posee afinidades diferentes por la luz, pudiendo llegar a realizarse una clasificación de especies umbrófilas y heliófilas. En el monte de Cotres aparecen en gran medida *Hydnum rufescens* y *Cantharellus cibarius*, umbrófilas, lo que es indicativo de que existe tanto un dosel forestal denso como un sotobosque espeso. Por ello, para favorecer la producción global y en especial de otras heliófilas, también interesantes, como *Boletus edulis* o *Lactarius deliciosus*, es necesario planificar un sistema de limpieza periódico de la zona (Olaizola Suárez, 2012).

Estos procesos de limpieza deben ser cuidadosos. No se puede levantar la capa húmica del suelo ni remover en exceso la tierra, y tampoco compactarla por el paso de maquinaria pesada o pisoteo continuado de trabajadores (Brundrett *et al.*, 1996). Tampoco se deben dañar los árboles, para evitar la entrada de enfermedades. Los desbroces deben ser de carácter rotacional, permitiendo la recuperación de una zona durante uno o dos años mientras se clarean otras. No se debe dejar el suelo completamente desbrozado, pues se desprotegería.

Un correcto marco de plantación de los árboles ayuda a mejorar la producción micológica. Para robles, castaños y hayas se recomienda un marco de 6x6 m a 8x8 m, mientras que para coníferas y abedules se puede reducir entre 4x4 m y 6x6 m (Hifas da Terra, online).

En Cotres es necesario llevar a cabo este tipo de tareas antes de realizar cualquier aprovechamiento sostenible.

2. Técnicas de micorrización.

La mayor parte de las especies más valoradas en el mercado son micorrizas, por lo que micorrizar la masa forestal existente o bien reforestar zonas baldías con árboles previamente micorrizados favorecería en gran medida la producción global. La producción resultante de cada técnica de micorrización está muy bien estimada por las empresas que las comercian (Hifas da Terra, online; Micología Forestal & Aplicada, online), por lo que se puede calcular con precisión cuánto crecería la explotación respecto de la actual si las condiciones climatológicas son las adecuadas.

Como mayor ventaja, estas técnicas aseguran una producción estable, y gracias a ellas es posible introducir alguna especie de interés que no esté presente de forma natural en el monte. Pero, en contra, no todas las especies de setas están disponibles, por lo que es necesario ajustarse a catálogos determinados.

Los árboles micorrizados en vivero se venden muy jóvenes. Por ello, es necesario esperar hasta 12 años para comenzar a obtener setas. Durante esta espera el árbol micorrizado puede sufrir una micorrización de otras especies presentes en el lugar donde se plantó, por lo que se debe tratar de cuidar y plantar en un emplazamiento adecuado o donde ya hubiera setas de la especie de interés. Los costes varían en función de la especie de interés y el árbol al que se asocia: un pino productor de *Lactarius deliciosus* cuesta de media 7,44 € (2-4 € sin micorriza), y un castaño, en función del tipo de castaña que produzca y la edad que tenga en el momento de su venta, estando micorrizado con *Boletus* y *Russula* cuesta entre 7 y 25 € (4,5-6 € sin micorrizas).

Un pinar micorrizado de este modo puede llegar a producir 300 kg/ha/año de *Lactarius deliciosus*. Algo semejante ocurre con un soto micorrizado con *Boletus edulis* (300 kg/ha/año). Comparando con la tabla 2, se puede ver que en el caso de los niscalos la producción es 300 veces mayor a la actual, y la de boletos, 7 veces, siempre y cuando, las condiciones edafoclimáticas sean las adecuadas durante el año. Diversos investigadores opinan que este es el método de mejora más eficaz, frente a la inoculación, detallada a continuación.

Para reforzar la micorrización existente en una región, se pueden aplicar inóculos con el micelio de la seta de interés sobre las raíces de la masa forestal existente. Los árboles deben tener una edad comprendida entre 2 y 25 años.

Es un método más barato que el anterior, 5 litros de inóculo, válido para 200 árboles, cuesta 340 euros. Por lo que si se quiere reforzar la producción de grandes áreas forestales, es preferible elegir este sistema antes que la reforestación micorrizada.

Para que la técnica sea efectiva, se deben inocular (como mínimo) 208 árboles por hectárea en el caso de coníferas, y 92 árboles por hectárea en el caso de frondosas. Si las condiciones climáticas son favorables, se pueden lograr producciones de 200 kg/ha al año en el caso de *Boletus edulis*, 5 veces más que la producción real del monte (Fernández de Ana Magán & Rodríguez, 2000).

Si se decide aplicar esta técnica, hay que tener especial cuidado en que las especies arbóreas sobre las que se aplica el inóculo sean las adecuadas para el crecimiento de las setas, y que el marco de plantación en el que se distribuyen sea correcto. El tiempo de espera para la primera fructificación oscila entre 18 meses y 3 años, mucho menos que si se plantaran árboles micorrizados. Durante todo este tiempo no debe ser dañada la superficie húmica del suelo.

A la vista de la experiencia indicada por las empresas del sector, en el caso de Cotres, sería eficaz aplicarlo sobre las frondosas (de 16 años de edad) y como medida de refuerzo (no con tanta profusión) sobre las coníferas, ya que los pinos rondan los 25 años de edad (tabla 1), la máxima recomendada para la aplicación de estos inóculos.

3. Guardería forestal

Las técnicas de desbroce (ampliación del marco de plantación, introducción de micorrizas, etc.) implican una mayor producción de setas y un mayor aporte económico a los propietarios del monte. Por ello se hace necesario establecer una serie de personal micológicamente cualificado que asegure el funcionamiento de la inversión y que la legislación actual se cumpla (DOG, 2014), es decir, sería necesario promover la creación de una guardería forestal especializada, que pueden ser los propios trabajadores del monte, previamente formados en micología aplicada.

CONCLUSIONES

1. El catálogo de especies de hongos en el monte de Cotres comprende 76 especies, de las cuales 42 son micorrícicas, 25 saprófitas y 9 parásitas, lo que da un índice de saprofitismo de 1,68, es decir, la zona de estudio manifiesta un buen estado de salubridad, aunque no óptimo para este tipo de plantaciones forestales.

2. De las especies catalogadas sólo 11 son comercializables según lo indicado en el Real Decreto 30/2009 del 16 de enero.
3. El monte de Cotres tiene una producción de *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius* y *Lactarius deliciosus* menor de la esperada, según la bibliografía gallega consultada, lo que se refleja en un bajo beneficio económico.
4. En consecuencia, en el monte de Cotres es necesario realizar una serie de cuidados silvícolas y/o de mejora de la micorrización para conseguir un aprovechamiento micológico, tanto económica como ecológicamente, sostenible.
5. En la situación actual, a corto plazo se aconseja la aplicación de micorrizas sobre los árboles ya establecidos, y, a medio y largo plazo, la plantación de ejemplares previamente micorrizados en vivero.

BIBLIOGRAFÍA

- Boletín Oficial del Estado. (2009). Real Decreto 30/2009, de 16 de enero, por el que se establecen las condiciones sanitarias para la comercialización de setas para uso alimentario. Madrid.
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., Malajczuk, N. (1996). Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. Canberra (Australia): ACIAR Monograph.
- Carballeira, A., Devesa, C., Retuerto, R., Santillán, E., Uceda, F. (1983). Bioclimatología de Galicia. La Coruña: Fundación Pedro Barrié de la Maza.
- Castro, M.L. (2010). Importância económica e social dos fungos na floresta. PRODER. Mirandela (Portugal): Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Norte.
- Castro, M.L. (2014). Relación entre factores ecológicos e biológicos e patróns de fructificación de macromicetos. Mykes 17: 23-37. Galicia.
- Castro, M.L., Freire, L. (1982). Guía das setas ou cogumelos comestibles de Galicia. Vigo: Edicións Xerais de Galicia.
- Concello de A Veiga. Proxecto TREGUMELOS. Recuperado o 25 de marzo de 2015 de www.aveiga.es/downloads/turismo_micoloxico.pdf
- Conesa Mor, J.A. (2000). Altres aprofitaments forestalls. Lleida: Edicións de la Universitat de Lleida.
- D.O.G. (2014). Decreto 50/2014, do 10 de abril, polo que se regulan os aproveitamentos madeireiros e leñosos, de cortiza, de pastos e micolóxicos en montes ou terreos forestais de xestión privada na Comunidade Autónoma de Galicia e o contido, organización e funcionamento do Rexistro de Empresas do Sector Forestal. Santiago de Compostela.
- Fernández de Ana Magán, F.J., Rodríguez, A. (2000). Os cogumelos nos ecosistemas forestais galegos. Vigo: Edicións Xerais
- Fernández de Ana-Magán, F.J., Rodríguez, A. et Blanco-Dios, J.B. (1999). A produción de cogumelos nas matas forestais. Un recurso a considerar na ordenación de montes. Actas Congreso de Ordenación y Gestión Sostenible de Montes 1: 525 - 533. Santiago de Compostela.
- Fernández Filgueira, B. (2014). Proxecto de Revisión da Ordenación do Monte Veciñal de Arcos. Santiago de Compostela. Asociación Forestal de Galicia (inédito). Galicia.
- Fernández Ricón, H., Pérez Torrón, G. & Castro, M.L. (2015) Macromicetos del monte de Cotres en la parroquia de Arcos (Pontearreas, Pontevedra). Mykes 18 (en prensa).
- Fernández Toirán, M. (1994). Estudio de la producción micológica actual en la Comarca de Pinares de Soria y ensayo de técnicas de mejora de la misma. Universidad de Santiago de Compostela (Tesis doctoral). Galicia.

- Fernández Toirán, M. (2002). La producción de setas en la gestión forestal. *Asociación Micológica Pantorra* 2: 71-82. Galicia.
- Freire, L. (1982). *Macromicetos de la Selva Negra (Santiago)*. Universidad de Santiago de Compostela (Tesis doctoral). Galicia.
- Gardes, M., Bruns, T.D. (1996). Community structure of ecto-mycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: above and below ground views. *Can. J. Bot.* 74: 1572-1583. Canadá.
- Hifas da Terra (2015). Página web sobre cultivo de micelios y árboles micorrizados. Recuperado el 1 de junio de 2015 desde <http://www.hifasdaterra.com/web/>
- Hifas da Terra. (2006). Un monte de cogomelos: Produtividade de cogomelos, métodos de mellora da produción, ordenación dos sistemas de aproveitamento e proxecto piloto de micorrización. *Vacaloura, Boletín do Proxecto Natureza Viva* 3: 3-23.
- Micología Forestal & Aplicada. (2015). Página web sobre cultivo de micelios y árboles micorrizados. Recuperado el 1 de junio de 2015 desde <http://www.micofora.com/>
- Micovaldorba. Sendas Micológicas. Recuperado el 15 de abril de 2015 desde www.valdorba.org/micovaldorba2/sendas_paseos_micologicos_seteros_valdorba_navarra_proyecto_life_micovaldorba_setas.shtml
- Molina Ibañez, M., López Estebanz, M. (2004). Hacia un modelo de puesta en valor y gestión sostenible de la Micología. Presentación del proyecto LIFE-medio ambiente MYAS: Micología Y Aprovechamiento Sostenible. *Anais Ass. Micol. Pantorra* 4: 5-14.
- Olaziola Suárez, J., Cuesta Bachiller, J., de la Parra Perral, B., Oria de Rueda Salgueiro, J.A., Saiz Rojo, A. (2012). Gestión Micológica forestal: técnicas para mejorar las producciones de hongos silvestres comestibles en el País Vasco. *Foresta* 55: 46-53. Madrid: Asociación y Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales.
- Samorini, G. (2001). *Funghi allucinogeni. Studi etnomicologici*. Doza (Italia): Telesterion.
- Sánchez Rodríguez, J.A., Flórez Serrano, J., Sierra Fernández, J.L., Guerra Burton, B., Chamorro Suárez, M., (2004). *Los Hongos: manual y guía didáctica de Micología*. León: IRMA S.L.
- Val, M. (2009). *Revista Gastronómica on-line "Sabor Mediterráneo"*. Recuperado el 31 de mayo de 2015 desde <http://www.sabormediterraneo.com/cocina/setas.htm>.
- Winterhoff, W. (1992). *Fungi in Vegetation Science*. Londres: Kluwer Academic Publishers.

CONTAMINACIÓN POR PARÁSITOS ZONÓTICOS DE ORIGEN CANINO EN PARQUES PÚBLICOS DEL CONCELLO DE VIGO

Sandra María Gallego Pereira
e- mail:sandratanguera@hotmail.com

Resumen

Trabajo Fin de Grado

Tutor:

- Raúl Iglesias Blanco

Departamento de Biología

animal y ciencia de la salud.

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

El presente trabajo ha sido elaborado con el fin de evaluar la presencia de formas parasitarias potencialmente zoonóticas en las heces caninas abandonadas en parques y jardines de la ciudad de Vigo, y el riesgo que esta práctica supone para el hombre. Se recogieron 51 muestras fecales en 9 parques vigueses. Un 15,69% de las muestras presentaron formas parasitarias potencialmente zoonóticas, detectándose quistes del protozoo *Giardia duodenalis* (1,96%) y huevos sin embrionar del nematodo *Trichuris vulpis* (13,73%).

INTRODUCCIÓN

Perros y humanos han compartido el mismo nicho ecológico desde hace más de 135.000 años (Vilá *et al.*, 1997). Además de una “coevolución simpátrica” y una evolución socio-cognitiva convergente (Miklósi *et al.*, 2004, Hare y Tomasello, 2005) existen beneficios mutuos de la asociación entre ambos (Coppinger y Coppinger, 2001). Multitud de estudios abordan los efectos beneficiosos que la posesión de mascotas ejerce sobre la salud de sus propietarios a nivel psicológico y físico (supervivencia a ataques cerebrovasculares, terapias alternativas) (Grossberg, *et al.*, 1988; Headey & Krause, 1999; Schofield, *et al.*, 2005), y social (interacción social, apoyo a la discapacidad, pastoreo, defensa, labor policial, etc.) (Knight *et al.*, 2008).

A pesar de estas ventajas, el perro constituye un reservorio de parásitos que pueden afectar al ser humano. Este tipo de infecciones o enfermedades que se transmiten de forma natural entre los animales vertebrados y el hombre se denominan zoonosis (OMS, 1967). El rol sociocultural del perro debería estar estrechamente ligado a la toma de medidas higiénicas para el control de la transmisión de estas infecciones (Xiao *et al.*, 2002; Macpherson, 2005). El abandono de las heces caninas en parques o jardines es una práctica potencialmente peligrosa, pues muchos de los enteroparásitos que habitan en el intestino del perro, y que eliminan sus huevos o formas quísticas a través de las heces, pueden producir importantes patologías en el ser humano (Tabla 1). Por todo ello, es necesario formar y educar a los propietarios sobre la necesidad de controlar las parasitosis caninas y de recoger y eliminar adecuadamente las heces de nuestros espacios públicos, ya que según estudios previos, el conocimiento sobre esta problemática es limitado e insuficiente (Wells, 2007; Lee *et al.*, 2010; Smith *et al.*, 2015).

En este sentido, la ESCCAP (*European Scientific Counsel Companion Animal Parasites*, 2012) aconseja:

- 1) Retirar inmediatamente las heces de la vía pública para reducir la contaminación ambiental.
- 2) Alimentar al animal con dietas comerciales o comida cocinada para impedir la transmisión de infecciones parasitarias a través de la carne cruda.
- 3) Evitar que el perro ingiera roedores, cadáveres, placentas y/o fetos de cabras u ovejas.

4) Usar agua fresca y potable para darles de beber

5) Controlar sus enfermedades parasitarias mediante tratamiento periódico.

En la comunidad autónoma de Galicia y en el municipio de Vigo, las obligaciones de los propietarios de mascotas en lo que se refiere a la obligatoriedad de recoger las heces de nuestras mascotas de los espacios públicos, se encuentran reguladas por la Ley 1/1993, de 13 de abril, de Protección de Animales Domésticos y Salvajes en Cautividad, la Ley 8/2014, de 26 de septiembre, de reforma de la Ley 1/1993, de 13 de abril, de Protección de Animales Domésticos y Salvajes en Cautividad, y por la Ordenanza municipal para la protección y tenencia de animales. Así, el abandono de los excrementos animales en la vía pública se considera una infracción leve (sanción de 150 a 300 €), sanción que en la LEY 8/2014, de ámbito autonómico, se fija entre 100 y 500 €.

Por todo ello en el presente trabajo nos planteamos evaluar el grado de cumplimiento de la ordenanza municipal en el municipio de Vigo, y determinar la presencia de enteroparásitos potencialmente zoonóticos en heces caninas recogidas de nuestros parques y jardines.

MATERIAL Y METODOS

Se seleccionaron 9 parques y jardines del área urbana de Vigo (300.000 habitantes), Pontevedra, España, en base a criterios tales como frecuencia de visitas caninas y especificidad como área de esparcimiento canino. La Tabla 2 muestra un resumen de las características de los parques seleccionados.

En total, se recogieron 51 muestras fecales en los 9 emplazamientos seleccionados en envases previamente elaborados para la recogida de las heces, que contenían 25 mL de formalina al 10%. Se seleccionaron sólo heces aparentemente frescas. Se anotó el lugar, fecha y hora de recogida, el tipo de suelo, y el aspecto de las heces, incluyendo la consistencia (formadas, blandas o sueltas) y la presencia/ausencia de mucus, sangre y/o formas macroscópicas compatibles con nematodos o proglótides de cestodos. Las muestras fecales se recogieron con una cucharilla desechable y se introdujeron en la solución de fijación, manteniendo una relación de 1/3 volumen/volumen entre heces y fijador. La mezcla se agitó para asegurar una fijación adecuada de las heces, y se reservaron en un lugar oscuro, fresco y seco hasta su examen.

Las muestras fueron analizadas mediante dos técnicas de concentración coproparasitológicas rutinarias empleadas en laboratorios de diagnóstico clínico y/o veterinario:

- 1) Sedimentación con formalina-acetato de etilo (método de Ritchie modificado).
- 2) Flotación con sulfato de zinc (método de Faust).

Previamente se homogeneizó cada muestra por agitación manual y se filtraron de 6 a 10 mL en un dispositivo Para-pack Macro-CON® acoplado a un tubo de centrifuga de fondo cónico de 50 mL para eliminar los residuos fecales gruesos. De cada muestra se depositaron de 2 a 4 mL del filtrado (según densidad del mismo) en 2 tubos de 10 mL de fondo en U, uno de ellos para sedimentación y el otro para flotación.

Se añadió formalina al 5% hasta el borde de los tubos, se centrifugaron 10 min a 500 g, y se desecharon los correspondientes sobrenadantes.

El tubo que contenía el sedimento destinado a flotación fue tapado y reservado para la realización posterior de esta técnica. El otro tubo fue destinado a sedimentación con formalina/acetato de etilo o Ritchie modificado. En este caso tras la adición de ambos reactivos y la correspondiente homogeneización y centrifugación (500 g, 5 min) se examinaron 3 preparaciones del sedimento obtenido al microscopio. Las formas parasitadas detectadas en cada preparación fueron contadas, fotografiadas, y medidas con ayuda de un ocular micrométrico. El sedimento sobrante fue utilizado para realizar extensiones fecales, que fueron teñidas con Auramina O, tinción Kinyoun, y/o inmunofluorescencia directa (ver más adelante). Para la técnica de flotación (método de Faust) el sedimento obtenido inicialmente se resuspendió en una

solución de sulfato de zinc de gravedad específica 1,2 (ajusta con un hidrómetro) que, al final del procesado, permite recoger la mayoría de las formas parasitarias presentes en las heces sobre la superficie de dicha solución. Tras una breve centrifugación (500 g 2 min) se recogieron 4 gotas de la superficie de la solución de flotación con un asa de siembra doblada 90° respecto al eje longitudinal y se examinaron rápidamente al microscopio en búsqueda de formas parasitarias.

Las extensiones fecales preparadas con el sedimento obtenido por el método de Ritchie modificado fueron teñidas con Auramina O, que permite hacer un cribado inicial de presencia de ooquistes de coccidios mediante la tinción de los ácidos micólicos presentes en la pared de dichas formas (p. ej. *Cryptosporidium canis*, *Cystoisospora canis*, etc.)

Tabla 1. Aspectos fundamentales de la biología, epidemiología y enfermedades humanas asociadas a los principales enteroparásitos caninos presentes en nuestro país (Robertson y Thompson, 2002; Bowman *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2010; Deplazes *et al.*, 2011; Rojo-Vázquez *et al.*, 2011).

Parásito	Grupo	Distribución	Modo de transmisión/ ruta de infección	Enfermedad/ manifestaciones clínicas	Diagnóstico básico	Ciclo homoxeno o heteroxeno
<i>Giardia duodenalis</i>	Protozoos, flagelados	Cosmopolita	Ingestión de quistes en agua y alimentos contaminados, o al llevarse manos o fómites contaminados a la boca. Ruta fecal/oral	Giardiasis: cuadros diarreicos, irritación duodenal, meteorismo, náuseas, vómitos, malabsorción, hipersecreción de mucus	Detección de quistes o trofozoitos en heces mediante microscopía, inmunoensayos, y/o PCR	Homoxeno ¹
<i>Echinococcus granulosus</i>	Helmintos, Cestodos	Cosmopolita	Ingestión de huevos embrionados (con oncosfera) en tierra al llevarse las manos o fómites contaminados a la boca tras manipularla, o por geofagia, alimentos y agua contaminada. Fecal/oral	Hidatidosis o equinococosis quística unilocular: quistes hidatídicos en hígado y pulmones (pueden aparecer en otros órganos). Severidad según órgano, tamaño y estado de integridad	Detección del quiste por técnicas de imagen (RMN, TAC, RX, ecografía), y serológico	Heteroxeno ¹ . Hospedadores intermediarios: ovejas, vacas y cabras, entre otros
<i>Ancylostoma caninum</i> <i>Uncinaria stenocephala</i> (Ancilostomátidos o gusanos gancho)	Helminto, Nematodos	Cosmopolita	Penetración de larvas L3 filariformes a través de la piel expuesta a suelos contaminados (al caminar descalzos, sentarse o tumbarse). Geohelminto	Larva <i>migrans</i> cutánea (LMC) o erupción serpiginosa: larvas L3 filariformes migran a través de la piel, hasta que mueren, causando picor, molestias y líneas rojas en su avance. En casos muy raros, causan enteritis eosinofílica (sólo en <i>A. caninum</i>)	Anamnesis (caminar descalzo o tumbarse sobre suelos arenosos en zonas endémicas) y lesión cutánea típica que, por su apariencia y velocidad de avance diario (2-5 cm/día), prácticamente patognomónica ³	Homoxeno
<i>Toxocara canis</i>	Helminto, Nematodos	Cosmopolita	Ingestión de huevos embrionados (con L3) en tierra al llevarse las manos o fómites contaminados a la boca tras manipularla, o por geofagia, alimentos y agua contaminada. Fecal/oral	Toxocarosis: asintomática, toxocarosis ocular (LMO o larva <i>migrans</i> ocular: pérdida de visión, uveítis, daño en retina, normalmente unilateral), toxocarosis visceral (LMV: larva <i>migrans</i> visceral en órganos o sistema nervioso. Fiebre, fatiga, tos, dolor abdominal)	Serológico	Homoxeno
<i>Trichuris vulpis</i>	Helminto, Nematodos	Cosmopolita	Ingestión de huevos embrionados (con L1) en tierra al llevarse las manos o fómites contaminados a la boca tras manipularla, o por geofagia, alimentos y agua contaminada. Fecal/oral. Geohelminto	Tricuriosis: dolor y distensión abdominal, prolapso rectal, disentería, malnutrición, retraso del crecimiento, anemia, síndrome de malabsorción	Detección microscópica de huevos anembrionados en heces	Homoxeno

Las preparaciones se examinaron en un microscopio Olympus BX41 con equipo de epifluorescencia y un juego de filtros U-MWB2 (espejo dicróico DM500, filtro de excitación BP460-490, y un filtro barrera BA50IF), empleando como control positivo de una suspensión AccuSpike-IR (Waterborne) de ooquistes de *Cryptosporidium sp.* Aquellas muestras en las que se detectaron formas compatibles con ooquistes fueron sometidas a tinción Kinyoun para ácido-alcohol resistencia, empleada como técnica confirmatoria.

Tabla 2. Características principales de los parques y jardines de Vigo incluidos en el estudio.

Nombre	Situación	Extensión (m ²)	Áreas de esparcimiento humano	Recinto canino	Punto Sanecan	Otros
A Bouza	Coja	36.000	Parque infantil, cancha de baloncesto, campo de fútbol, petanca, aseos, área biosaludable	No	No	Humedal con fauna salvaje
Alameda de Bouzas	Bouzas	No consta	Parque infantil, kiosco orquesta	No	No	
Jardines de playa de Alcabre	Alcabre	No consta	Parque infantil, jardines, A.A.V.V. de Alcabre	No	No	
Nuevo Navia	Nuevo Navia	90.000	Areneros infantiles, estanques y fuentes	No	No	Patente abandono
Castrelos	Castrelos	240.000	Auditorio, lago artificial circuito de atletismo, área Biosaludable, parque infantil	No	No	
Paseo del matemático Rufo Pérez	Castrelos	No consta	Sin instalaciones	No	No	Carece de papeleras ordinarias
Parque canino Ponte Nova	Urbanización Aires Ponte Nova	14.000	Parque canino, playa canina	Sí	Sí	Cartel informativo de espacio canino
Parque Joaquín García Picher	Beiramar	500	Parque canino, parque infantil	Sí	Sí	Espacio restringido a uso canino.
Hispanidad y Pintor Colmeiro	Avda. Hispanidad y calle Pintor Colmeiro	No consta	Cancha usos múltiples, parques infantiles	No	No	

Finalmente, se empleó también la técnica de inmunofluorescencia directa para confirmar la presencia de *Giardia duodenalis* en la muestra que fue positiva por sedimentación, se realizó una prueba de inmunofluorescencia directa empleando el reactivo Aqua-Glo-G/C® (Waterborne, Inc.), que contiene dos anticuerpos monoclonales específicos de *Giardia* y *Cryptosporidium* marcados con isotiocianato de fluoresceína (FITC). Tras 30 min de incubación, la extensión fue lavada con PBS, montada con una

solución de DABCO al 0,25% en PBS-glicerol (1:9 v/v), que minimiza la extinción de la fluorescencia, y examinada al microscopio empleando el mismo juego de filtros utilizado para observar las preparaciones teñidas con Auramina O.

RESULTADOS

En 15 visitas a 9 parques y jardines de Vigo se recogieron 51 muestras fecales de perro, lo que supone una media de 3,4 muestras por visita, y de 5,6 muestras por parque (Tabla 3). El 47% de las heces fueron recogidas en los parques de Joaquín García Picher y A Bouza.

El análisis macroscópico de las muestras no reveló estructuras compatibles con proglótides de cestodos o nematodos. Todas las muestras presentaron consistencia “formada”, no detectándose tampoco presencia de sangre o mucus. El análisis coproparasitológico combinando las dos técnicas de concentración utilizadas reveló la presencia de formas parasitarias microscópicas en 8 de las muestras analizadas (15,69%), de las cuales 7 presentaban huevos del nematodo *T. vulpis* (13,72%). La otra muestra contaminada presentó quistes y, en menor medida, trofozoítos del protozoo flagelado *G. duodenalis* (Fig. 2), lo que supuso una prevalencia para este protozoo de 1,96%.

Tabla 3. Datos relativos al muestreo de deposiciones caninas en los diferentes espacios públicos urbanos incluidos en el estudio, representados en orden descendente en número de muestras fecales recogidas.

Área	Número de visitas	Nº de muestras (% del total)	Nº muestras/visita
Plaza de Joaquín García Picher	2	13 (25,49%)	6,5
Parque de A Bouza	3	11 (21,57%)	3,66
Parque de Castrelos	1	8 (15,68%)	8
Parque de Nuevo Navía	1	7 (13,72%)	7
Avenida Hispanidad/Pintor Colmeiro	2	7(13,72%)	3,5
Paseo de Alcabre	1	3 (5,88%)	3
Alameda de Bouzas	2	1 (1,96%)	0,5
Paseo del matemático Rufo Pérez	1	1 (1,96%)	1
Parque Canino Ponte Nova	2	0	0
Global	15	51	3,4

Durante el análisis mediante el método de Ritchie modificado se pudo comprobar que la sensibilidad de esta técnica se incrementó considerablemente al aumentar el número de preparaciones de sedimento examinadas al microscopio (Tabla 4). Así, el número de muestras que fueron positivas por este método teniendo en cuenta la primera, la primera y la segunda, o las 3 preparaciones de sedimento examinadas fue de 3, 5 y 6, respectivamente, detectándose de 1 a 8 huevos en las 3 preparaciones. Todas las heces que resultaron positivas para este parásito por el método de Ritchie modificado, excepto una, fueron positivas mediante flotación con sulfato de zinc, detectándose, en este caso, entre 4 y 99 huevos en la única preparación examinada para cada muestra. En la muestra que resultó negativa por esta técnica se detectó en las 3 preparaciones de sedimento un huevo atípico de *T. vulpis*, que recordó en tamaño (56 µm de longitud) y coloración a los de *Capillaria spp.* A pesar del reducido tamaño muestral se observó una correlación positiva entre el número de huevos totales detectados mediante una y otra técnica de concentración ($r= 0,8414$; $p= 0,0176$).

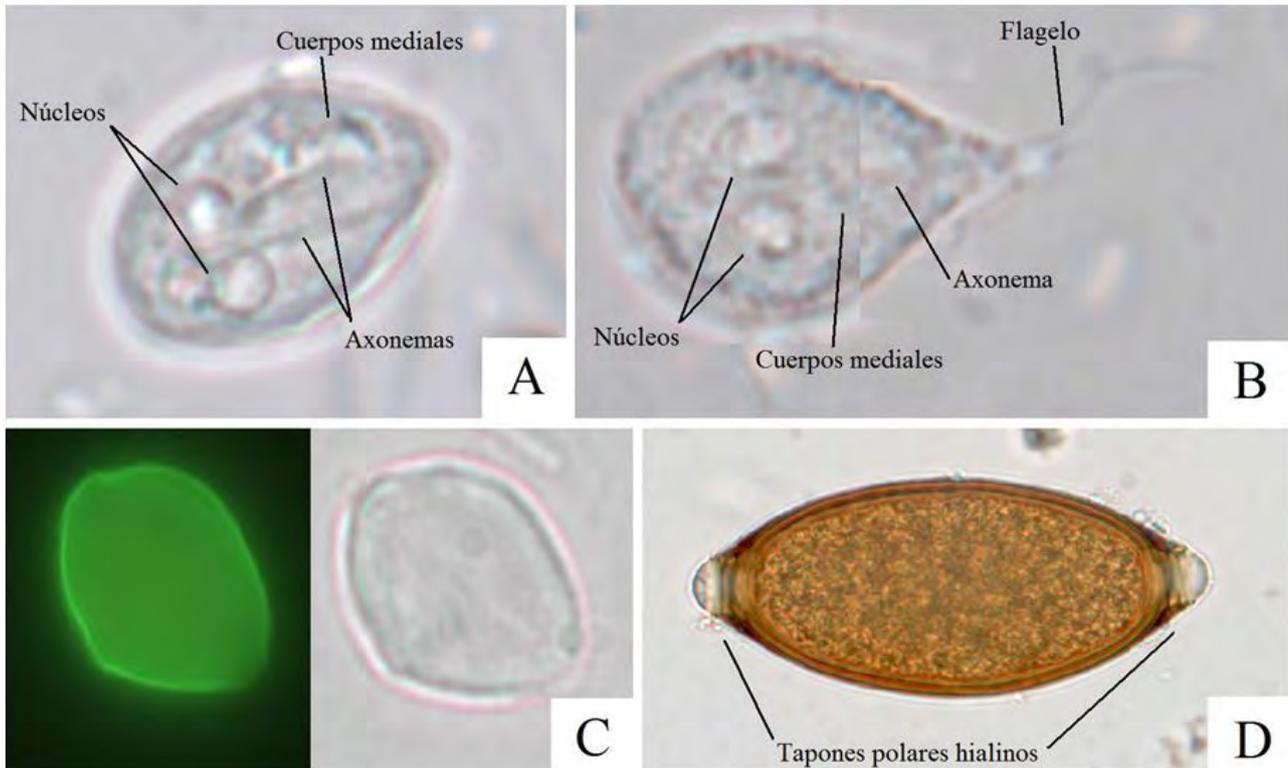


Figura 2. Imágenes de las distintas formas parasitarias detectadas durante el análisis coproparasitológico. A. Quiste de *Giardia duodenalis* mostrando su típica forma ovoide-elipsoide, dos núcleos, los axonemas y los cuerpos mediales. B. Trofozoito de *Giardia duodenalis* caracterizado por su apariencia piriforme, los dos núcleos característicos y uno de los 8 flagelos que tiene. C. Quiste de *Giardia duodenalis* observado mediante microscopía de fluorescencia (izda.) tras una prueba de inmunofluorescencia directa con anticuerpos monoclonales específicos frente a este parásito marcados con fluoresceína. A la derecha se muestra el mismo quiste observado con microscopía normal. D. Huevo de *Trichuris vulpis* sin embrionar, con los dos tapones polares hialinos, apariencia de balón de rugby, y cubierta lisa, gruesa y de color marrón-ámbar.

Aunque la técnica de flotación se utiliza rutinariamente para detectar quistes de *Giardia*, en nuestro caso no pudimos detectar estas formas sobre la superficie de la solución de flotación tras la centrifugación, como cabría esperar, sino únicamente en el sedimento de la muestra contaminada.

El cribado con auramina O reveló formas fluorescentes que, posteriormente, fueron descartadas como ooquistes de coccidios mediante la tinción confirmatoria de Kinyoun. Ninguna de las muestras analizadas reveló infecciones mixtas.

Las 8 muestras fecales que resultaron positivas para formas parasitarias se recogieron en 4 de los 9 parques incluidos en el estudio. Concretamente, 4 de ellas, positivas para huevos de *Trichuris vulpis*, procedían del parque de la plaza de Joaquín García Picher, dos, positivas para *Trichuris vulpis* o *Giardia duodenalis*, se obtuvieron en el parque de A Bouza, y las otras 2, ambas positivas para *Trichuris vulpis*, se encontraron en los parques de Castrelos y de la Avda. Hispanidad/Pintor Colmeiro. Por tanto, la proporción de muestras recogidas en estos parques que fueron positivas para enteroparásitos fue de 30,76%, 18,18%, 12,50%, y 14,28%, respectivamente, con un porcentaje global de 20,51% para las 39 muestras obtenidas en estos cuatro espacios públicos urbanos.

Tabla 4. Detalle de los resultados obtenidos al analizar las 7 muestras positivas para *Trichuris vulpis*, mediante la técnica de flotación (A) o método de Ritchie modificado tras examinar la primera (B), segunda (C) y tercera (D) preparación del sedimento. Suma de los hallazgos de B, C y D (E). Positivos teniendo en cuenta los resultados combinados de flotación y sedimentación (F). Entre paréntesis el número de huevos detectados en cada preparación positiva (+), excepto en la columna E.

Muestra	A	B	C	D	E	F
2	+ (99)	+ (3)	+ (3)	+ (1)	+ (7)	+
28	+ (1)	-	-	-	-	+
31	+ (49)	+ (2)	+ (6)	-	+ (8)	+
32	+ (22)	-	+ (1)	+ (2)	+ (3)	+
33	+ (4)	-	-	+ (1)	+ (1)	+
38	+ (43)	+ (2)	+ (3)	+ (2)	+ (7)	+
49	-	-	+ (1)	-	+ (1)	+
Nº positivas	6	3	5	4	6	7

DISCUSIÓN

A pesar de que existe una ordenanza municipal específica, parques caninos, puntos de recogida de heces, sanciones económicas, y paneles informativos en nuestra ciudad, éstos no parecen ser suficientes para acabar con el hábito de abandonar las heces de nuestras mascotas en los espacios urbanos de uso colectivo, ya que en este trabajo encontramos entre 3 y 4 deposiciones por visita en los 9 parques/jardines incluidos en el estudio. En años anteriores, en municipios próximos a Vigo, se han presentado dos Trabajos de fin de grado de temática similar, realizados en los municipios de Baiona (2013) y O Porriño (2014) (Dr. Iglesias, comunicación personal). En ambas poblaciones se detectaron muestras fecales con formas parasitarias pertenecientes a 3 o más especies, incluyendo huevos del importante nematodo zoonótico *T. canis* (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación de los resultados obtenidos en estudios previos de detección de enteroparásitos zoonóticos en heces caninas abandonadas en espacios públicos. Enteroparásitos (A), *Giardia duodenalis* (B), *Cryptosporidium* sp. (C), *Toxascaris leonina* (D), *Ancilostomátidos* (E), *Toxocara canis* (F), *Trichuris vulpis* (G).

CIUDADES	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)	E (%)	F (%)	G (%)	Tamaño muestral
Madrid ¹	?	17,7	8,9	1,3	-	-	1,3	79
Nápoles ²	16,9	-	-	-	6,5	0,7	10,1	415
Baiona ³	26,2	2,4	-	-	4,8	14,3	4,8	42
O Porriño ³	8,3	-	-	-	1,7	3,3	5	60
Vigo	15,69	1,96	-	-	-	-	13,72	51

¹ Dado *et al.* (2012)

² Rinaldi *et al.* (2006)

³ Dr. Iglesias (comunicación personal)

Al igual que observaron Dado *et al.* (2012), en la ciudad de Madrid, en nuestras muestras no pudimos detectar huevos de este parásito ni de nematodos ancilostomátidos. Sin embargo, estos autores detectaron huevos de *T. canis* en un 16,4% de las 625 muestras de suelo tomadas de los parques incluidos en su estudio. Esto indica que, aunque en este trabajo no hayamos encontrado estos huevos en las muestras fecales analizadas, no significa que estos no estén presentes en el suelo de nuestros parques y jardines. De hecho, en estudios serológicos recientes se ha comprobado que un 30% de los adultos de Santiago de Compostela y poblaciones limítrofes presentan anticuerpos frente a este nematodo (González-Quintela *et al.*, 2006), lo que indica que esta infección, en muchos casos subclínica, es más

común en nuestra comunidad autónoma de lo que se piensa, debido probablemente a que las condiciones climatológicas que tenemos durante casi todo el año en nuestra zona son especialmente adecuadas para la supervivencia de los estadios infectivos de este parásito en el suelo.

En nuestro estudio sólo una de las muestras fecales examinadas, procedente del parque de A Bouza, fue positiva para el protozoo *G. duodenalis* mediante sedimentación. Sorprendentemente, no se detectaron quistes de este parásito mediante flotación, aunque sí en el sedimento del tubo procesado por dicha técnica. Estudios previos reflejan la disminución de la recuperación de quistes y trofozoítos de este flagelado en muestras que han sufrido un proceso de congelación o de fijación con formalina con respecto a muestras de heces frescas (Ribeiro *et al.*, 1999). Por tanto, de acuerdo con esta publicación la fijación de la muestra con formalina al 10% junto con la exposición ambiental de las heces hasta su recogida podrían haber ejercido un efecto negativo sobre la flotabilidad de los quistes de *G. duodenalis*. Este aspecto sería interesante estudiarlo más a fondo ya que, aunque la técnica fue diseñada inicialmente para ser utilizada con heces frescas (con gravedad específica ajustada a 1,8), también se puede utilizar, como en nuestro caso, con heces fijadas (con gravedad específica ajustada a 1,2) (García, 2007).

Hasta el momento se han descrito 8 grupos genéticos, nombrados con letras de la A a la H, dentro de la especie *Giardia duodenalis* (Ryan y Cacciò, 2013). De ellos, 4 grupos (A-D) son capaces de parasitar al perro, siendo los genotipos A y B los que parasitan habitualmente al ser humano. Recientemente, se ha propuesto el nombre de *G. canis* para los genotipos C y D, ya que según parece son más específicos de cánidos (sólo aparecen puntualmente en humanos). Aunque en nuestro trabajo no se realizaron estudios genéticos, los quistes detectados deberían ser considerados potencialmente zoonótica, a la espera de confirmar su identidad por técnicas moleculares. La importancia sanitaria de *G. duodenalis* radica en que es uno de los parásitos intestinales más frecuentes en humanos de todo el mundo, y aunque la giardiasis en personas adultas sanas no es especialmente grave, sí que puede comprometer la salud de niños y personas inmunosuprimidas. Aunque sus quistes son muy sensibles a la radiación U.V., bajo condiciones favorables permanecen viables en suelo y agua, perdiendo solo un 11% de infectividad tras 49 días a 4 °C en suelo y volviéndose no infectivos tras una semana a 25 °C. En agua dulce, estos quistes, pueden permanecer infectivos 56 días a 0 °C-4 °C y 2 semanas a 20 °C-28 °C, y, en agua de mar, 65 días a 4 °C (Feng y Xiao, 2011).

El potencial zoonótico *T. vulpis*, detectado en un 13,72% de las muestras analizadas en este estudio, está siendo objeto de intenso debate ya que los pocos casos de infección intestinal descritos en personas en Tailandia, EEUU y México (Dunn *et al.*, 2002; Areekul *et al.*, 2010; Márquez-Navarro *et al.*, 2012), están siendo cuestionados, debido a la difícil discriminación morfológica entre los huevos de este parásito canino y los de la especie *T. trichiura*, que causa la tricuriasis humana (Dunn *et al.*, 2002; Areekul *et al.*, 2010; Márquez-Navarro *et al.*, 2012; Traversa, 2011). Ante la duda, los huevos de este enteroparásito canino deberían ser considerados potencialmente infectivos para el ser humano y, por tanto, deberían tomarse las medidas preventivas oportunas. El abandono de deposiciones con huevos de este nematodo ocasiona que, si estos quedan en el suelo, puedan desarrollar la larva L1 en su interior en un periodo de 3 a 8 semanas, volviéndose infectivos. Estos huevos infectivos (con larva L1) pueden permanecer viables en el medio durante años, ya que resisten bien condiciones extremas (especialmente si penetran en la tierra por efecto de la lluvia) y son difíciles de destruir, convirtiéndose en una fuente de infección para perros y probablemente humanos.

En cuanto a *Cryptosporidium canis*, del que no se detectaron ooquistes en nuestras muestras, su importancia zoonótica parece ser nula o prácticamente nula, ya que los casos detectados hasta el momento en humanos son muy escasos y restringidos a individuos inmunosuprimidos (Šlapeta, 2013).

A la vista de los resultados obtenidos, es obvio que existe un claro incumplimiento de las normativas autonómica y municipal que regulan la tenencia responsable de mascotas, y muchos ciudadanos continúan sin recoger los excrementos de sus perros de nuestros parques, aún a riesgo de ser sancionados económicamente. Esta práctica supone un riesgo considerable para la salud pública,

especialmente para los niños más pequeños, que son más susceptibles a las infecciones y que tienen hábitos de conducta (juegan en el suelo, se llevan las manos a la boca, e incluso, ocasionalmente ingieren tierra) que favorecen la transmisión de las formas parasitarias infectivas viables presentes en el suelo de los parques. Desde esta perspectiva, aparte de las sanciones y la desparasitación periódica, la educación de la población sobre los riesgos asociados al abandono de los excrementos podría ayudar a minimizar esta práctica y los riesgos derivados de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahn, S.J., Woo, S.J., Jin, Y., Chang, Y-S., Kim, T.W., Ahn, J., Heo, J.W., Yu, H.G., Chung, H., Park, K.H., Hong, S.T. (2014). Clinical Features and Course of Ocular Toxocariasis in Adults. *Plos. Negl. Trop. Dis.* 8, pp.29-38.
- Areekul, P., Putaporntip, C., Pattanawong, U., Sithicharoenchai, P., Jongwutiwes, S. (2010). *Trichuris vulpis* and *T. trichiura* infections among schoolchildren of a rural community in northwestern Thailand: the possible role of dogs in disease transmission. *Asian Biomed.* 4, pp.49-60.
- Bowman, D., Montgomery, S.P., Zajac, A.M., Eberhard, M.L., Kazacos K.R. (2010). Hookworms of dogs and cats as agents of cutaneous larva migrans. *Cell press.* 26, 4, pp.162-167.
- Claerebout, E., Casaert, S., Dalemans, A.C., De Wilde, N., Levecke, B., Vercruyse, J., Geurden, T. (2009). *Giardia* and other intestinal parasites in different dog populations in Northern Belgium. *Vet Parasitol.* 161, pp.41-46.
- Concello de Vigo. Web oficial da cidade de Vigo. Información general sobre parques y parques caninos. Recuperado el 28 de Enero de 2015. http://hoxe.vigo.org/movemonos/n_jardines.php?lang=gal
- Coppinger, R., Coppinger, L. (2001). *Dogs: a startling new understanding of canine origin, behaviour, and evolution.* NY: Scribner.
- Dado, D., Izquierdo, F., Vera, O., Montoya, A., Mateo, M., Fenoy, S., Galván, A.L., García, S., García, A., Aránguez, E., López, L., Águila, C., Miró, G. (2012). Detection of zoonotic intestinal parasites in public parks of Spain. Potential Epidemiological role of microsporidia. *Zoonoses Public Health.* 59, pp.23-28.
- Deplaces, P., van Knapen, F., Schweiger, A., Overgaauw, P.A.M. (2011). Role of pet dogs and cats in the transmission of helminthic zoonoses in Europe, with focus on echinococcosis and toxocarosis. *Vet Parasitol.* 182, pp.41-53.
- Dunn, J.J., Columbus, S.T., Aldeen, W.E., Davis, M., Carroll, K.C. (2002). *Trichuris vulpis* recovered from a patient with chronic diarrhea and five dogs. *J. Clin. Microbiol.* 40, pp.2703-2704.
- ESCCAP, (European Scientific Counsel Companion Animal Parasites). Recuperado 16 de Mayo de 2015. <http://www.esccap.org/national-associations/Spain/9/>
- Feng, Y., Xiao, L. (2011). Zoonotic potential and molecular epidemiology of *Giardia* species and giardiasis. *Clin Microbiol Rev.* 24(1), pp.10-40.
- García, L.S. (2007). *Diagnostic medical Parasitology.* Washington, ASM Press, 5th Ed. pp.1202.
- González-Quintela, A., Gude, F., Campos, J., Garea, M.T., Romero, P.A., Rey, J., Meijide, L.L., Fernández-Merino, M.C., Vidal, C. (2006). *Toxocara* infection seroprevalence and its relationship with atopic features in a general adult population. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 139, pp.317-324.
- Grossberg, J.M., Alf, Jr.E.F., Vormbrock, J.K. (1988). Does Pet Dog Presence Reduce Human Cardiovascular Responses to Stress? *Anthrozoos: A Multidisciplinary Journal of The Interactions of People & Animals*, Volume 2, Number 1, pp. 38-44(7).
- Hare, B., Tomasello, M. (2005). Human-like social skills in dogs? *Cell press. Trends in Cognitive Sciences*, 9, pp.439-444.
- Headey, B., Krause, P. (1999). Health Benefits and Potential Budget Savings Due to Pets: Australian and German Survey Results. *Australian Social Monitor*, Vol. 2, No. 2, pp.37-41.

- Knight, S., Edwards V. (2008). In the Company of Wolves. The Physical, Social, and Psychological Benefits of Dog Ownership. *J Aging Health* vol. 20, 4, pp.437-455.
- Lee, A.C.Y., Schantz, P.M., Kazacos, K.R., Montgomery, S.P., Bowman, D.D. (2010). Epidemiologic and zoonotic aspects of ascarid infections in dogs and cats. *Cell press. Trends in parasitology*. Vol. 26, 4, pp.155-161.
- LEY 1/1993. de 13 de abril, de Protección de Animales Domésticos y Salvajes en Cautividad. BOE 112: 13892-13895 BOE-A-1993-12172. Recuperado el 16 de Mayo de 2015.
http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1993-12172
- LEY 8/2014, de 26 de septiembre, de reforma de la Ley 1/1993, de 13 de abril, de Protección de Animales Domésticos y Salvajes en Cautividad. DOG 191: 43451-43453. Recuperado el 16 de Mayo de 2015.
http://www.xunta.es/dog/Publicados/2014/20141007/AnuncioC3B0-021014-0002_es.html
- López-Cepeda, L.D., Marquez-Palencia, C.E. (2007). Larva migrans cutánea. Presentación de un caso ampolloso. *Rev. Cent. Dermatol. Pascua*. 16, 2, pp.85-88.
- Lucio-Foster, A., Griffiths, J.K., Cama, V.A., Xiao, L., Bowman, D.D. (2010). Minimal zoonotic risk of cryptosporidiosis from pet dogs and cats. *Cell Press. Trends in Parasitol*. 26, 4, pp.174-179.
- Macpherson, C. (2005). Human behaviour and the epidemiology of parasitic zoonoses. St George's University, P.O. Box 7, Grenada, West Indies. *Int. J. Parasitol.* vol.35, i.11–12, pp.1319-1331.
- Márquez-Navarro, A., García-Bracamontes, G., Álvarez-Fernández, B.E., Ávila-Caballero, L.P., Santo-Aranda, I., Díaz-Chiguer, D.L., Sánchez Manzano, R.M., Rodríguez-Bataz, E., Noguera-Torres, B. (2012). *Thichuris vulpis* (Froelich, 1789) infection in a child: a case report. *Korean J. Parasitol*. 50, pp.69-71.
- Miklósi, Á., Topál, J., Csányi, V. (2004) Comparative social cognition: what can dogs teach us? *Animal Behaviour*, 67, pp.995–1004.
- OMS. Joint FAO/WHO Expert Committee on Zoonoses (1967) Third Report. Technical Report Series No. 378. World Health Organization, Geneva, 127pp. Definición de zoonosis.
- Ordenanza municipal para la protección y tenencia de animales (2000). Recuperado el 16 de Mayo de 2015.
<http://hoxe.vigo.org/pdf/Normativas/animais.pdf>
- Ribeiro, M.L.; Bértoli, M., Guedes, T.A., Santos, C. (1999). Influence of refrigeration and formalin on the floatability of *Giardia duodenalis* cysts. *Rio de Janeiro. Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. 94(4), pp.571-574.
- Rinaldi, L., Biggeri, A., Carbone, S., Musella, V., Catelan, D., Veneziano, V., Cringoli, G. (2006). Canine faecal contamination and parasitic risk in the city of Naples (southern Italy). *Vet. Research*, 2, pp.29.
- Robertson, I.D., Thompson, R.C. (2002). *Microbes and Infection*. 4, 8, pp.867-873.
- Rojo-Vázquez, F.A., Pardo-Lleedias, J., Francos-Von Hunefeld M., Cordero-Sanchez M., Hernandez-Gonzalez, A., Brunetti, E., Siles-Lucas, M. (2011) Cystic echinococcosis in Spain: current situation and relevance for other endemic areas in Europe. *PLOS. Neglected tropical diseases*.
- Ryan, U., Cacciò, S.M. (2013). Zoonotic potential of *Giardia*. *Int. J. Parasitol*. 43, pp.943-946.
- Schofield, G., Mummery, K., Steele, R. (2005). Dog ownership and human health-related physical activity: an epidemiological study. Clayton South, Victoria, Australia. CSIRO Publishing. *Health Promotion Journal of Australia*. 16(1), pp.15-19.
- Šlapeta, J. (2013). Cryptosporidiosis and *Cryptosporidium* species in animals and humans: A thirty colour rainbow? *Int. J. Parasitol*. 43. I: 12-13, pp. 957–970
- Smith, A. F., Semeniuk, C.A.D., Rock, M.J., Massolo, A. (2015). Reported off-leash frequency and perception of risk for gastrointestinal parasitism are not associated in owners of urban park-attending dogs: A multifactorial investigation. *Prev. Vet. Med. Ed. Board*.
- Traversa, D. (2011). Are we paying too much attention to cardiopulmonary nematodes and neglecting old-fashioned worms like *Trichuris vulpis*? *Manchester, U.K. Parasites & Vectors*. 4, pp.32.

- Traversa, D., Regalbono, A., Cesare, A., Torre, F., Drake, J., Pietrobelli, M. (2014). Environmental contamination by canine geohelminths. *Parasites vectors*. 7, pp.67-75.
- Vilà, C., Savolainen, P., Maldonado, J.E., Amorim, I.R., Rice, J.E., Honeycutt, R.L., Crandall, K.A., Lundeberg, J.R., Wayne, K. (1997). Multiple and ancient origins of the domestic dog. *Science*, 276, pp.1687-1690.
- Wells, D.L. (2007). Public understanding of toxocaríasis. *Public Health*.121, pp.187-188.
- Xiao, L., Sulaiman, I.M., Ryan, U.M., Zhou, L., Atwill, E.R., Tischler, M.L., Zhang, X., Fayer, R., Lal, A.A. (2002). Host adaptation and host-parasite co-evolution in *Cryptosporidium*: implications for taxonomy and public health. *Int. J. Parasitol.* 32. 1:14, 19, pp.1773-1785.
- Yuksel, M., Demirpolat, G., Sever, A., Bakaris, S., Bulbuloglu, E., & Elmas, N. (2007). Hydatid disease involving some rare locations in the body: A pictorial essay. *Korean J. Radiol.* 8 (6), pp.531-540.

APLICACIÓN DE LA ILUSTRACIÓN CIENTÍFICA EN EL CAMPO DE LA MICOLOGÍA

Alexandra Skinner

e-mail: alepsk175@hotmail.com

Trabajo Fin de Grado

Tutoras :

- Marisa Castro

Departamento de Biología

Vegetal y Ciencia del Suelo

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

Se trata de un trabajo de carácter teórico - experimental en el que se muestra un análisis sobre ilustración en la ciencia, referida y aplicada al campo de la micología.

Se hace un repaso histórico de la ilustración micológica, antes de experimentar diferentes técnicas a color (pintura) y blanco y negro (dibujo) aplicadas a macromicetos, tanto desde el punto de vista macroscópico como microscópico y se ensayan en especies pertenecientes a los dos filos conocidos: *Ascomycota* y *Basidiomycota*.

INTRODUCCIÓN

La ilustración de lo que observamos nace de la necesidad de plasmar lo que nos rodea y de transmitir información veraz a través de imágenes, probablemente antes de que existiese el lenguaje escrito y, desde luego, la tecnología fotográfica. De hecho, encontramos este tipo de ilustraciones explicativas acompañando la historia de la evolución humana, desde las pinturas rupestres en la Prehistoria y las antiguas civilizaciones egipcia y griega hasta la actualidad (Castro, 2014).

La Ilustración científica se caracteriza por tratarse de representaciones gráficas realizadas con un fin explicativo, siendo lo más objetivas posible al representar las características propias de un organismo y/o fenómeno natural, y procurando manejar correctamente la perspectiva y la precisión en los detalles (Livesy, 1938).

Desde los orígenes de la ciencia, la ilustración ha sido una herramienta fundamental para el estudio de la naturaleza y para la transmisión de conocimiento. Ya en la Edad Media muchas obras de artistas como Leonardo da Vinci (1452-1519) y Alberto Durero (1471-1528) destacan por un riguroso cuidado de los detalles que revelan sus conocimientos sobre anatomía y sus proporciones (Hemenway, 2008; Fig.1).

A partir del descubrimiento de América, aumenta considerablemente la curiosidad y el interés general por estudiar y conocer los organismos: flora, fauna y micobiota. Las ilustraciones destacaron especialmente en las expediciones científicas, donde los artistas jugaban un papel importante acompañando a los exploradores para identificar, clasificar y documentar la nueva fauna y flora. Entre ellas destaca la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada, realizada por José Celestino



Figura 1. Estudio de proporciones de la cabeza por Leonardo da Vinci (Hemenway, 2008).

Mutis (1732-1808) que proporcionó más de 7000 ilustraciones de plantas (Lunbeck, 2011).

Estos avances en las Ciencias Naturales influyeron también en la MICOLOGÍA, ya que en aquella época era considerada una rama de la Botánica y era objeto de estudio por parte de los botánicos. La única micobiota conocida eran las fructificaciones de macromicetos (setas), la única parte observable antes de la implantación del uso del microscopio y el descubrimiento de los micelios. El principal inconveniente en el estudio de los ascomas y basidiomas es que se trata de estructuras efímeras y sus características no pueden ser conservadas en exsiccata (herbarios y micotecas).

Por ello, las ilustraciones tuvieron gran importancia en la micología. Con el mayor conocimiento y disponibilidad de técnicas, las ilustraciones que acompañaban a los textos científicos (planchas a color; Fig.2) se volvieron cada vez más precisas y llegaron a ser imprescindibles en el estudio y la transmisión de la información obtenida durante generaciones en el campo de la micología (Ainsworth, 1976). Destacan los trabajos de Bulliard (1780-1798), Barla (1859, 1889-1892), Boudier (1904-1909), Ricken (1915), Konrad & Maublanc (1924-1937), Bresadola (1927) y Malençon & Bertault (1970), entre otros.

En la actualidad a pesar del avance tecnológico para ilustrar e imprimir, cámaras digitales y programas informáticos de edición, la importancia de las ilustraciones científicas sigue estando tan vigente como antaño, ya que muchas veces no es posible captar con una cámara fotográfica en una sola imagen todos los detalles necesarios para reflejar gráficamente una especie y su biología.

El **objetivo** de este trabajo es realizar un análisis de diferentes técnicas de dibujo y pintura aplicadas a micología: macro y microscópica, con el fin último de relacionar dichas técnicas con la representación científica de ascomas y basidiomas, así como de las estructuras microscópicas asociadas, seleccionando las más adecuadas para cada caso, aplicado tanto a publicaciones científicas, didácticas y/o divulgativas.

METODOLOGÍA

El plan de trabajo comenzó con una investigación bibliográfica en dos vertientes, la primera, relativa a hongos macromicetos para conocer su morfología, biología, etc., y además realizar observaciones detalladas "in vivo", tanto en el campo como en el laboratorio. Y simultáneamente, fue necesario indagar sobre publicaciones micológicas y botánicas antiguas y actuales que permitieron conocer las diferentes técnicas aplicadas en estos campos a lo largo de la historia hasta la actualidad, así como sus resultados.

Una vez focalizado el objetivo del trabajo, se seleccionaron las especies a representar y se decidieron las técnicas y los materiales a emplear bajo el asesoramiento de ilustradores científicos profesionales (Calros Silvar, Clara Cerviño e Iván Rodríguez).

La metodología se explica a continuación en dos apartados: selección de especies y materiales y métodos.



Figura 2. Plancha de J.B. Barla (in Thomel et al., 1996).

1) Selección de especies

La selección de las especies fue realizada en base a dos condicionantes: grupo taxonómico y morfología (forma, coloración, texturas, etc.). Se ha elegido una especie de cada filo con diferencias claras entre ellas. De Ascomycota: *Morchella esculenta* (L.) Pers., y de Basidiomycota: *Amanita phalloides* (Fr.) Link.

2) Materiales y métodos

La selección de las técnicas y los materiales a emplear se ha realizado en función de la utilidad y relevancia en micología. La utilidad de las distintas técnicas no es la misma dependiendo de si las imágenes deben representar estructuras macroscópicas o microscópicas. Por lo tanto, se diferenció entre ilustraciones referidas a macroscopía y microscopía, usando diferentes técnicas y materiales según de cual se trate.

a) Las ilustraciones de **macroscopía** son las primeras en ejecutarse, ya que se realizan a partir de la fructificación observable a simple vista (basidiomas y ascomas). A partir de la morfología y biología de la especie, una ilustración científica debe indicar con precisión las diferentes estructuras del organismo (sombrero, pie, anillo, etc.) y los aspectos necesarios para una correcta identificación en el campo.

Las técnicas empleadas, para representar las fructificaciones de las especies seleccionadas, fueron tanto de dibujo (blanco y negro) como de pintura (color).

I) Para las técnicas de dibujo en blanco y negro, los materiales comúnmente utilizados son grafito y tinta. Por ello, las imágenes se representaron usando, por separado, tres herramientas: lápiz, carboncillo y rotulador de tinta (pluma estilográfica de punta fina) (Varela Simó, 1997).

II) Las ilustraciones a color (pinturas) también fueron ejecutadas empleando tres materiales distintos: ceras (o lápices) pastel, acuarelas y témperas (gouache o pinturas al temple). Existen muchos otros materiales que se utilizan en ilustraciones científicas a color, pero la selección utilizada en este trabajo responde al escaso tiempo disponible para realizarlo y a su relevancia y utilidad en las ilustraciones científicas. (Ward, 2008).

b) Las ilustraciones de microscopía se realizan a partir de cortes histológicos de basidiomas y ascomas observados a microscopio óptico (simple, luz clara, contraste de fases o Nomanski). Además, las preparaciones pueden visualizarse directamente en agua o en reactivos, siendo los más utilizados Melzer y Rojo Congo (Castro *et al.*, 2005). El uso de reactivos es importante para resaltar ciertas ornamentaciones y/o estructuras necesarias para identificar la especie; sin embargo, dificultan la observación del color que presentan en estado natural. Por ello, las ilustraciones de este tipo se realizan en blanco y negro (grafito y/o tinta).

En este caso los dibujos lineales se realizaron a tinta con rotulador de punta fina y también se usó el grafito para las ilustraciones con profundidad, mediante el uso de lápices blandos.

c) Además de todas las técnicas mencionadas anteriormente, en la actualidad tiene gran importancia la ilustración digital (Hodges, 2003). En la que a partir de una imagen digitalizada se pueden corregir omisiones y/o errores utilizando programas informáticos de edición (Adobe Photoshop, Illustrator, etc.).

Una vez realizadas las representaciones con las diferentes técnicas, se compararon, analizaron y se justificó de forma razonada su utilidad y aplicación para publicaciones científicas, didácticas y/o divulgativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como es bien sabido, el reino Fungi comprende cuatro filos: Ascomycota, Basidiomycota, Chytridiomycota y Zygomycota; pero ya que este trabajo está centrado en los hongos macromicetos, es decir, hongos que forman cuerpos fructíferos visibles o setas, las especies seleccionadas pertenecen únicamente a los filo Ascomycota y Basidiomycota.

Para ver y analizar los resultados sobre las ilustraciones, se mantuvo la subdivisión indicada en el capítulo anterior en macroscopía y microscopía separadamente.

1. APUNTE O BOCETO

El paso previo a una ilustración científica es el estudio del espécimen a dibujar, para ello es conveniente realizar bocetos preliminares del mismo (Fig.3). Generalmente se trata de dibujos de contorno, sin entrar en detalles de volúmenes y/o profundidad, pero que tienen como objetivo principal recoger información de utilidad, que permita realizar posteriormente un trabajo lo más completo y realista posible cuando no se tenga al espécimen delante (Canfield, 2011). Además, para algunos ilustradores, los apuntes son valiosos como labor preparatoria y también para el desarrollo de la capacidad de observación y aprendizaje, e incluso pueden formar parte de excelentes cuadernos de campo (Varela Simó, 1997).

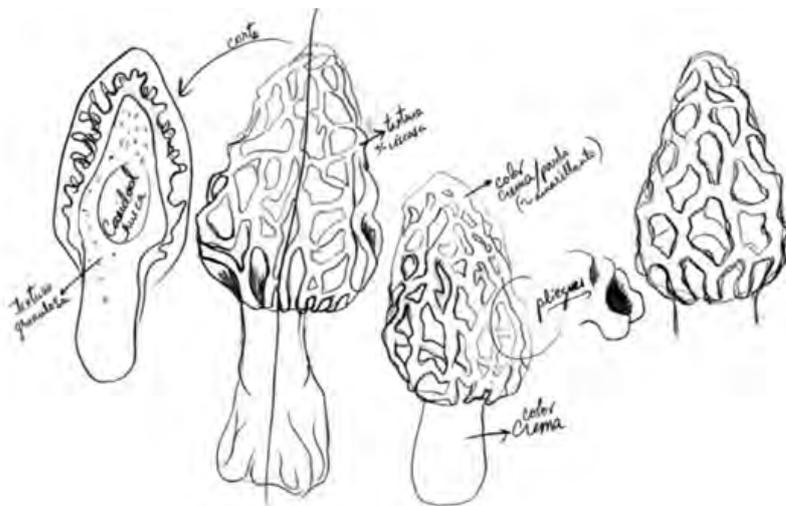


Figura 3. Apuntes tomados sobre *Morchella esculenta* a partir de su observación in vivo.

2. MACROSCOPIA

a) Dibujos en blanco y negro

En las ilustraciones en blanco y negro, lo más importante es el contraste entre tonalidades negras y grises de los trazos, frente al blanco del fondo, que también participa en el conjunto como parte de la iluminación, especialmente en las que presentan sombreados (Wood, 1994).

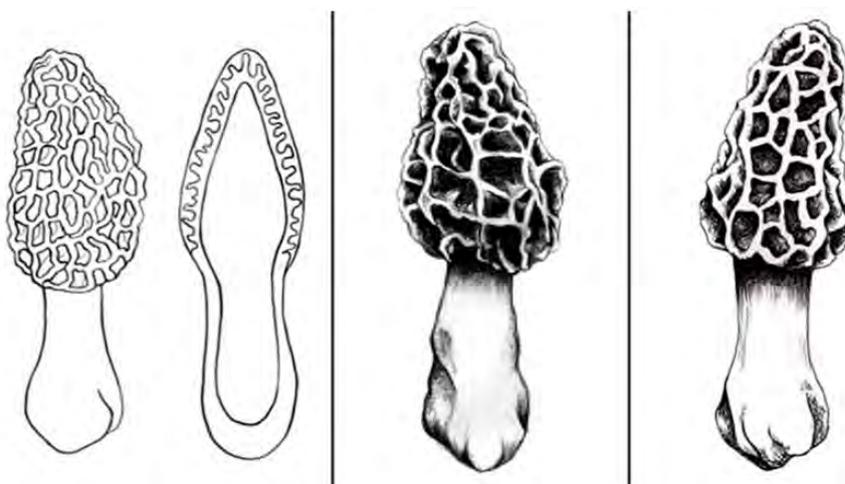


Figura 4. Dibujo de un ascoma (*Morchella esculenta*). De izquierda a derecha, lápiz, carboncillo y tinta.



Figura 5. Dibujo de un basidioma (*Amanita phalloides*). De izquierda a derecha, lápiz, carboncillo y tinta.

En los dibujos lineales (Figuras 4 y 5, izquierda) la ausencia de sombreado hace que la imagen parezca plana y no resalten tanto las estructuras, a diferencia de lo que ocurre con las otras dos técnicas (Figuras 4 y 5, en el centro y derecha); sin embargo, por su carácter esquemático, es la técnica de dibujo más utilizada para hacer representaciones en las que se pretende mostrar detalles de cortes histológicos, afirmaciones en las que coincide (Krieger, 1922).

El dibujo a lápiz, en especial con mina blanda, permite borrar y rectificar los trazos no deseados, lo que puede ser una desventaja al utilizar tinta. Pero ambos materiales permiten dibujar con alta definición y son ideales para ilustraciones en el campo por ofrecer rapidez y cierta resistencia al agua, lo que no ocurre con el carboncillo (Hodges, 2003).

Sin embargo, en macromicetos (setas) la falta de color dificulta o impide su identificación, ya que los caracteres organolépticos son imprescindibles para ello (Castro *et al.*, 2005).

b) Ilustraciones a color

Como se ha indicado antes, el color es fundamental para la identificación de este tipo de hongos, por ello las representaciones de carácter científico son más completas y realistas con técnicas de pintura.



Figura 6. Ilustraciones de un ascoma (*Morchella esculenta*). De izquierda a derecha, ceras pastel, acuarelas y gouache.



Figura 7. Ilustraciones de un basidioma (*Amanita phalloides*). De izquierda a derecha, ceras pastel, acuarelas y gouache.

En la primera columna de las figuras 6 y 7 se observan ilustraciones con ceras y lápices pastel. Este material, por la dispersión polvorienta de sus trazos, tiene la desventaja de proporcionar acabados poco definidos a pequeña escala por lo que no es aconsejable el uso de esta técnica para el campo ni para ilustraciones precisas de carácter científico. (Hodges, 2003).

En el centro figuran las ilustraciones con acuarelas. Como en el dibujo en blanco y negro, el fondo juega un papel importante en la luz e incluso el color de las mismas, lo que puede ser una desventaja para corregir errores y exceso de color. Sin embargo, tiene la gran ventaja de ser fáciles de aplicar y secar rápidamente, lo que las hace idóneas para ilustraciones a color en el campo (Varela Simó, 1997).

En la tercera columna se disponen las ilustraciones con témperas (gouache). En ellas, el acabado es similar a las pinturas con acuarelas, pero se puede obtener un mayor contraste al poder aplicar varias capas de pintura independientemente de la intensidad del color (Hodges, 2003). Por otra parte, no es necesario dejar el fondo blanco, por lo que resulta más fácil corregir posibles errores.

La ilustración con acuarelas y témperas tiene una aplicación semejante y resulta difícil considerar, de forma absoluta, a una mejor que a la otra (Hodges, 2003). Además, pueden ser utilizadas tanto para publicaciones de carácter científico como divulgativo y/o didáctico (Castro et al., 2005).

3. MICROSCOPIA

Se representan las estructuras observadas al microscopio óptico de las especies seleccionadas. Se clasifican por separado las de los filos Ascomycota y Basidiomycota, ya que se presentan estructuras características distintas. Se observaron las estructuras de las dos especies anteriores comparándolas con otras de su mismo filo.

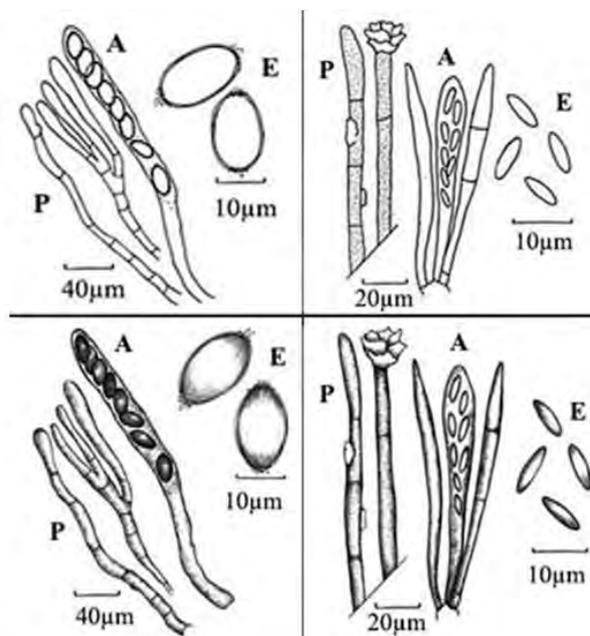


Fig.8. Microscopía de Ascomycota. De izquierda a derecha: *Morchella esculenta* y *Capitotricha bicolor*. En la primera fila se encuentran las ilustraciones a tinta y en la segunda, a lápiz (P, paráfisis, A, asco, E, esporas).

Los taxones del filo Ascomycota (Fig. 8) se caracterizan por la presencia de paráfisis (P) y ascos (A) con ocho esporas (E) en su interior (Carlile *et al.*, 2001). Se diferencian principalmente por el tamaño y forma de las paráfisis, disposición de las esporas dentro de los ascos y tamaño y forma de las esporas (Breitenbach & Kränzlin, 1984).

En las dos especies seleccionadas de este filo, tanto las esporas como la disposición en el interior de los ascos son bastante diferentes entre sí.

En las del filo Basidiomycota (Fig. 9) es fundamental la observación de basidios (B), cistidios (C), esporas (E) e hifas de la trama en diversas zonas del basidioma (H) que constituyen el conjunto del cuerpo fructífero: volva en *Amanita*, H₁ volva y H₂, trama en *Clathrus* (Carlile *et al.*, 2001). La morfología esporal es característica de cada género, el tamaño, lo es de las especies. Igual o mayor importancia tiene, la presencia o ausencia de basidios, cistidios, etc., así como su morfología y tamaño.

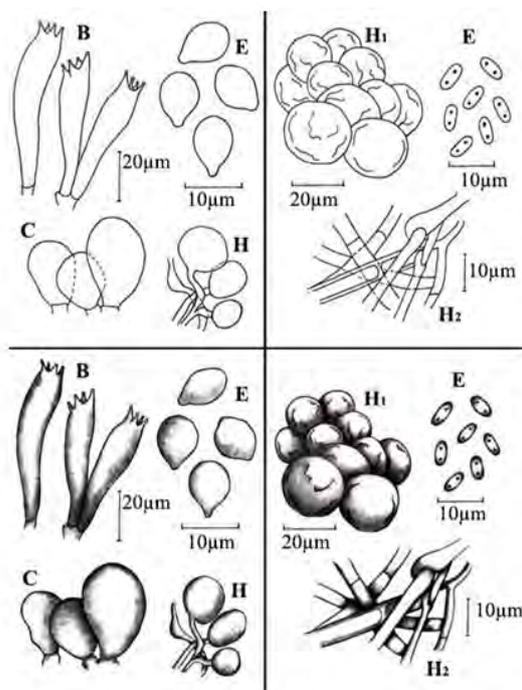


Fig.9. Microscopía de Basidiomycota. De izquierda a derecha: *Amanita phalloides* y *Clathrus ruber*. En la primera fila se encuentran las ilustraciones a tinta y en la segunda, a lápiz (B, basidios, E, esporas, C, cistidios, H, trama).

Comparando las ilustraciones en ambos filios no se observan grandes diferencias entre la técnica a lápiz y a tinta, quizá las sombreadas con lápiz presentan mayor realismo al dar sensación de volumen pero ambas muestran de manera concisa los caracteres de utilidad en publicaciones de carácter científico y/o didáctico (Eriksson, 1973; Breitenbach & Kränzlin, 1986, 1995; Kränzlin, 2005; Tellería, 1995).

4. TÉCNICAS MIXTAS E ILUSTRACIÓN DIGITAL

Para conseguir mayor definición de detalles y contraste y mayor realismo en una ilustración científica es aconsejable la combinación de distintas técnicas.

En la figura 12 se ve el resultado de aplicar distintos materiales y técnicas, en este caso: lápiz y ceras de colores, retocados con un programa de edición digital (Adobe Photoshop). Si comparamos esta imagen con las que se mencionan en la figura 9 de la misma especie, se observa el mayor realismo y calidad de la ilustración.



Figura 10. *Amanita phalloides* realizado con técnicas mixtas.

En la actualidad, dentro de esta combinación de materiales y técnicas, la ilustración digital tiene mucha importancia para el tratamiento de imágenes mediante la aplicación de programas de edición digital. Estos programas permiten trabajar en grandes formatos y corregir cualquier imperfección por muy pequeña que sea e incluso tienen gran utilidad para realizar composiciones mediante imágenes individuales o animaciones en 3D (Hodges, 2003).

Curiosamente, a pesar de las nuevas técnicas de fotografía digital y vídeo, la ilustración en el ámbito científico sigue en auge. Como se ha indicado, el carácter explicativo que tienen las ilustraciones tradicionales, a menudo es más útil y expresivo que una fotografía o un video. En el caso de los macromicetos, no solamente sirven para representar sus caracteres, sino también para mostrar procesos biológicos desarrollados en diferentes períodos de tiempo (Fig. 14), por ejemplo, las fases del ciclo biológico (Castro *et al.*, 2010).

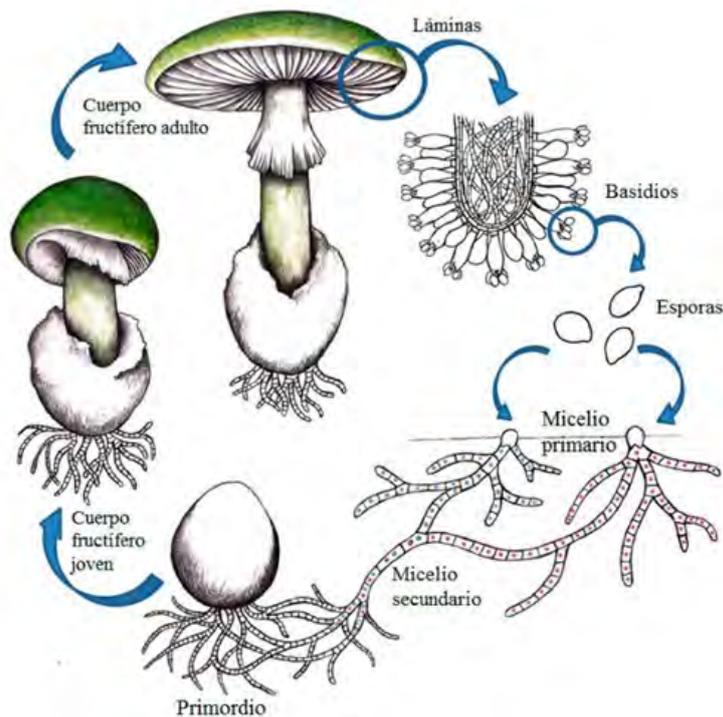


Figura 11. Ciclo biológico de *Amanita phalloides*.

CONCLUSIONES

1. La ilustración siempre ha sido imprescindible en el ámbito científico tanto por su utilidad para recoger información como por la facilidad para transmitirla.
2. La importancia de que un ilustrador tenga conocimientos científicos sobre los organismos y ecosistemas con los que está trabajando es fundamental, ya que se observa mejor aquello que se conoce.
3. En macromicología el uso de colores es fundamental en los trabajos relacionados con caracteres macroscópicos, sin embargo en microscopía es suficiente el trabajo en blanco y negro, aunque mejora la calidad y comprensión cuando son sombreados.
4. El uso de técnicas mixtas con apoyo de programas de edición digital proporciona mayor realismo y mejor acabado de las ilustraciones.
5. Las ilustraciones en blanco y negro son más adecuadas para publicaciones didácticas y/o científicas, sin embargo, las coloreadas son necesarias en las de divulgación científica y pueden ser también utilizadas en las didácticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Ainsworth, G. C. (1976). *Introduction to the history of micology*. Cambridge (U.K.). University Press.
- Barla, J.B. (1859). *Les Champignons de la province de Nice*. Nice (Francia). Imprimerie Canis Frères.
- Barla, J.B. (1889-1892). *Flore mycologique illustrée. Les champignons des Alpes maritimes avec l'indication de leur propriétés utiles ou nuisibles*. Nice (Francia). Musée Ciencias Naturelles.
- Boudier, E. (1904-1909). *Icones Mycologicae*. Paris. Librairie des Sciences Naturelles.
- Breitenbach, J. & Kränzlin, F. (1984). *Champignons de Suisse. Tome 1. Les Ascomycètes*. Lucerne (Suiza). Edition Mykologia.
- Breitenbach, J. & Kränzlin, F. (1986). *Champignons de Suisse. Tome 2. Champignons sans lames*. Lucerne (Suiza). Edition Mykologia.
- Breitenbach, J. & Kränzlin, F. (1995). *Champignons de Suisse. Tome 4. Champignons à lames 2ème partie*. Lucerne (Suiza). Edition Mykologia.
- Bresadola, G. (1927-1933) *Iconographia Mycologica*. 26 vols. Trento. Mediolani [facs. 1981]
- Bulliard, J.B. (1780-1798). *Herbier de la France*. 13 vols. Paris. D.F.Didot.
- Canfield, M.R. (ed.). (2011). *Field notes on Science & Nature*. U.S.A. Harvard University Press.
- Castro, M.L. (2014) *Os cogomelos na génese das culturas*. *Brigantia* 33-34: 67-90.
- Castro, M.L., Justo, A., Lorenzo, P. & Soliño, A. (2005). *Guía micológica dos ecosistemas galegos*. A Coruña. Baía Edicións.
- Castro, M.L., Justo, A. & Lorenzo, P. (2010). *Els 50 bolets més comuns*. Barcelona. Salvatella Editorial.
- Eriksson, J., Hjortstam, K. & Ryvarden, L. (1973). *The Corticiaceae of North Europe*. Vol. 2. Oslo. Fungiflora.
- Hemenway, P. (2008). *Divine Proportion. φ Phi in Art, Nature and Science*. Springwood. Lugano
- Hodges, E.R.S. (ed) (2003). *The Guild Handbook of Scientific Illustration (2ª ed.)*. New Jersey. John Wiley & Sons Inc.
- Konrad, P. & Maublanc, A. (1924-1937) *Icones selectae fungorum*, 5 vols. Paris. Paul Lechevalier.
- Kränzlin, F. 2005. *Champignons de Suisse. Tome 6. Russulaceae*. Lucerne (Suiza). Edition Mykologia.
- Krieger, L.C.C. (1922) *A sketch of the history of mycological illustration (Higher fungi)*. *Mycologia* 14(6): 311-331

- Livesy Ridgway, J. (1938). *Scientific Illustration*. California. Stanford University Press.
- Lunbeck, E. (ed.) (2011). *Histories of Scientific Observation*. U.S.A. University of Chicago Press.
- Malençon, G. & Bertault, R. (1970). *Flore des champignons supérieurs du Maroc*. Tome I. Rabat. Faculté des Sciences.
- Ricken, A. (1915) *Die Blätterpilze (Agaricacea)*. Leipzig. Theodor Oswald Weigel [facs. 1980]
- Tellería, M.T. & Melo, I. (1995). *Aphylophorales resupinatae non poroides, 1. Acanthobasidium- Cystostereum*. In *Flora Mycologica ibérica, 1*. Madrid, Berlin. CSIC- RJB & J. Cramer.
- Thomel, G., Melot, M. & Defaÿ, J. (1996). *Jean Baptiste Barla, 1817-1896, volumen publié à l'occasion du centenaire de sa mort*. *Ann. Mus. Hist. Nat. Nice*, 11: 1-322
- Varela Simó, J.M. (1997). *Dibujar la naturaleza*. Madrid. Ediciones Serbal.
- Ward, G.W.R. (ed.) (2008). *The grove encyclopedia of materials and techniques in art*. UK. Oxford University Press
- Wood, P. (1994). *Scientific Illustration*. New York. John Wiley & Sons, Inc.

PALINOTECA: UNHA COLECCIÓN DE REFERENCIA A PARTIR DA FLORA DO CAMPUS DE AS LAGOAS-MARCOSENDE

Aberto Castro Parada

e-mail: bartimeo.92@gmail.com

Trabajo Fin de Grado

Tutor :

- Castor Muñoz Sobrino

Departamento de Bioloxía

Vexetal e Ciencia do Solo

Facultade de Bioloxía

Universidade de Vigo.

Resumo

Neste traballo realízase unha palinoteca do campus As Lagoas-Marcosende. Unha palinoteca é unha colección de pole que pode servir como referencia para a realización de estudos polínicos posteriores, como poden ser os traballos aplicados á paleopalinoxía ou a aerobioloxía.

Ademais, tamén se realizou un herbario con todas as especies recollidas para a palinoteca. Para o tratamento das mostras de pole, aplicouse o método da acetolise, que permite obter as condición máis adecuadas nos grans de pole para a súa descrición. Mediante este método obtéñense uns resultados óptimos na visualización da cuberta polínica, o que permitiu describir con facilidade un total de 21 tipos polínicos diferentes.

INTRODUCCIÓN

1.1. Conceptos básicos.

O pole é o material en forma de po que contén os microgametófitos masculinos das plantas con flor.

A palabra pole provén da expresión latina "pollen-inis", que significa po moi fino, ou ben flor da fariña. Este termo pasou posteriormente a denominarse po fecundante (Díaz *et al.*, 1996).

O pole foi usado dende a antigüidade como complemento alimenticio, debido á súa gran reserva enerxética. E séguese usando na actualidade (Saenz, 1978).

Para poder realizar estudos sobre estes elementos, foi necesaria a aparición da microscopía óptica no século XVII, aínda que esta rama da ciencia non tivo especial interese ata o século XIX (Díaz *et al.*, 1996).

Actualmente, o estudo do pole denomínase palinoxía. Este termo, foi introducido polo investigador sueco Erdtman (1952), indicando que se trataba do estudo das paredes dos grans de pole e as esporas, e non do seu interior celular.

Unha palinoteca é unha colección de pole, normalmente restrinxida a unha zona xeográfica concreta, que poida servir coma catálogo de referencia para distintos tipos de estudos.

1.2. Aplicacións da palinoxía

O estudo do pole é importante, xa que ten un amplo espectro de aplicacións (Moore *et al.*, 1991):

- O pole serve como carácter taxonómico na identificación vexetal: grazas á diversidade de formas que pode adoptar o gran de pole, pódense clasificar en tipos polínicos, ademais de utilizarse como unha característica identificadora máis (Díaz *et al.*, 1996).
- Análise de meles: o análise do contido polínico dos meles permítenos controlar a calidade e a orixe do mel, así como coñecer as preferencias florais das abellas en canto á súa recollida.
- Paleopalinoxía: consiste no estudo dos ecosistemas do pasado a partir do pole conservado nos sedimentos (rexistro fósil).
- Caracterización dalgunhas alerxias, aplicación que recibe o nome de aerobioloxía.

- Utilización do pole como indicador da calidade do aire. As partículas suspendidas no aire pódense adherir á exina dos grans de pole, polo que estes poden ser utilizados como bioindicadores de contaminación ambiental.
- O seu uso en técnicas de investigación policial como a palinloxía forense, que por exemplo ten permitido obter datos clave nalgunhas investigacións de crimes (Carvalho dos Reis, 2010).

2. Características do pole

No gran de pole distínguese a parte viva, denominada protoplasma, a envolta, chamada esporoderme (Táboa 1), e o manto polínico tamén chamado “pollenkitt”, formado por elementos nutricionais como son os lípidos.

O “pollenkitt” é unha substancia máis ou menos pegañenta, que recobre o gran de pole. Esta substancia é producida pola parede do saco polínico, e ten como función protexer o gran fronte a factores medioambientais (Díaz *et al.*, 1996).

A envolta encárgase de protexer á célula e favorecer a súa dispersión, e atópase dividida en varias partes (Táboa 1). A parte interna, a intina, non é moi resistente, e desaparece facilmente por procesos de oxidación. A parte externa, a exina, está considerada como un dos materiais máis resistentes do mundo vexetal (Saenz, 1978), grazas a que está formada por un composto denominado esporopolenina. A esporopolenina é unha substancia química formada a partir dun polímero de carotenos e dos seus ésteres, resistente aos elementos químicos, incluídos os ácidos e as bases concentradas (Brooks e Shaw, 1968).

A exina divídese en dúas partes diferenciadas, a ectexina (que é a parte máis externa) e a endexina (a parte interior).

A intina é a capa continua máis interna da parede (Renault-Miskovsky *et al.*, 1976).

Táboa 1. Representación esquemática da esporoderme do pole, modificada de acordo con Renault-Miskovsky *et al.* (1976)

Esporoderme	Paredes	Capas		Estratos
	Exina (Esporopolelina)	Sexina	Ectexina	Tectum
				Infratectum
		Nexina	Endexina	Base
Intina (Celulosa)				

Durante o proceso de acetolise, o que se produce é unha fosilización química, que consiste na eliminación do interior do gran de pole, mediante un ataque con ácido sulfúrico (H₂SO₄) e anhídrido acético [(CH₃CO)₂O], deixando simplemente a exina. Isto permite visualizar dunha forma máis clara as características morfolóxicas do gran.

3. Criterios para a identificación e clasificación do pole

Para a clasificación morfolóxica do pole utilizaranse os seguintes criterios:

- Número de unidades formadoras do propágulo: o gran de pole pode dispersarse de forma individual (que é a forma máis común), ou facelo en grupos. Os grupos máis comúns son os formados por 4 unidades (tétrades), e os formados por máis de 4 unidades (políadas) (Jarzen e Nichols, 1996).
- Simetría e polaridade: o gran de pole pode ter cando menos dous eixes de simetría (polar e ecuatorial), que se determinan tendo en conta a forma na cal estaban colocados durante o proceso de

formación (Figura 1). En cada célula nai da antera, fórmanse catro células, que posteriormente se disocian. Se partimos dun gran de pole individual, o eixe polar e o eixe maior que atravesa o gran, distinguindo polo proximal e polo distal. Considerando o pole como un propágulo de varios grans, o eixe polar e aquel que atravesa o gran dende a parte exterior ata o centro da tétrade formadora.

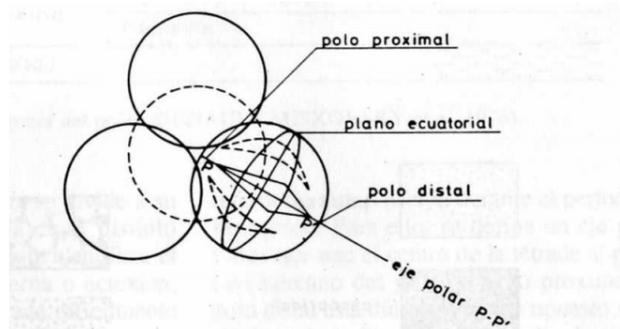


Figura 1. Tétrade de pole, cos seus correspondente eixes (Moore *et al.*, 1991).

- **Forma:** os grans de pole presentan unha morfoloxía moi variada. Poden ser de forma circular, romboide, elíptica, etc. Tamén presentan diferentes aspectos volumétricos, podendo ser esféricos, aplanados, etc. Ao montar as preparacións, os grans soen queda aplanados e colocados nunha das súas vistas, por iso é preciso tomar imaxes dos grans en vista polar e en vista ecuatorial.

- **Tamaño:** os grans de pole varían dende unhas poucas (sobre 10 μm), a varios centos de micras, e pódense clasificar en diferentes tamaños segundo a lonxitude do eixe mais longo (Valdés *et al.*, 1987): moi pequeno, pequeno, grande, moi grande, xigante; aínda que dentro do mesmo grupo os grans de pole teñen certa variación no seu tamaño. Tamén hai que destacar unha característica que inflúe no seu tamaño medible, que é que son harmomégatas. Iso fai que o tamaño dependa da humidade ambiental, podendo incharse ou desincharse dependendo das condicións ambientais nese momento. Esta característica hai que terla en conta para realizar comparacións entre distintas preparacións, xa que distintos medios de montaxe poden variar o tamaño do gran. No noso caso todas as mostras se montaron de forma homoxénea, en glicerina xelatinizada.

- **Arquitectura da parede:** nesta característica inclúese a estrutura e a escultura. A escultura é a forma que adopta a exina na súa cara exterior, dándolle a súa ornamentación ao gran de pole. Estas formas ás veces poden relacionarse coa forma de dispersión que posúan, formando ganchos se van ser transportados na pelaxe de animais, por exemplo. Como curiosidade, algunhas destas formas foron inspiradoras de materiais tan utilizados como é o velcro.

- **Aperturas:** son áreas adelgazadas ou interrompidas na exina, que teñen dúas funcións, permitir cambios no volume do gran, e a saída do tubo polínico (Faegri *et al.*, 1989). As aperturas poden ser de diferentes formas (Figura 2), xa sexan alargadas (colpos), redondeadas (poros), ou unha combinación de ambas (colporos) (Dupré, 1992). O número e a disposición das aperturas tamén é variable, entre unha e numerosas, distribuídas por toda a superficie do gran (panto-) ou soamente localizadas en áreas concretas (zono-); ou ben poden non ter aperturas, ou non ser aparentes.

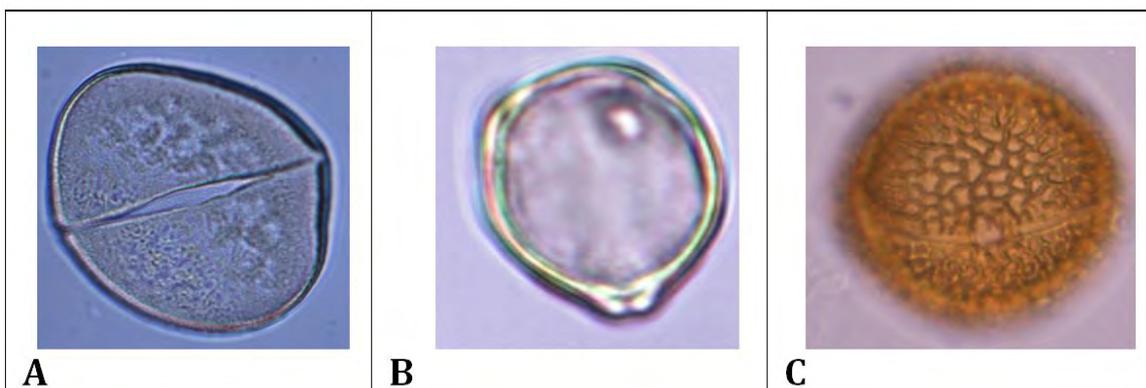


Figura 2. Diferentes tipos de aperturas: A) un colpo; B) un poro; e C) un colporo.

O pole non sempre pode clasificarse a nivel de especie, polo menos na observación con microscopía óptica. Frecuentemente os poles agrúpanse en tipos polínicos. Un tipo polínico é unha categoría morfolóxica, que inclúe todos os grans de pole cunha combinación única de caracteres distintivos (Punt, 1971).

4. Obxectivos e plan de traballo

O obxectivo principal que se quere alcanzar con este proxecto é a realización dunha colección de referencia de pole, constituída por diferentes especies vexetais presentes no campus da Universidade de Vigo, As Lagoas-Marcosende.

Para levar a cabo o proxecto, seguirase un plan de traballo que consta de varios pasos sinxelos, que ao mesmo tempo son fundamentais. Eses pasos son os seguintes:

Táboa 2. Plan de traballo

Actividade a desenvolver	Período temporal
Recolección de pole e outro material vexetal	Dende febreiro ata finais de abril
Preparación dos pregos do herbario	Dende febreiro ata finais de abril
Acetolización e montaxe das mostras	Dende febreiro ata finais de abril
Observación e fotografado das preparacións	Dende febreiro ata finais de abril
Elaboración das fichas polínicas	Abril e maio

Os primeiros pasos iranse alternando no tempo, realizando unha semana as recoleccións no campo e a seguinte o procesado das mostras no laboratorio.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste apartado explicaranse os métodos utilizados durante o proxecto, que están divididos en diferentes apartados, de acordo co plan de traballo proposto.

5.1. Métodos de campo

Recollese pole (anteras ou flores completas) de diferentes especies directamente no campo. As especies incluídas foron árbores, arbustos, herbáceas e fentos (neste último caso recolléronse esporanxios ou frondes con esporanxios).

As mostras recollidas restrinxíronse a especies que teñen unha floración comprendida entre o mes de febreiro e o mes de maio, para poder recollelas frescas durante o proxecto.

Colléronse as anteras das flores (ou as flores completas, no caso de que fosen dun tamaño reducido) directamente da planta e introducíronse nunha bolsa de plástico hermética, que foi etiquetada de forma meticulosa no momento da recollida (indicando especie, data de recollida, lugar e hábitat onde se atopou) e foi conxelada posteriormente.

Na medida do posible identificouse a especie recollida no campo, confirmándoo máis adiante a identificación no laboratorio coas claves necesarias.

Tamén se recolleu un exemplar completo da mesma especie para herborizar, ou no caso de ser un exemplar grande (unha árbore ou un arbusto), colléronse partes representativas da especie.

5.2. Métodos de identificación

A identificación das mostras implica dúas partes: a identificación da especie vexetal, e a identificación do pole.

Para a identificación da especie utilizáronse as claves dicotómicas de Castro *et al.* (2007), García (2008) e Castroviejo *et al.* (1986-2012).

Para a identificación correcta do pole utilizáronse floras polínicas, coma Valdés *et al.* (1987), Moore *et al.* (1991), Punt (1976, 1984), Punt e Clark (1980, 1981, 1984), Punt *et al.* (1988), Punt e Blackmore (1991).

5.3. Métodos de preparación de mostras

As mostras vexetais para a elaboración do herbario sufrirán un proceso de herborización, e as mostras de pole serán tratadas mediante un proceso de acetolise.

5.3.1. Herborización

A herborización é un proceso que consiste na eliminación da auga presente no interior dos vexetais, mediante presión e calor.

Nste proceso emprégase unha prensa de parafuso, equipada con un convector de aire.



Figura 3. Prensa de parafuso (imaxe A) e prego do herbario (imaxe B)

5.3.2. Acetolización

As mostras de pole sometéronse a un proceso de acetolise (modificado de Bennett e Willis, 2001), que consiste na eliminación da intina, o protoplasma, e o “pollenkitt” lipídico do gran de pole, deixando soamente a exina. Isto permite estudar de forma sinxela a topografía da cuberta polínica.

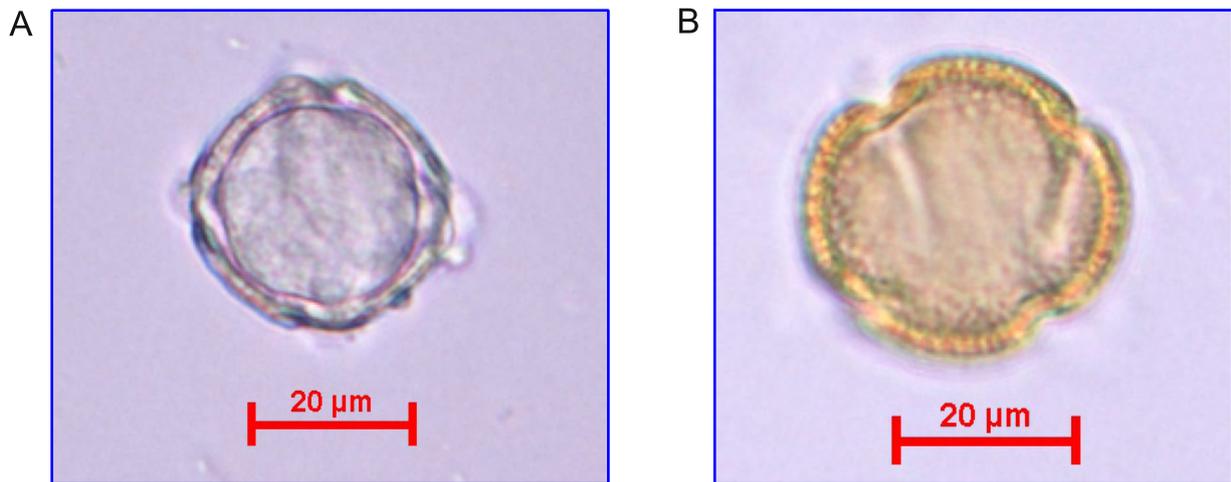


Figura 4. Comparativa entre dous grans de pole da especie *Citrus reticulata*. Na imaxe A vemos o gran ao natural, e na imaxe B vemos o gran tralo proceso de acetolise.

5.4. Métodos de montaxe

As mostras de pole móntanse en portaobxectos, con glicerina xelatinizada de Kaiser modificado, e seladas con Eukitt ou con laca de unllas incolora, para poder mantelas durante tempo indefinido.

Para montar as preparacións seguiranse dous pasos: a preparación do medio, e a montaxe.

- Preparación do medio: prepárase o medio utilizando as seguintes cantidades:

- o Auga – 42 ml
- o Glicerina – 24 g
- o Xelatina – 14 g
- o Listerine – 4g

- Montaxe: As mostras móntanse en portaobxectos de vidro e almacénanse en caixas (Figura 5).



Figura 5. Preparacións montadas en portaobxectos e almacenadas

5.5. Métodos de observación

Despois de montar as mostras, observáronse ao microscopio óptico, para determinar as características morfolóxicas dos grans de pole.

A estas mostras realizáronse fotos mediante un sistema fotográfico (Nikon Ds-Fi1) conectado a un microscopio (Nikon ECLIPSE 50i), utilizando os obxectivos 40x e 60x, e a un ordenador.

Como norma, as fotos tomáronse en plano polar e en plano ecuatorial, tendo como excepcións aquelas mostras nas que a súa propia morfoloxía impida que se poidan ver nalgunha das vistas (normalmente trátase dun eixe moito maior que o outro).

Tomáronse fotos a varios grans de pole, en ambos planos, para facer despois un cálculo do tamaño medio. Para o cálculo medio utilizáronse un mínimo de 5 medidas por cada vista.

RESULTADOS E DISCUSIÓN

6.1. Herbario

Mediante o método de herborización descrito anteriormente, que resultou ser o método que produciu uns resultados óptimos no secado dos espécimes, elaborouse un herbario composto por 27 pregos,

pertencentes ás especies incluídas na palinoteca. Estes pregos contan cunha ficha descritiva onde se indica a especie, o hábitat, a data de recollida e a persoa que a recolleu e a identificou.

En cada prego atópase unha parte representativa do espécime, incluída a flor nos casos que foi posible recollela.

Os pregos carecen de froitos e de sementes, xa que por causas temporais, na época de recollida carecían deles.

6.2. Flora polínica de As Lagoas-Marcosende (Xaneiro-Maio, 2015)

Estes datos son o resultado do estudo da flora polínica presente no campus As Lagoas-Marcosende, durante a época comprendida entre xaneiro e maio do 2015. Pódese ver como existe certa diversidade, aínda que a variedade de flores e tipos polínicos sempre vai estar relacionada co limitado período de floración do que se dispuxo, ao final do inverno. As primeiras especies en florecer son as da familia Mimosaceae, e polo tanto foron as primeiras recollidas. Despois foron recollidas sucesivamente o resto das especies, conforme ía chegando o seu período de floración.

No campus As Lagoas-Marcosende podemos atopar un clima oceánico, típico da costa galega, aínda que nas Rías Baixas hai certa tendencia ao clima mediterráneo, que se estende pola conca do río Miño (Rodríguez e Ramil, 2007), e por iso pódese ver unha variedade de especies típicas dos distintos climas, como é o *Ulex europaeus* (típico de clima atlántico), ou o *Viburnum tinus* (típico dun clima mediterráneo, aínda que neste caso sexa un espécime plantado).

6.3. Descricións polínicas

Foi descrito o pole dun total de 27 especies de plantas, todas elas recollidas no campus As Lagoas-Marcosende. Nestas descricións indícase a ornamentación da superficie polínica e o número e tipo de aperturas, así como o nome botánico de cada especie.

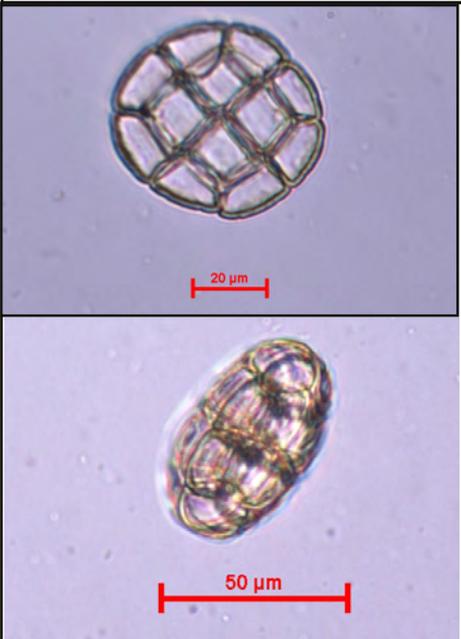
A continuación móstrase un pequeno exemplo de ditas descricións:

- Acacia melanoxylon* R. Br., Gran Psilado, Inaperturado
- Ulex europaeus* L., Perforado-Suprarreticulado; 3-Zonocolporado
- Cytisus striatus* (Hill.) Rothm., Reticulado, 3-Zonocolporado
- Prunus avium* L., Estriada-Rugulado, 3-Zonocolporado
- Cistus psilosepalus* Sweet., Reticulado, 3-Zonocolporado
- Pyrus communis* L., Rugulada-Estriado, 3-Zonocolpado
- Crataegus monogyna* Jacq., Rugulado-Estriado, 3-Zonocolpado
- Arbutus unedo* L., Psilado, 3-Zonocolporado
- Calluna vulgaris* (L.) Hull., Escabrado-Verrugado, 3-Zonocolporado
- Pinus radiata* D. Don, Corpo perforado-Sacos reticulados irregularmente, Inaperturado
- Pinus pinaster* Aiton., Corpo perforado-Sacos reticulados irregularmente, Inaperturado
- Primula acaulis* subsp. *acaulis* (L.) L., Reticulado, Polizonocolpado
- Lavandula stoechas* L., Perforado, 6-Zonocolpado
- Viburnum tinus* L., Eurreticulado, 3-Zonocolpado
- Oxalis pes-caprae* L., Reticulado, 3-4-Zonocolporado
- Lamium maculatum* L., Micro-reticulado, 3-Zonocolpado
- Corylus avellana* L., Rugulado, 3-Zonocolporado
- Glandora prostrata* (Loisel.) D.C. Thomas, Psilado, 10-Zonocolporado
- Narcissus cyclamineus* DC., Psilado, Monocolpado
- Bellis perennis* L., Perforado-Equinado, 3-Zonocolporado
- Equisetum telmateia* Ehrh., Engurrado-Dobrado, Inaperturado

6.4. Fichas polínicas

Estas fichas foron elaboradas a partir de todos os datos recollidos sobre as especies durante o transcurso do proxecto, e gárdanse todas almacenadas en formato dixital. A continuación móstranse unhas fichas de exemplo:

Especie: <i>Erica australis</i> L.									
Tipo polínico: Erica									
Foto	Características								
<p>Vista polar</p> 	<table border="1"> <tr> <td>Unidades de dispersión: Tétradas</td> </tr> <tr> <td>Forma e simetría: Simetría radial. Forma en tétradas con formas tetraédricas regulares</td> </tr> <tr> <td>Lonxitude polar: $64,9 \pm 2 \mu\text{m}$</td> </tr> <tr> <td>Lonxitude ecuatorial: $63,2 \pm 3 \mu\text{m}$</td> </tr> <tr> <td>Ornamentación: Verrugada</td> </tr> <tr> <td>Aperturas: 3 colporos. 3-zonocolporado</td> </tr> <tr> <td>Tipo de polinización: Entomófila</td> </tr> <tr> <td>Época de floración: Febreiro - Xuño</td> </tr> </table>	Unidades de dispersión: Tétradas	Forma e simetría: Simetría radial. Forma en tétradas con formas tetraédricas regulares	Lonxitude polar: $64,9 \pm 2 \mu\text{m}$	Lonxitude ecuatorial: $63,2 \pm 3 \mu\text{m}$	Ornamentación: Verrugada	Aperturas: 3 colporos. 3-zonocolporado	Tipo de polinización: Entomófila	Época de floración: Febreiro - Xuño
Unidades de dispersión: Tétradas									
Forma e simetría: Simetría radial. Forma en tétradas con formas tetraédricas regulares									
Lonxitude polar: $64,9 \pm 2 \mu\text{m}$									
Lonxitude ecuatorial: $63,2 \pm 3 \mu\text{m}$									
Ornamentación: Verrugada									
Aperturas: 3 colporos. 3-zonocolporado									
Tipo de polinización: Entomófila									
Época de floración: Febreiro - Xuño									

Especie: <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.									
Tipo polínico: Mimosaceae									
Foto	Características								
<p>Vista polar/ Vista ecuatorial</p> 	<table border="1"> <tr> <td>Unidades de dispersión: Políada</td> </tr> <tr> <td>Forma e simetría: Simetría radial. Forma de disco convexo</td> </tr> <tr> <td>Lonxitude polar da políada: $53,2 \pm 2 \mu\text{m}$</td> </tr> <tr> <td>Lonxitude ecuatorial da políada: $58 \pm 2 \mu\text{m}$</td> </tr> <tr> <td>Ornamentación: Psilada</td> </tr> <tr> <td>Aperturas: Inaperturado</td> </tr> <tr> <td>Tipo de polinización: Entomófila</td> </tr> <tr> <td>Época de floración: Marzo - Abril</td> </tr> </table>	Unidades de dispersión: Políada	Forma e simetría: Simetría radial. Forma de disco convexo	Lonxitude polar da políada: $53,2 \pm 2 \mu\text{m}$	Lonxitude ecuatorial da políada: $58 \pm 2 \mu\text{m}$	Ornamentación: Psilada	Aperturas: Inaperturado	Tipo de polinización: Entomófila	Época de floración: Marzo - Abril
Unidades de dispersión: Políada									
Forma e simetría: Simetría radial. Forma de disco convexo									
Lonxitude polar da políada: $53,2 \pm 2 \mu\text{m}$									
Lonxitude ecuatorial da políada: $58 \pm 2 \mu\text{m}$									
Ornamentación: Psilada									
Aperturas: Inaperturado									
Tipo de polinización: Entomófila									
Época de floración: Marzo - Abril									

DISCUSIÓN

A finalidade deste traballo é a elaboración dunha palinoteca de referencia, para o seu posterior uso en outros estudos polínicos que requiran a identificación do pole. Para poder ter unha correcta identificación é necesario coñecer todas as características que posúe o gran de pole. As características distintivas, atópanse na cuberta do gran de pole, e para facelas visibles foi necesario realizar a acetolise. Neste caso, a acetolise tivo o resultado esperado, eliminando o protoplasma do gran de pole, e permitindo así a doada observación da cuberta polínica, podendo diferenzar o tipo de ornamentación e o tipo e número de aberturas.

Para a diferenciación das especies e dos tipos polínicos aquí estudados, o criterio mais importante foi o número e tipo de aberturas, así como a ornamentación.

Neste traballo, para as descrições finais, séguese o criterio de Moore *et al.* (1991), e o pole descrito nel coincide coas súas descrições, en relación a forma, aberturas, estrutura e tamaño. Isto supón que en algunhas das especies, como pode ser o caso de *Oxalis pes-caprae*, o recollido aquí difire co descrito por Valdés *et al.* (1987), xa que este segue un criterio no que cando as endoaberturas son difusas e non se aprecian claramente lle dá o nome de colporoidado, no canto de colporado como describe Moore *et al.* (1991).

En relación ás especies botánicas, observouse que só un 15% das especies teñen unha dispersión anemófila, fronte ao 85% que son entomófilas. Estas diferenzas débense a que as especies entomófilas producen unhas flores moito máis vistosas e durante un tempo máis prolongado, para que os animais que levan a cabo a súa dispersión a poidan realizar; sen embargo, as especies anemófilas posúen flores menos vistosas ou espidas, como son os amentos ou as flores das coníferas, pero liberan ao aire unha gran cantidade de pole nun corto período, para favorecer a polinización.

As datas nas que foron recollidas todas as mostras coinciden co período de floración das especies, descrito por García (2008), polo que se pode deducir que as características climáticas do ano estiveron dentro dos parámetros normais que regulan a floración.

CONCLUSIÓN

Como conclusión a este traballo pódese dicir que:

- Recolleuse un herbario, formado por 27 especies pertencentes a 15 familias, o cal pode ser consultado para a identificación das especies presentes no campus.
- A partir dese material realizouse unha palinoteca de referencia do campus As Lagoas-Marcosende, que consta dun total de 27 especies, agrupadas en 21 tipos polínicos, que pode ser utilizada para posteriores estudos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bennett, K.D., Willis, K.J. (2001). Pollen. En: Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M. (eds.). Tracking environmental change using lake sediments. Vol. 3: terrestrial, algal, and siliceous indicators. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 5-32.
- Brooks, J., Shaw, G. (1968). Chemical structure of the exine of pollen walls and a new function for carotenoids in nature. *Nature*. 219: 532-533.
- Carvalho dos Reis, C.I. (2010). Análise palinológica e mineralógica de solos portugueses e o seu potencial na práctica forense. Tese doutoral. Lisboa, Portugal: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologías. Departamento de Biología.
- Castro, M., Prunell, A., Blanco-Dios, J. B. (2007). Guía das Árbores Autóctonas e Ornamentais de Galicia. Vigo, España: Edicións

Xerais de Galicia, S. A.

- Castroviejo, S. (coord. gen.). (1986-2012). Flora Ibérica 1-8, 10-15, 17-18, 21. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Díaz, E., Márquez, J., Gracia, V., Saa, M. P., Suárez-Cervera, M. (1996). Atlas de Polen de Galicia I. Ourense, España: Diputación Provincial de Ourense.
- Dupré, M. (1992). Cuadernos técnicos de la S.E.G. Nº 5. Palinología. Logroño, España: Geoforma ediciones.
- Erdtman, G. (1952). Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Angiosperms. Stockholm, Sweden: Almqvist & Wiksell.
- Fægri, K., Kaland, P. E., Krzywinski, K. (1989). Textbook of Pollen Analysis. IV Edition. Blackwell, Oxford: John Wiley & Sons.
- García, X. R. (2008). Guía das Plantas de Galicia. Vigo, España: Edicións Xerais de Galicia, S. A.
- Jarzen, D. M., Nichols, D. J. (1996). Pollen. En: Jansonius, J., McGregor, D. C. (Eds). Palynology: Principles and applications. Dallas, Texas, U.S.A: AASP Foundation. Vol. 1, pp. 261-291.
- Moore, P. D., Webb, J. A., Collinson, M. E. (1991). Pollen Analysis (2º Ed.). Oxford, England: Blackwell Scientific Publications.
- Punt, W., (1971). Pollen morphology of the genera *Norantea*, *Souroubea* and *Ruyschia* (Marcgraviaceae). Pollen Spores, 13: 199-232.
- Punt, W., (1976). The Northwest European Pollen Flora, I. Amsterdam. Elsevier.
- Punt, W., (1984). The Northwest European Pollen Flora, 37. Umbelliferae. Rev. Paleobot. Palynol. 42: 155-164.
- Punt, W., Blackmore, S. (1991). The Northwest European Pollen Flora, V. Amsterdam. Elsevier.
- Punt, W., Blackmore, S., Clarke, G.C.S. (1988). The Northwest European Pollen Flora, VI. Amsterdam. Elsevier.
- Punt, W., Clarke, G.C.S. (1980). The Northwest European Pollen Flora, II. Amsterdam. Elsevier.
- Punt, W., Clarke, G.C.S. (1981). The Northwest European Pollen Flora, III. Amsterdam. Elsevier.
- Punt, W., Clarke, G.C.S. (1984). The Northwest European Pollen Flora, IV. Amsterdam. Elsevier.
- Renault-Miskovsky, J., Girard, M., Trouin, M. (1976). Observations de quelques pollens d'oléacées au microscope électronique à balayage. Bulletin de l'A.F.E.Q., 2: 71-86.
- Rodríguez, M.A., Ramil, P. (2007). Clasificaciones climáticas aplicadas a Galicia: revisión desde una perspectiva biogeográfica. Rec. Rur. 3: 31-53.
- Saenz, C. (1978). Polen y Esporas (Introducción a la Palinología y Vocabulario palinológico). Madrid, España: H. Blume Ediciones.
- Socorro, O., Espinar, M. C. (1998). Estudio del polen con interés en apiterapia. Granada, España: Editorial Comares.
- Valdés, B., Díez, M. J., Fernández, I. (eds.). (1987). Atlas Polínico de Andalucía Occidental. Sevilla, España: Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Sevilla. Excm. Diputación de Cadiz.

BIOTECNOLOXÍA ANTE OS RETOS ALIMENTÍCEOS DA HUMANIDADE

Rubén González Miguélez
e- mail:rubengm013@hotmail.com

Resumen

Trabajo Fin de Grado
Tutor:
- Manuel Rey Fraile
Departamento de Bioloxía
Vexetal e Ciencia do Solo
Facultade de Bioloxía
Universidade de Vigo.

Dende a aparición da agricultura no Neolítico o cultivo da terra transformou as sociedades humanas. Grazas á mellora e á innovación das técnicas agrícolas conseguíuse ó longo da historia dar alimento á crecente poboación humana. Agora encontrámonos ante un novo desafío: a partir da mesma superficie cultivable que no século anterior débese obter alimentos para un número de habitantes que crece a un ritmo exponencial. Está a ciencia preparada para asumir este desafío?

INTRODUCCIÓN

A agricultura xurdiu no Neolito en diversos puntos do planeta (Figura 1). Esta tecnoloxía permitiu que as comunidades humanas vivisen nun mesmo lugar por un período de tempo prolongado, orixinando as sociedades sedentarias (Gupta, 2004). Outro cambio importante que propiciou foi o gran aumento no número de habitantes que poden ser alimentados, provocando unha expansión demográfica global (Gignoux *et al.*, 2011).

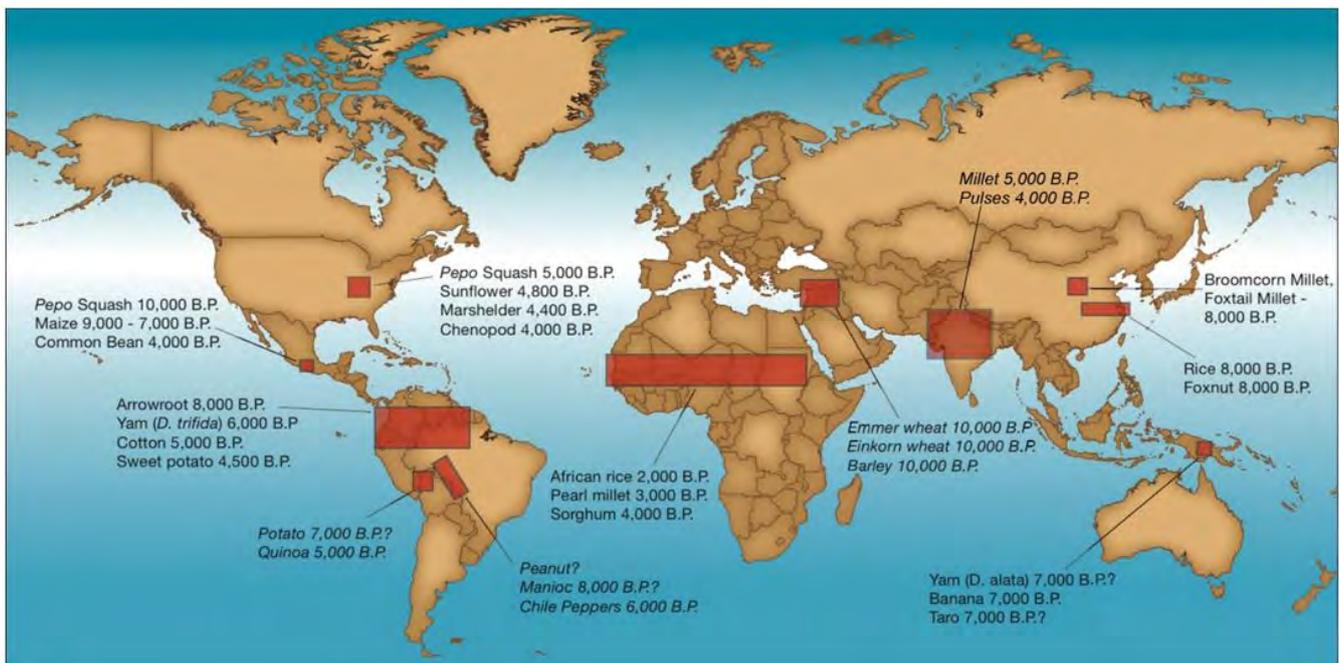


Figura 1. Centros de orixe da agricultura e data do comezo do cultivo das primeiras especies vexetais domesticadas. Fonte: Aiello, 2011.

A importancia que adquiriu a agricultura na nosa alimentación dende entóns é tal que arredor do 80% das calorías e unha gran cantidade das proteínas consumidas na actualidade son de orixe vexetal (Figura 2).

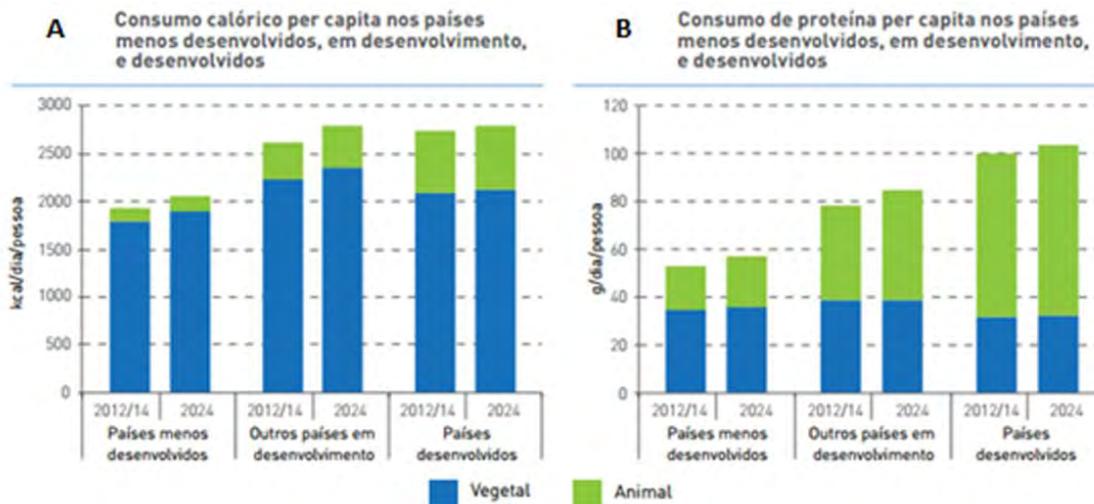


Figura 2. Procedencia das calorías (A) e proteínas (B) ingeridas pola poboación segundo o grao de desenvolvemento do país no que habitan. Fonte: OCDE-FAO, 2015.

A necesidade do melloramento da produción agrícola

O fin da segunda guerra mundial supuxo un punto de inflexión no crecemento demográfico global, pasando dos 2.500 millóns de habitantes mundiais en 1950 (U.N., 1999) ós abrumadores 7.717 millóns actuais.

Poder producir a cantidade de alimento necesaria para tal número de persoas foi posible gracias á mellora das explotacións agrícolas. Os avances científicos propiciaron varias Revolucións Verdes: dende 1960 incrementouse a produción en cerca do 95% mentres que as áreas de cultivo apenas aumentaron nun 5%. O caso do arroz é moi ilustrativo: a área necesaria para producir unha tonelada de arroz en 1900 eran 6.600 m², cando na actualidades só son necesarios 600 m². (Canhoto, 2010).

Aínda así as previsións din que este incremento na produción non será suficiente: para o 2050 a cantidade de alimentos dispoñibles será inferior á cantidade demandada (Figura 3).

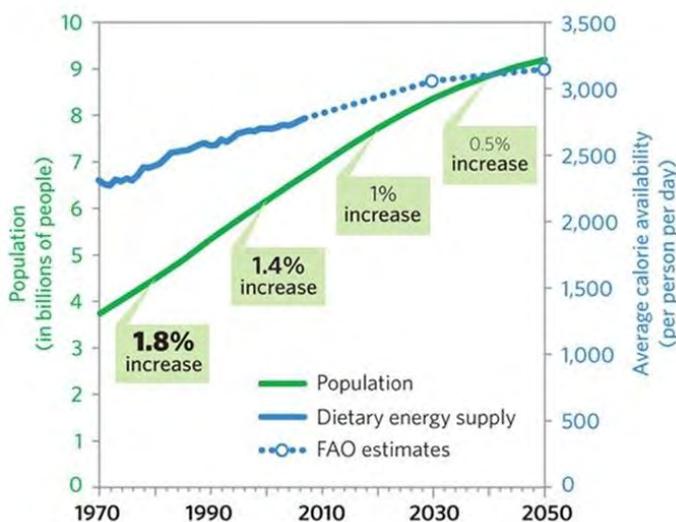


Figura 3. Evolución da dispoñibilidade calórica e da poboación mundial. Fonte: Spencer e Butler, 2010.

Debido a que é practicamente imposible ampliara cantidade de solo cultivable (por poñer un exemplo, o aumento de terras para o cultivo apenas é viable en Brasil), estas previsións constatan a necesidade de investigar melloras na produción agrícola co fin de producir máis en menos terreo.

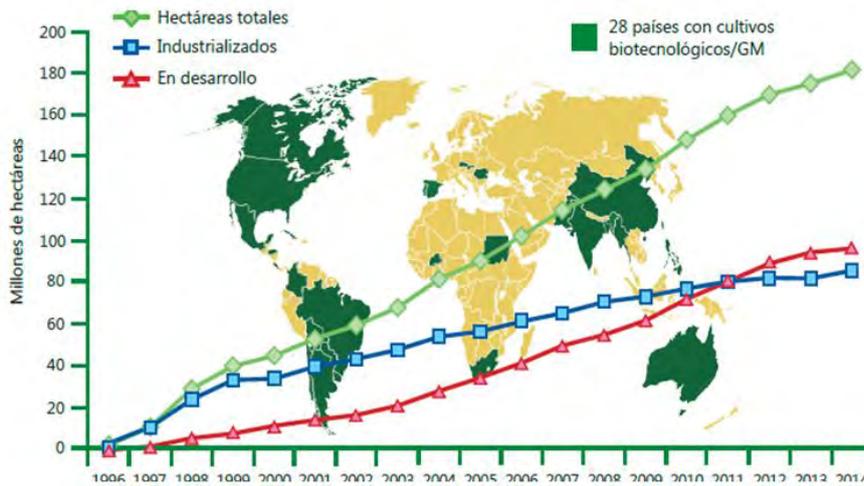


Figura 4. Superficie mundial de cultivos biotecnológicos /GM. Fuente: James, 2014.

Unha das técnicas que se están a amosar máis eficientes e produtivas dentro da biotecnoloxía vexetal é a transformación xenética, sendo esta a tecnoloxía agrícola que máis rápido foi adaptada na historia da humanidade: En 1996 había 1,7 millóns de hectáreas de cultivos biotecnolóxicos en todo o mundo, aumentando ata os 181,5 millóns en 2014 (Figura 4).

Que é a transformación xenética?

A transformación xenética de seres vivos consiste na inserción dun ADN exógeno no xenoma dun organismo, empregando para iso medios directos ou indirectos. A transferencia indirecta de xenes implica a introdución de ADN exógeno mediante un vector biolóxico, como *Agrobacterium* (De Block *et al.*, 1987), mentres que a transferencia directa implica a introdución de ADN exógeno a través de procesos físicos ou químicos como é o bombardeo de micropartículas (Sanford *et al.*, 1987). Outras técnicas empregadas na transferencia directa son a electroporación, a microinxección ou a absorción de ADN mediada por polietilenglicol.

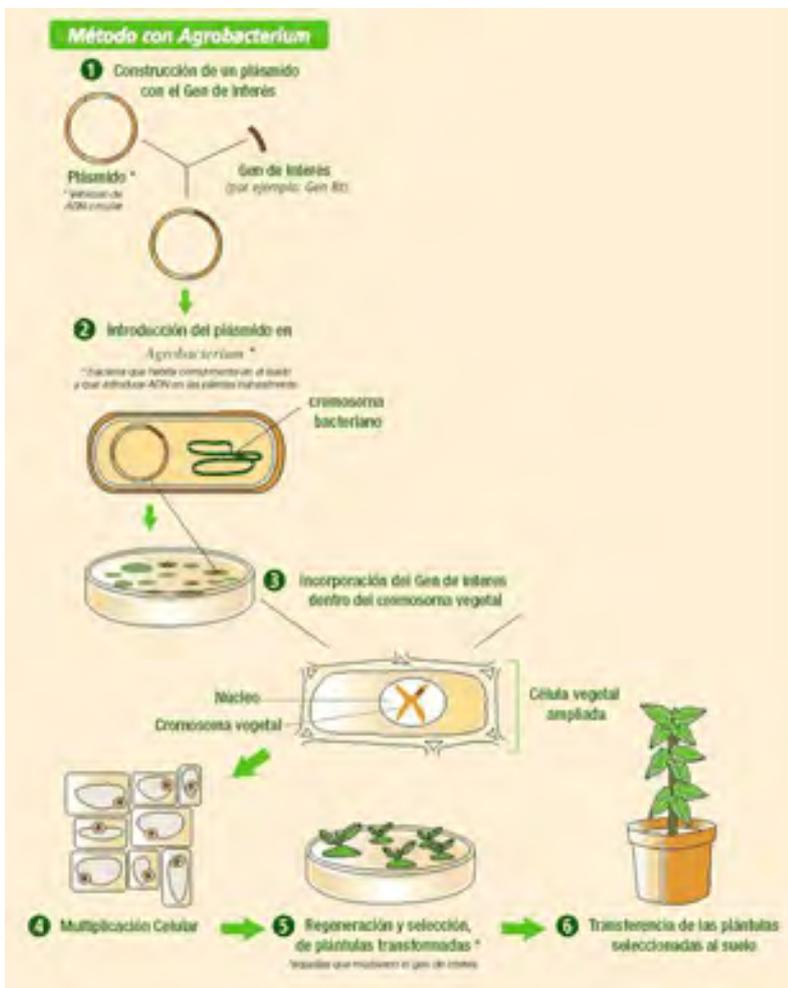


Figura 5. Método de transformación xenética empregando *Agrobacterium*.

Fonte: <http://porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1¬e=18>

Agrobacterium ten a capacidade de transferir parte do seu propio material xenético á planta hospedante. A capacidade patoxénica desta bacteria asóciase á presenza de plásmidos Ti. Demostrouse que un fragmento destes plásmidos, chamado ADN-T (ADN de transferencia), é transferido á célula vexetal onde se integra ó ADN cromosómico da planta. Deste xeito podemos empregar unha cepa de *Agrobacterium*, transformada incluíndo o xen que é de interese, como vector no noso proceso de enxeñería xenética (Figura 5).

É importante destacar que o proceso de transformación xenética ocorre de forma espontánea na natureza. Algunhas das especies vexetais que hoxe coñecemos foron modificadas xeneticamente fai miles de anos por *Agrobacterium*, como ocorre no caso da pataca doce (Kyndt *et al.*, 2015).

Utilidades da transformación xenética

As aplicacións que se lle poden dar ás plantas transformadas son moi diversas: dende o seu uso nunha industria millonaria como a floricultura coa alteración de cores nas flores (Jeknić *et al.*, 2014) ata un uso en ciencia básica a través do estudo da planta modelo, *Arabidopsis thaliana* (Tamura *et al.*, 2014).

Outra industria que se beneficia con esta tecnoloxía é a farmacéutica, como se demostrou coa creación de anticorpos en plantas (Giritch *et al.*, 2006). Na creación de metabolitos de interese tamén son de gran axuda xa que as plantas transformadas proporcionan a proteína de interese de forma económica en comparación con outros métodos, evitando en moitos casos o caro proceso de purificación. Este baixo prezo xunto coa posibilidade de almacenar biofármacos e vacinas en sementes ou froitos, permite que o acceso de vacinas e fármacos sexa máis sinxelo en países subdesenvolvidos (Giddings *et al.*, 2000).

Pero o aspecto máis elemental no que se pode empregar esta tecnoloxía é na alimentación. En moitos países existe unha elevada desnutrición debido á dependencia de cereais básicos carentes de moitos nutrientes esenciais. A biotecnoloxía vexetal podería ser unha ferramenta moi útil na loita contra a desnutrición a través da creación de cultivos máis nutritivos (Pérez-Massot *et al.*, 2013).

O caso máis relevante no ámbito nutritivo é o do arroz dourado. Esta variante de arroz está modificada xeneticamente para conter altos valores de beta-carotenos, precursores da vitamina A. A deficiencia de vitamina A (Figura 6) é unha das grandes enfermidades nos países en vías de desenvolvemento, afectando a máis de 4 millóns de nenos cada ano, deixando a 500.000 deles parcial ou totalmente cegos (Harrison, 2005).



Figura 6. Cegueira infantil producida pola carencia de vitamina A.

Fonte: <http://lacienciadeamara.blogspot.com.es/2012/08/arroz-dorado-biotecnologia-libre-la.html>

Controversia no emprego de organismos modificados xeneticamente

Na actualidade aínda existe certa oposición ós alimentos obtidos mediante a transformación xénética. Este temor, especialmente arraigado na Unión Europea, baséase nos posibles efectos na saúde e no impacto ambiental.

Respecto ó ambiental quizáis o caso máis sonado sexa a publicación feita en 1999 por Losey, Rayor e Carter na que se parecía demostrar que o pole do millo Bt mataba ás bolboretas monarca. Tras a aparición deste estudo seis grupos independentes estudaron o caso chegando todos a conclusión de que o pole empregado no estudo orixinal era tóxico en doses elevadas pero determinaban que supoñía un risco insignificante para as larvas da bolborteta monarca en condicións de campo (Pew Initiative, 2002). Este risco era especialmente pequeno en comparación con outras ameazas como os plaguicidas convencionais e a seca (Conner *et al.*, 2003).

Pola contra os cultivos transxénicos poden contribuír a reducir o impacto ambiental da agricultura. Un exemplo está na creación dun arroz cun enxerto de ADN da cebada que ten un rendemento superior e

emite un 1% menos de metano (Su *et al.*, 2015). Sendo a produción de arroz responsable de entre o 7 e o 17% de todas as emisións de metano de orixe humana, esta innovación podería ser unha útil ferramenta contra o cambio climático.

En palabras da Organización das Nacións Unidas para a Alimentación e a Agricultura en 2004:

“Hasta ahora, en los países donde se han producido cultivos transgénicos, no ha habido ningún informe verificable de que causen algún peligro importante para la salud o el medio ambiente. Las mariposas monarca no han sido exterminadas. Las plagas no han desarrollado resistencia al Bt. Han aparecido algunas pruebas de malas hierbas tolerantes a los herbicidas, pero éstas no han invadido ecosistemas agrícolas o naturales. Por el contrario, se están viendo algunos beneficios sociales y ambientales importantes. Los agricultores están empleando menos plaguicidas y están sustituyendo productos químicos tóxicos con otros menos nocivos. Como consecuencia de ello, los trabajadores agrícolas y los suministros de agua están protegidos de los venenos, y aves e insectos beneficiosos están volviendo a los campos de los agricultores.”

Escribir sobre os posibles efectos na saúde merece un artigo aparte. Tras vinte anos de consumo regular ningunha incidencia na saúde puido ser atribuída ó consumo de organismos modificados xeneticamente, nin ningunha investigación demostrou que o seu consumo sexa perxudicial. Non sendo o obxectivo deste artigo entrar ó debate neste longo e tedioso tema, animo ós lectores interesados a profundar nel no artigo de Lemaux publicado no 2008.

CONCLUSIÓN

Certos sectores das sociedades humanas sempre se mostran reacios ós cambios, ás innovacións, ós descubrimentos que fan o mundo un lugar un pouco mellor. Cando as investigacións científicas descartan que estas innovacións teñan efectos perxudiciais na saúde é case unha obriga moral que o total da poboación se beneficie dela. Europa pode permitirse o luxo de elixir que comer, pero non debemos esquecer que existen partes máis desfavorecidas no mundo para as que non existe opción. Incluso agora que a produción é maior que a demanda o número de persoas que sofren fame no mundo é superior a 1.000 millóns de persoas. A biotecnoloxía por si mesma non logrará acabar ca fame no mundo, iso depende de máis factores, pero lograr que máis recursos estean dispoñibles facilitará o acceso a eles, permitindo prezos máis asequibles e unha maior posibilidade de acceder a eles.

BIBLIOGRAFÍA

- Aiello, L. C. (2011). The Origins of Agriculture: new data, new ideas. *Curr. Anthropol.* 52: 161-162.
- Canhoto, J. M. (2010). Embriogénese somática. En: Canhoto, J. M. (Ed.). *Bioteχνologia Vegetal, da Clonagem de Plantas à Transformação Genética*. Coimbra, Portugal: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Conner, A. J., Glare, T. R., Nap, J.-P. (2003). The release of genetically modified crops into the environment: Parte II. Overview of ecological risk assessment. *Plant J.*, 33: 19-46.
- De Block, M., Herrera-Estrella, L., Van Montagu, M., Zambryski, P. (1987). Expression of foreign genes in regenerated plants and in their progeny. *EMBO* 8: 1681-1689.
- FAO (2004). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Roma, Italia: Grupo de la producción y diseño editorial. Servicio de Gestión de las Publicaciones FAO.
- Giddings, G., Allison, G., Brooks, D., Carter, A. (2000) Transgenic plants as factories for biopharmaceuticals. *Nat Biotechnol.* 18: 1151-1155.

- Gignoux, C. R., Henn, B. M., Mountain, J. L. (2011). Rapid, global demographic expansions after the origins of agriculture. PNAS 15: 6044-6049.
- Giritch, A., Marillonnet, S., Engler, C., van Eldik, G., Botterman, J., Klimyuk, V., Gleba, Y. (2006). Rapid high-yield expression of full-size IgG antibodies in plants coinfecting with noncompeting viral vectors. Proc. Natl. Acad. Sci. US, 40: 14701-14706
- Gupta, A. K. (2004). Origin of agriculture and domestication of plants and animals linked to early Holocene climate amelioration. Curr. Sci. (India). 87: 1.
- Harrison, E. H. (2005). Mechanisms of digestion and absorption of dietary vitamin A. Annu. Rev. Nutr. 25: 87-103.
- James, C. (2014). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014. Ithaca, NY: ISAA.
- Jeknić, Z., Jeknić, S., Jevremović, S., Subotić, A., Chen, T. H. (2014). Alteration of flower color in *Iris germanica* L. 'Fire Bride' through ectopic expression of phytoene synthase gene (*crtB*) from *Pantoea agglomerans*. Plant Cell Rep. 33(8): 1307-1321.
- Kyndt, T., Quispe, D., Zhai, H., Jarret, R., Ghislain, M., Liu, Q., Ghevsen, G., Kreuze, J. F. (2015). The genome of cultivated sweet potato contains *Agrobacterium* T-DNAs with expressed genes: An example of a naturally transgenic food crop. Proc. Natl. Acad. Sc. 112: 5844–5849.
- Lemaux, P. G. (2008). Genetically engineered plants and foods: A scientist's analysis of the issues (Part I). Annu. Rev. Plant Biol. 59:771–812.
- Losey, J. E., Rayor, L. S., Carter, M. E. (1999). Transgenic pollen harms monarch larva. Nature. 6733: 214.
- OCDE-FAO (2015). Perspectivas Agrícolas 2015-2024. Paris, Francia: OECD Publishing.
- Pérez-Massot, E., Banakar, R., Gómez-Galera, S., Zorrilla-López, U., Sanahuja, G., Arjó, G., Miralpeix, B., Vamvaka, E., Farré, G., Rivera, M., Dashevskaya, S., Berman, J., Sabalza, M., Yuan, D., Bai, C., Bassie, L., Twyman, L.M., Capell, T., Christou, P., Zhu, C. (2013). The contribution of transgenic plants to better health through improved nutrition: opportunities and constraints. Genes Nutr. 1: 29–41.
- Pew Initiative on Food and Biotechnology (2002). Three years later: genetically engineered corn and the monarch butterfly controversy. Issue Brief
- Sanford, J. C., Klein, T. M., Wolf, E. D., Allen, N. (1987.) Delivery of substances into cells and tissues using a particle bombardment process. Part. Sci. Technol. 5: 27-37.
- Spencer, N., Butler, D. (2010). Food: The growing problem. Nature, 466: 546-547.
- Su, J., Hu, C., Yan, X., Jin, Y., Chen, Z., Guan, Q., Wang, Y., Zhong, D., Jansson, C., Wang, F., Schnürer, A., Sun, C. (2015). Expression of barley SUSIBA2 transcription factor yields high-starch low-methane rice. Nature. 7562: 602-06.
- Tamura, M., Tsuji, Y., Kusunose, T., Okazawa, A., Kamimura, N., Mori, T., Nakabayashi, R., Hishiyama, S., Fukuhara, Y., Hara, H., Sato-Izawa, K., Muranaka, T., Saito, K., Katayama, Y., Fukuda, M., Masai, E., Kajita, S. (2014). Successful expression of a novel bacterial gene for pinoreosin reductase and its effect on lignan biosynthesis in transgenic *Arabidopsis thaliana*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 19: 8165-8177.
- United Nations (1999). The World at Six Billion. Population Division Department of Economic and Social Affairs United Nations Secretariat.

APROVEITAMENTO MICO-PEDAGÓXICO DO MONTE DA PICARAÑA (PONTEAREAS): DESEÑO DUN ROTEIRO MICOLÓXICO E UN CENTRO DE INTERPRETACIÓN COMPLEMENTARIO

Gabriel Pérez Torrón

Mail: gabperez@alumnos.uvigo.es

Trabajo Fin de Grado

Tutora:

- Marisa Castro Cerceda

Departamento de Bioloxía

Vexetal e Ciencia do Solo

Universidade de Vigo.

Resumen

O crecente interese polos cogomelos na sociedade actual fai que emerxan novas formas de aproveitamento forestal, entre as que se encadra o micoturismo, integrando actividades lúdicas e pedagóxicas relacionadas coa micoloxía. Neste proxecto deséñase un Roteiro Micolóxico, apoiado polo correspondente Centro de Interpretación, no Monte da Picaraña (Ponteareas), en base á súa diversidade vexetal, e polo tanto á micobiota, e diversos valores culturais.

INTRODUCCIÓN

Ata mediados do século XX, Galicia era considerada unha rexión “micófoba”, na que as persoas sentían un rexeitamento inxustificado ó consumo de cogomelos na súa práctica totalidade, a excepción dalgunhas zonas do sur e leste nas que o seu consumo atopábase normalizado dende tempos inmemoriais (Castro & Freire, 1987). Porén, o interese por estes organismos agora atópase en auge (micofilia, micofaxia), debido ao aumento da calidade de vida, a achega constante de noticias sobre o tema polos diversos medios de información e ao traballo de diferentes divulgadores galegos dende a década dos 60 (Fernández de Ana Magán & Rodríguez, 2000). Proba disto é a progresiva aparición de Agrupacións Micolóxicas, así como a celebración de xornadas sobre cogomelos organizadas por diferentes entidades (Castro, 2011).

Na actualidade, aumentou a importancia comercial e gastronómica dos cogomelos, sendo considerados un recurso de aproveitamento forestal rendible e alternativo (Conesa Mor, 2000). E, de feito, a presenza de diferentes empresas no país que explotan o recurso micolóxico dos montes galegos e o interese da sociedade fixo necesaria a elaboración dunha normativa de regulación do recurso, así como a determinación de diferentes tipos de aproveitamentos na Lei 7/2012, do 28 de Xuño, de montes de Galicia e no Decreto 50/2014 (DOG do 10 de abril).

Ademais de servir de motor económico como recurso forestal, no último medio século o crecente interese pola micoloxía incrementou todo tipo de actividades recreativas relacionadas cos cogomelos, nace así o concepto de micoturismo, unha innovadora forma de aproveitamento para os montes privados (98% na Comunidade Autónoma Galega) que presenta un valor engadido para as zonas con extensións forestais apreciáveis, chegando a servir como elemento dinamizador e de desenvolvemento rural (Lázaro, 2008; Martínez *et al.*, 2011).

A actual “febre polos cogomelos” leva moitas veces á realización de malas prácticas polos afeccionados (apañas masivas e indiscriminadas, tratamento incorrecto do material recollido e/ou alteración da contorna), que deterioran considerablemente a biodiversidade da micobiota e do ecosistema forestal. Por mor disto, é preciso promover un aproveitamento sostible no ámbito do turismo micolóxico (García, 2005).

Atendendo a este tema xorden programas como o proxecto MYAS na provincia de Soria (Molina Ibañez & López Estebanz, 2004), o plan CUSSTA en Andalucía (Moreno-Arroyo, 2011), TREGUMELOS en

Ourense (Concello da Veiga, online), entre outros.

Proxectos deste tipo son considerados polas comunidades autónomas de vital importancia para rexións rurais, xa que poden incrementar o valor dos cogomelos ata 7 veces o da venda directa a pé de campo (de Frutos *et al.*, 2011). Dentro deste aproveitamento sostible englobábase diversas actividades como paquetes micolóxicos de fin de semana, xornadas gastronómicas, cursos de cociña, visitas guiadas, etc. como ocorre no proxecto galego “A la búsqueda de la seta. Noviembre micológico en Turismo Rural” realizado na Costa da Morte (TURGALICIA, 2009).

No ámbito educativo e cultural, son moi importantes os roteiros micolóxicos, que ofertan unha alternativa de ocio para achegarse aos cogomelos e á contorna natural (Lázaro, 2008). Fálase de sendeiros forestais sinalizados, que permiten guiar ao micoturista indicando as especies de cogomelos, así como os seus hábitats e posibles utilizacións por parte do home. Nestas sendas pode autorizarse a apañía ou ter como única finalidade a educación micolóxica e ambiental, sen recolección asociada (Roca Romalde, 2002; Myas, 2003; Alonso, 2010).

Galicia non fuxiu a esta tendencia e no ano 2008, co fin de activar un proceso de recuperación do monte, o concello da Estrada iniciou o proxecto “A Estrada Verde”, no que oferta diferentes actividades micolóxicas entre as que destacan 11 rutas de realización autónoma.

Neste ámbito micoturístico tamén existen os Xardíns Micolóxicos e os Centros de Interpretación Micolóxica, lugares físicos ónde se poden realizar exposicións e cursos, entre outras actividades relacionadas cos cogomelos. Estes centros poden servir de apoio ás rutas micolóxicas, ofrecendo no seu conxunto unha alternativa micoturística completa.

O obxectivo deste traballo é o estudo da posibilidade de realización e o deseño dun roteiro micolóxico no monte da Picaraña (Ponteareas, Pontevedra), así como dun Centro de Interpretación Micolóxico (CIM) de apoio á mesma.

METODOLOXÍA

O deseño dunha ruta micolóxica require un estudo previo das diferentes especies de fungos presentes na zona, neste caso o monte comunal da Picaraña (Ponteareas, Pontevedra).

O estudo completo da micobiota dunha zona levaría 5 anos de recollida e análise dos cogomelos (Castro, 1985), un tempo inviable para un traballo destas características. Por iso, o período de recolección escollido abrangue dende setembro ata decembro de 2014, datas nas que a micobiota, tanto micorrízica coma saprotrófica, presenta maior diversidade nos ecosistemas galegos.

A recollida do material realizouse nos biotopos máis representativos de forma meticulosa, cuidando de non mesturar mostras e descartando aquelas en mal estado (Lago, 2008). Tras a toma de anotacións “in-situ” sobre as características máis significativas, como o hábitat, a morfoloxía e as propiedades organolépticas fugaces, o material individualizouse en recipientes pechados.

As mostras obtidas transportáronse ata o laboratorio, onde foron fotografadas. A conservación realizouse mediante un proceso de desecación, para posteriormente, ser gardadas en sobres de papel coa información relativa a cada colección, ata a identificación.

A identificación comeza co estudo microscópico das exsiccata, axudado polas fotografías e anotacións realizadas en fresco. Usáronse claves de carácter xeral (Jülich, 1986; Moser, 1986, , 1986, 1991, 1995, 2000; Breitenbach & Kränzlin, 1984; Bon, 2004; Courtecuisse & Duhem, 2005; Kränzlin, 2005) e sempre que foi preciso, diversos artigos especializados e monografías de cada xénero. Finalmente, o material depositouse na micoteca do CIFAE de Lourizán (LOU-Fungi).

Unha vez obtidos os datos da micobiota do monte da Picaraña, co seu hábitat correspondente, puideron

seleccionarse os micotopos máis interesantes para o deseño da senda, atendendo de forma especial á diversidade micolóxica. Simultaneamente, seleccionáronse as especies que deberían sinalizarse e deseñáronse os rótulos indicadores que se colocarán permanentemente no roteiro.

Por último, realizouse o deseño dun sinxelo CIM (Centro de interpretación Micolóxico) que funcione como apoio e punto de partida da ruta. E, atendendo ós diferentes custos e gastos individuais de materias, permisos e mantemento púidose realizar un presuposto aproximado da ruta micolóxica e do CIM.

En todo momento se tivo en conta a lexislación existente en Galicia para aproveitamentos micolóxicos (Lei 7/2012, do 28 de Xuño, de montes de Galicia e Decreto 50/2014 para aproveitamento de cogomelos, DOG do 10 de abril).

DESCRIPCIÓN DA ZONA DE ESTUDO

O terreo forestal denominado Monte da Picaraña (Ponteareas, Pontevedra) sitúase na parroquia de Arcos (470 habitantes), situada na contorna do Val do río Tea.

O monte, cunha altitude de 368 m e unha extensión de 68,55 ha, é xestionado polos comuneiros asociados á Comunidade de Montes de Arcos, e limita ao norte co Monte das Pías, formando parte da ladeira sueste do complexo de montes coñecido como “**Torreiros - Picaraña - Landín**”

A climatoloxía na zona é suave, cunha temperatura media anual de 14,6 °C. As precipitacións anuais acadan un valor de 1.485 mm, repartíndose de setembro a maio, de xeito máis ou menos uniforme e continuo, ata chegar a un período seco nos meses de xullo e agosto.

Se analizamos o diagrama bioclimático da zona de Ponteareas (Carballeira *et al.*, 1983), podemos observar que a actividade vexetativa é continua durante todo o ano, e que se atopa reducida nos meses de verán debido á baixa dispoñibilidade de recursos hídricos. Atendendo a estas características, poderíase definir o clima do monte da Picaraña como atlántico (ou oceánico) europeo.

A xea está constituída por rochas plutónicas na súa maioría orixinadas durante os diferentes episodios da Oroxenia Hercínica. Distinguimos granodiorita con megacristais de feldespato potásico na zona sur e granito equigranular de gran medio a fino na zona norte (Instituto Geológico y Minero de España, 1980).

Segundo as indicacións do Plan de Ordenación da Comunidade de Montes de Arcos que aplican os comuneiros, diferéncianse plantacións de especies forestais de *Pinus pinaster* (28,11 ha), *P. radiata* (32,92 ha), masas mixtas de ambos (3,72 ha), de *Quercus robur* e outras frondosas (22,83 ha.) e de monte raso e outras especies árboreas (21,97 ha).

As masas de piñeiro (*Pinus spp.*) ocupan a maior parte do monte, o resto está plantado con diversas especies frondosas, entre as que destaca a presenza do carballo do país (*Quercus robur*) rexenerado de forma natural. Entre os piñeiros predominan as masas de *Pinus radiata* sobre as de *Pinus pinaster*.

RESULTADOS E DISCUSIÓN

1. Roteiro Micolóxico

A partir dos datos das especies identificadas nos procesos da mostraxe e da información sobre diversidade micolóxica facilitada pola Comunidade de Montes de Arcos, elaborouse o catálogo de taxóns do monte da Picaraña.

A partir deste catálogo seleccionáronse as máis representativas da zona, en base á abundancia e ó tamaño do carpóforo, á fenoloxía e á coroloxía das frutificacións, así como ó tipo de nutrición e á fidelidade ao lugar de aparición. Son as que se sinalizan “in situ” no roteiro micolóxico (Táboa 2).

Outras especies comúns, pero non facilmente localizables no mesmo lugar, indícanse en paneis de zona en cada micotopo.

Táboa 2. Listaxe de cogomelos sinalizados no roteiro micolóxico da Picaraña

Especie	Zona	Especie	Zona
<i>Agaricus sylvaticus</i>	Zona 1	<i>Hydnum repandum</i>	Zona 4
<i>Agaricus xanthoderma</i>	Zona 2	<i>Inocybe calamistrata</i>	Zona 1
<i>Amanita caesarea</i>	Zona 4	<i>Lactarius chrysorrheus</i>	Zona 4
<i>Amanita citrina</i>	Zona 1	<i>Lactarius deliciosus</i>	Zona 3
<i>Amanita muscaria</i>	Zona 4	<i>Lactarius vellereus</i>	Zona 4
<i>Amanita pantherina</i>	Zona 1	<i>Lepiota ignivolvata</i>	Zona 1
<i>Amanita phalloides</i>	Zona 1	<i>Lepista nuda</i>	Zona 4
<i>Amanita rubescens</i>	Zona 1	<i>Macrolepiota procera</i>	Zona 2
<i>Amanita vaginata</i>	Zona 1	<i>Mutinus caninus</i>	Zona 2
<i>Boletus aestivalis</i>	Zona 3	<i>Otidea onotica</i>	Zona 1
<i>Boletus edulis</i>	Zona 1	<i>Paxillus involutus</i>	Zona 3
<i>Boletus erythropus</i>	Zona 1	<i>Phallus impudicus</i>	Zona 2
<i>Boletus pinophilus</i>	Zona 3	<i>Russula cyanoxantha</i>	Zona 1
<i>Cantharellus cibarius</i>	Zona 1	<i>Russula sardonia</i>	Zona 1
<i>Cantharellus tubaeformis</i>	Zona 4	<i>Russula virescens</i>	Zona 3
<i>Clathrus ruber</i>	Zona 2	<i>Suillus bovinus</i>	Zona 3
<i>Coprinopsis picacea</i>	Zona 1	<i>Tricholoma columbetta</i>	Zona 1
<i>Coprinus atramentarius</i>	Zona 2	<i>Tricholoma equestre</i>	Zona 3
<i>Coprinus comatus</i>	Zona 2	<i>Tricholoma sulphureum</i>	Zona 1
<i>Cortinarius bolaris</i>	Zona 1	<i>Xerocomus subtomentosus</i>	Zona 1

Deseño do roteiro micolóxico

Pódense caracterizar varios tipos de roteiros ou andainas micolóxicas: pedagóxica, divulgativa, micogastronómica, guiada e libre, contínuas ou descontínuas, segundo a finalidade para a que sexan creadas, o rendemento que delas se queira obter e as condicións do terreo (Roca Romalde, 2002; Myas, 2003; Turgalicia, 2009; Alonso, 2010, entre outros).

En base ós datos recollidos, propónse un “roteiro pedagóxico e divulgativo” (RPD), que permite ser visitado por unha gran cantidade de persoas coa intención de aprender a identificar cogomelos, así como coñecer algúns datos autoecolóxicos das especies. Este tipo de roteiro contraponse ás “sendas micogastronómicas”, nas que se permite a recollida de frutificacións, maioritariamente comestibles; neste caso a micodiversidade deteriórase e inflúese negativamente na conservación da zona (García, 2005).

Nos roteiros RPD o percorrido pode realizarse de

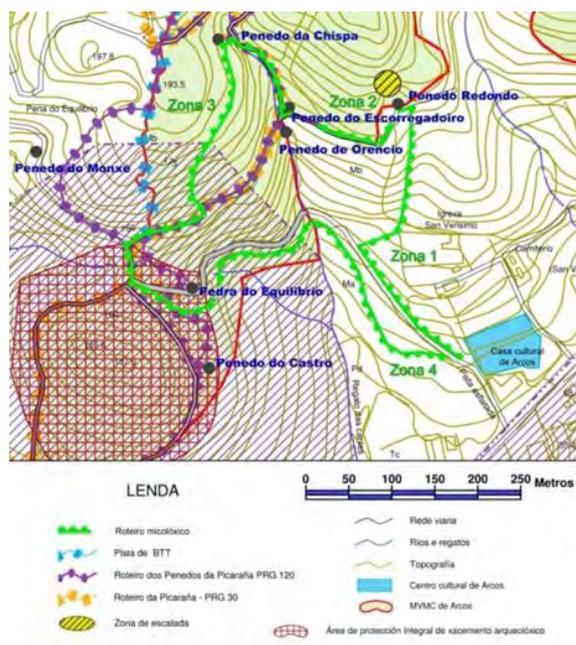


Figura 1. Percorrido do roteiro micolóxico e outras rutas do monte da Picaraña (modificado de Fernández Filgueira, 2014)

forma autónoma por parte do usuario, xa que o acceso ó monte é público e están indicadas de forma permanente as zonas interesantes.

Tamén poden desenvolverse os percorridos de forma guiada, acompañados dun monitor micolóxico, que coñeza o lugar de primeira man e que poida ampliar a información sobre os micotopos e a micobiota presentes, ademais de ter preparación en educación ambiental e traballo de grupos.

Neste proxecto, atendendo ás condicións edáficas, ecolóxicas, micolóxicas, forestais, etc. do monte da Picaraña, óptase por un deseño descontínuo da senda, no que non se segue un camiño concreto de forma permanente, senón que as especies sinaladas atópanse localizadas en diversos micotopos previamente seleccionados.

O roteiro, de 1,7 km aproximadamente, sitúase no suroeste do monte da Picaraña, zona seleccionada despois de realizar as mostraxes, xa que, ademais dos diversos micotopos de calidade, ten fácil acceso e está próxima á estrada N-120 e á Casa Cultural de Arcos (Figura 1).

O roteiro subdivídese en 4 zonas diferentes en función da vexetación presente e, polo tanto, da micobiota asociada (Figura 2).

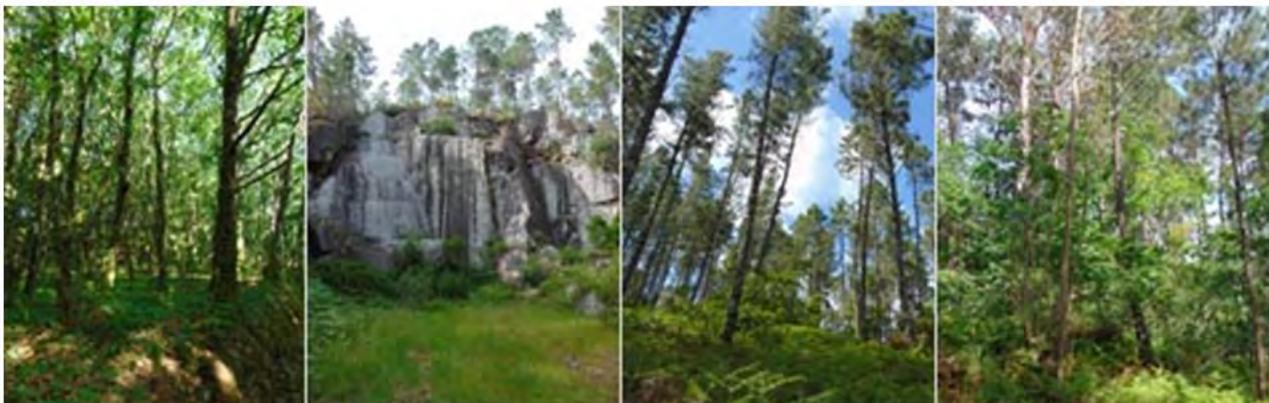


Figura 2. De esquerda a dereita: Zona 1, fraga. Zona2, prado. Zona 3, piñeirial. Zona 4, vexetación mixta.

A **Zona 1** (fraga/souto), sitúase na marxe leste da pista principal, corresponde a unha fraga composta por diferentes exemplares de carballo común (*Quercus robur*) e loureiros (*Laurus nobilis*), ademais dun pequeno souto (*Castanea sativa*). Trátase do micotopo con maior número de especies sinaladas, con 20 etiquetas (Táboa 2).

A **Zona 2** refírese a un prado, situado ó pe dun cantil de rocha, rodeado de piñeiros, e os camiños próximos. Aquí colócanse 7 etiquetas (Táboa 2).

A **Zona 3** é un amplo piñeirial de piñeiro do país (*Pinus radiata*), no que tamén se indican 7 taxóns (Táboa 2).

Por último, a **zona 4** refírese a unha área de vexetación mixta, situada na marxe oeste da pista principal asfaltada, composta por carballos (*Quercus robur*), piñeiro do país (*Pinus pinaster*), loureiros (*Laurus nobilis*), e eucaliptos (*Eucalyptus globulus*). Nesta última tamén se sinalizan 7 especies (Táboa 2).

Sinalización

Ademais da sinalización que indica o percorrido, deseñáronse 3 tipos diferentes de carteis e paneis informativos: 1) etiquetas referidas ás especies, 2) os paneis de zona, e 3) paneis xerais do roteiro.

1) As **etiquetas relativas ás especies** sinalan o lugar de frutificación do cogomelo e mostran diferentes aspectos do mesmo; son pequenos carteis de 148 x 210 mm nos que se sinaliza a situación dunha determinada especie dentro de cada zona. Mostra o nome científico da especie na parte superior, e debaixo, o nome común en galego e castelán cos que tamén é designada (Figura 3).



Figura 3. Exemplos de etiquetaxe de especie do Roteiro Micológico da Pícaraña.

Debaixo do nome, aparece unha breve descrición dos caracteres morfolóxicos e organolépticos máis importantes, seguida da coroloxía, a fenoloxía e outros aspectos culturais ou anecdóticos de interese. Á dereita da etiqueta, sitúase unha imaxe representativa do cogomelo, que axuda na identificación ou da unha idea do seu aspecto cando falten as frutificacións.

Na parte inferior esquerda aparece un código QR, que coa axuda do móbil, permite acceder a unha páxina de internet na que se amplíe a información do fungo.

Estes pequenos carteis teñen un fondo de cor, que responde a un código cromático en función da comestibilidade: vermellos sinalan especies tóxicas; amarelos, especies sen valor culinario, e verdes, especies comestibles (Figura 3).

2) Os **paneis de zona** achegan información sobre cada micotopo; son carteis de 420 x 594 mm coa función de sinalizar e mostrar información de interese sobre cada un deles (Figura 4). Desta forma, colocamos 4 paneis diferentes no roteiro, correspondentes cada un a unha das zonas micolóxicas.

Neles aparece indicado o número de zona e o nome na marxe superior esquerda. Debaixo, figura unha breve descrición do hábitat, facendo fincapé na súa vexetación e a repercusión na micobiota. Indícanse tamén aquelas especies de fungos características destes hábitats, que debido á súa coroloxía, fenoloxía ou tamaño, non foron sinalizadas cunha etiqueta propia.

Na marxe dereita do panel, aparecen diferentes ilustracións tanto das especies vexetais predominantes como dos cogomelos citados.



Figura 4. Exemplo de panel de zona do Roteiro Micológico da Pícaraña.

3) O **panel xeral**, no que se indica o percorrido e diferentes aspectos básicos para a realización deste, é un cartel de 1189 x 841 mm no que se detalla toda a información relevante (Figura 5).

Para comprendelo pódese subdividir en tres partes, na esquerda figuran os obxectivos e o deseño do roteiro, xunto coas características básicas dos cogomelos. Na parte superior dereita atópase un mapa co percorrido a seguir e as diferentes zonas do mesmo. E, na inferior aparecen as características do percorrido e a súa sinalización, ademais da explicación relativa ás etiquetas das especies.

Este panel de deseño único sitúase nas dúas entradas ó roteiro: xunto á Casa Cultural de Arcos e na Pena do Equilibrio.



Figura 5. Panel xeral do Roteiro Micolóxico da Pícarafa.

2. Centro de Interpretación Micolóxico

Como apoio ó roteiro micolóxico deséñase, para o comezo do percorrido, un centro de interpretación (CIM) no que o público interesado pode introducirse na micoloxía ou ampliar os seus coñecementos, e no que se poidan realizar charlas a grupos guiados que realicen á senda.

No centro dispónse unha exposición permanente sobre os macromicetos máis representativos dos ecosistemas a visitar (desecados, liofilizados ou en maquetas): fraga, piñeirai, prado e vexetación mixta.

Nas paredes colócanse paneis informativos de ámbito divulgativo relacionados coa micoloxía: taxonomía e morfoloxía (panel 1), reprodución e nutrición (panel 2), e usos (panel 3).

Así mesmo, durante o outono e primavera poden realizarse Xornadas Micolóxicas con talleres e charlas para ensinar a identificar cogomelos.

As instalacións previstas para o Centro de Interpretación Micolóxica son unha casa prefabricada con madeira de 6 x 5 metros (30 m²) (Figura 6). No interior diferéncianse 3 seccións: sala de exposicións (20 m²) coas 4 maquetas referidas aos micotopos galegos no seu interior; unha pequena biblioteca / tenda mediante a cal se poida ter acceso a material bibliográfico sobre micoloxía e mercar todo tipo de accesorios desta temática; e un aseo.

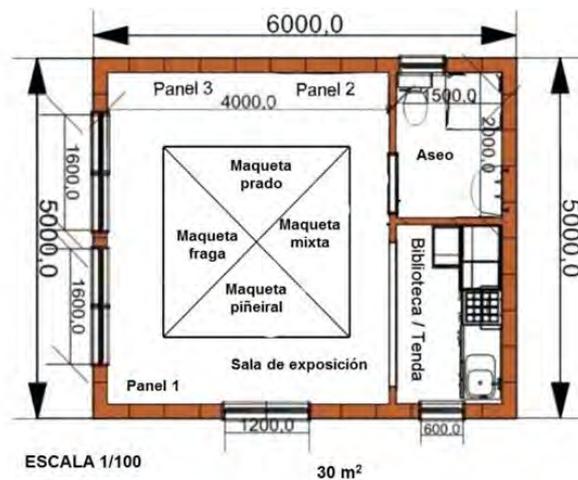


Figura 6. Instalacións do Centro de Interpretación Micolóxico da Picaraña (en planta).

PRESUPOSTOS DO PROXECTO

Neste apartado inclúese un presuposto aproximado para o desenvolvemento do Roteiro Micolóxico e do Centro de Interpretación. Preséntanse por separado xa que nunha primeira etapa pódese realizar o Roteiro e posteriormente, o Centro de Interpretación.

Presuposto do Roteiro Micolóxico				
NºID	Unidades	Nome	Prezo (€) unidade	Prezo (€) total
1	-	Acondicionamento do terreo (roza manual con maquinaria lixeira)	-	600
2	10	Valado de apoio de 200 x 140 cm con táboas en aspa. Madeira de piñeiro tratada	18,20	182
3	20	Baliza de sinalización cilíndrica 120 x 10 cm. Madeira de piñeiro tratada	17,70	354
4	2	Cartel indicador xeral 120 x 80 cm. Madeira de piñeiro tratada	230,30	460,60
5	41	Cartel indicador de especie 210 x 148 mm. Madeira de piñeiro tratada.	38,20	1566,20
6	4	Cartel indicador de micotopo 59 x 42 cm. Madeira de piñeiro tratada.	69,80	279,20
Total				3.442,00

Presuposto do Centro de Interpretación				
Nº ID	Unidades	Nome	Prezo (€) unidade	Prezo (€) total
1	1	Casa prefabricada de madeira illada (30 m ²). 600 x 500 cm. Con instalación de auga, electricidade e montaxe.	19.060	19.060
2	-	Transporte da casa e materiais	750	750
2	4	Estante madeira de piñeiro. 170 x 65 x 28 cm.	15,35	61,40
3	80	Exemplar de cogomelo liofilizado	20	1.600
4	1	Mesa aglomerado melamina 4C. 9m ²	525	525
5	4	Impresión de panel. 150 x 110 cm.	65	195
6	-	Material bibliográfico	-	1.000
Total				23.191,40

O Roteiro Micológico pode levarse a cabo por un presuposto aproximado de 3.442 € e o Centro de Interpretación resulta por un prezo aproximado de 23.191 €. No caso de desenvolver totalmente o proxecto resultan 26.633,40 €.

CONCLUSIÓNS

1. A diversidade da micobiota do monte da Picaraña é ampla e permite o deseño dun roteiro micolóxico.
2. As masas forestais, nalgún caso, previo acondicionamento (traballos silvícolas), permiten a diferenciación de 4 micotopos estables.
3. As características do monte da Picaraña aconsellan o deseño dun roteiro descontinuo, pedagóxico e divulgativo, e de realización autónoma ou guiada.
4. A localización do monte da Picaraña, preto de núcleos urbanos (Ponteareas, Porriño, Vigo, Mondariz, Mos) xustifica o deseño dun centro de interpretación micolóxico complementario ó roteiro.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, J. (2010). Proxecto AMIGA Recuperado o 14 de febreiro de 2015 de <http://instituciones.galiciadigital.com/nota/7423>.
- Bon, M. (2004). Champignons de France et D'Europe Occidentale. Paris. Flammarion eds.
- Breitenbach & Kränzlin (1984). Champignons de Suisse. Tome 1, Les Ascomycètes. Lucerne (Suiza). Mycologia eds. Lucerne (Suiza).
- Breitenbach & Kränzlin (1986). Champignons de Suisse, Tome 2, Champignons sans lames. Lucerne (Suiza). Mycologia eds.
- Breitenbach & Kränzlin (1991). Champignons de Suisse, Tome 3, Bolets et champignons à lames 1ère partie. Lucerne (Suiza). Mycologia eds.
- Breitenbach & Kränzlin (1995). Champignons de Suisse, Tome 4, Champignons à lames 2ème partie. Lucerne (Suiza). Mycologia eds.
- Breitenbach & Kränzlin (2000). Champignons de Suisse, Tome 5, Champignons à lames 3ème partie. Lucerne (Suiza). Mycologia eds.
- Carballeira, A., Devesa, C., Retuerto, R., Santillán, E., Uceda, F. (1983). Bioclimatología de Galicia. A Coruña. Fundación Pedro Barrié de la Maza.
- Castro, M. L. (1985). Macromycetes de pinares gallegos. Universidade de Santiago de Compostela (tesis doctoral, inédita).
- Castro, M. L. (2011). Apontamentos históricos da Macromicología de Galicia. Mykes 14: 43-77.
- Castro, M. L. & Freire, L. (1987). Historia da Macromicología de Galicia. Sociedade Galega de Historia Natural. Santiago.
- Concello de A Veiga (online). Proxecto TREGUMELOS. Recuperado o 25 de marzo de 2015 de www.aveiga.es/downloads/turismo_micologico.pdf
- Conesa Mor, J. A. (2000). Altres aprofitamentos forestals. Universitat de Lleida.
- Courtecuisse & Duhem (2005). Guía de los hongos de la península Ibérica, Europa y el norte de África. Barcelona. Omega
- De Frutos, P., Martínez, F., Esteban, S. (2011). El turismo micológico como fuente de ingresos y empleo en el medio rural. El caso de Castilla y León. Estudios de Economía Apliada, 29: 279-307.

- DOG. 2014. Decreto 50/2014, do 10 de abril, polo que se regulan os aproveitamentos madeireiros e leñosos, de cortiza, de pastos e micolóxicos en montes ou terreos forestais de xestión privada na Comunidade Autónoma de Galicia e o contido, organización e funcionamento do Rexistro de Empresas do Sector Forestal. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.
- Fernández de Ana Magán, F.J. & Rodríguez, A. (2000). Os cogumelos nos ecosistemas forestais galegos. Vigo. Edicións Xerais.
- García, I. (2005). Los hongos: otros recursos del bosque y su interés de conservación. IBADER, Serie Recursos 2: 45-50
- Instituto Geológico y Minero de España, 1980. Mapa geológico de España. MAGNA50–224 Ponteareas. Madrid. IGME.
- Jülich (1986). Guida alla determinazione dei funghi vol. 2: Aphyllophorales, Heterobasidiomycetes, Gastromycetes. Trento (Italia). Arte Grafiche Saturnia.
- Kränzlin (2005). Champignons de Suisse, Tome 6, Russulaceae. Lucerne (Suiza). Mycologia eds.
- Lago, M. (2008). Micoflora (Basidiomycotina) en los eucaliptales del N.O. de la Península Ibérica. Guineana 14: 1-502.
- Lázaro, A. (2008). El aprovechamiento micológico como vía de desarrollo rural en España: las facetas comercial y recreativa, Anal. Geogr., 28: 111-136.
- Martínez, E., Sánchez, J. Torrija, R. & Vega, J. (2011). Turismo micológico y desarrollo sostenible del medio rural en Soria. Madrid. Universidad Carlos III.
- Micovaldorba (online) Sendas Micológicas Recuperado o 15 de abril de 2015 de www.valdorba.org/mico_valdorba2/sendas_paseos_micologicos_seteros_valdorba_navarra_proyecto_life_micovaldorba_setas.shtml
- Molina Ibañez, M. & López Estebanz, M. (2004). Hacia un modelo de puesta en valor y gestión sostenible de la micología. Presentación del proyecto LIFE-medio ambiente MYAS: Micología Y Aprovechamiento Sostenible. Anais Ass. Micol. Pantorra 4: 5-14.
- Moreno-Arroyo, B. (2011). Balance del Plan Cussta en Andalucía Recuperado o 18 de xaneiro de 2015 de www.micosylva.com.
- Moser, (1986), Guida alla determinazione dei funghi. Vol. 1: Polyporales, Boletas, Agaricales, Russulales. Trento (Italia). Arte Grafiche Saturnia.
- Myas (2003). Mycología y aprovechamiento sostenible Recuperado o 18 de xaneiro de <http://www.myas.info>.
- Fernández Filgueira, B. (2014). Plan de ordenación do Monte Veciñal de Arcos, 2014. Asociación Forestal de Galicia. C.M.V.M.C. de Arcos, Ponteareas (inédito).
- Roca-Romalde, J.C. (2002). Parque micolóxico do río Beelle. Deputación da Coruña.
- TURGALICIA, (2009). Actividades micológicas Recuperado o 18 de xaneiro de 2015 de <http://www.turgalicia.es>.

DESARROLLO DE UN MÉTODO ANALÍTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE TOXINAS ACUÁTICAS DE ORIGEN NATURAL

Uso de QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Efficient, Rugged and Save) para tratamiento de muestra en el análisis de toxinas amnésicas

Jorge Giráldez Fernández

e- mail:jorgiraldez@alumnos.uvigo.es

Resumen

Trabajo Fin de Grado

Tutores:

- Ana Gago Martínez

Departamento de Química

Analítica y Alimentaria.

Facultad de Química

Universidad de Vigo.

En el presente trabajo se describe la aplicación de QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) para la extracción y purificación del ácido domoico (AD) en matrices biológicas complejas previo al análisis mediante HPLC-UV. Los resultados obtenidos muestran recuperaciones del 80 al 100%. La precisión del protocolo analítico fue expresada en términos de RSD (Robust standard deviation), estando entre 0 y 10%. Se compararon los resultados obtenidos tras la utilización de QuEChERS y el método oficial de extracción de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists).

INTRODUCCIÓN

Las toxinas amnésicas o ASP (*amnesic shellfish poisoning*), constituyen un importante grupo dentro de las toxinas marinas. El principal responsable de la toxicidad amnésica es el ácido domoico (AD) (Figura 1), un aminoácido neurotóxico. Es producido por diatomeas pertenecientes, en su mayoría, al género *Pseudonitzschia*, también se ha identificado en especies de rodófitas (*Chondria armata*, *Chondria baileyana* y *Alsidium corallinum*).

La primera crisis a la que se enfrentó la industria productora de marisco relacionada con el ácido domoico, se produjo en 1987, en la isla del Príncipe Eduardo (Canadá). La toxina se encontró en cultivos de mejillones (*Mytilus edulis*). Desde esto, el evento tóxico en la Isla del Príncipe Eduardo se ha repetido constantemente cada año, pero sin riesgo para la salud pública. Como consecuencia de ello, se implementó un programa de monitoreo más amplio (Wright 1995).

Desde entonces se han producidos numerosos episodios tóxicos en diferentes partes del mundo. En las costas gallegas el primer episodio se produjo en 1994.

Se demostró que el ácido domoico, además de ser el causante de la toxicidad del incidente de Canadá de 1987, estaba en concentraciones de hasta 1000mg/kg en los tejidos de mejillones. Esta concentración era fácilmente detectada por el bioensayo en ratones para la intoxicación paralizante (PSP) (AOAC 2000a), con unos síntomas claramente distintos a los producidos por toxinas paralizantes. Una vez se estableció el límite normativo en 20mg/kg, se hizo evidente que el bioensayo con ratones, con un límite de detección del ácido domoico de 40mg/kg, no se podía usar como método de seguimiento rutinario.

El primer método analítico por vía química que se utilizó fue la cromatografía líquida de alta eficacia con detección por ultravioleta (HPLC-UV) y sigue siendo el método más común y oficial para el análisis de esta toxina. Este método también fue validado por el Programa de Métodos Oficiales de la AOAC

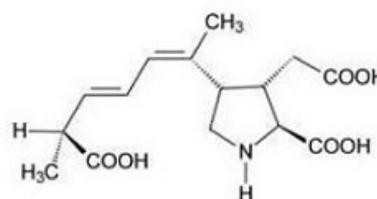


Figura 1: Estructura del ácido domoico (Ohfuné y Tomita 1982).

International (AOAC 2000b). No obstante, también se ha estudiado la utilización de otras técnicas analíticas, como la cromatografía en capa fina, la electroforesis capilar y la cromatografía líquida con detección por espectrometría de masas.

La preparación de la muestra es un punto clave en el análisis químico, de ella dependerá la eficacia y fiabilidad del mismo. La complejidad de esta etapa está influida por el tipo de matriz. Cuando esta es orgánica, la presencia de componentes endógenos con propiedades químicas análogas al analito a estudiar puede afectar a la interpretación de los resultados, pues podrían actuar como sustancias interferentes. Por esta razón, en el protocolo de preparación de muestra, se introducen etapas de extracción y purificación, para permitir el aislamiento de dichas sustancias interferentes.

El protocolo de preparación de muestra habitual para el ácido domoico y otros analitos incluye una etapa de purificación mediante extracción en fase sólida.

La extracción en fase sólida tiene entre sus objetivos prioritarios los siguientes:

- Purificación del extracto de la muestra. En la purificación, se puede retener el analito de interés y lavar las interferencias, o bien, retener las interferencias y eluir el analito. De este modo, se evita que una o varias sustancias interferentes puedan enmascarar al analito de interés, al coeluir con este durante el análisis cromatográfico.
- Eliminar la matriz de la muestra. La extracción en fase sólida permite separar la matriz de la muestra.
- La concentración del analito. Para ello hacemos pasar un largo volumen de nuestra muestra a través de la fase sólida que retendrá todos los compuestos de interés. Y a continuación estos compuestos de interés serán eluidos en un volumen más pequeño de disolvente, pudiendo ser de fácil concentración (como un disolvente orgánico volátil). Las etapas de la fase sólida se describen más adelante.

En el presente trabajo se ha usado como método de preparación de muestra control la SPE-SAX (*Solid Phase Extraction-Strong Anion Exchange*) (Quilliam 1995). En este procedimiento se utiliza una columna de intercambio aniónico como fase estacionaria en la extracción en fase sólida. Esta fase estacionaria SAX es una resina intercambiadora fuerte de aniones, el grupo funcional es el trimetilpropilamonio. Es el intercambiador de aniones más fuerte del que se dispone. Debido a que su grupo funcional es una sal de amonio cuaternaria, el adsorbente está siempre cargado. Es un buen adsorbente para la retención de aniones débilmente básicos como es el caso de los ácidos carboxílicos.

Sin embargo en los últimos años se están investigando alternativas a la SPE, alternativas que podrían ser útiles en la preparación de muestras en matrices complejas. La búsqueda de alternativas modernas tiene como objetivo principal el reducir la tediosidad y el tiempo de preparación de muestra, así como los errores inherentes a la misma como resultado de una menos manipulación por parte del operador, por el hecho de simplificar los protocolos de preparación de muestra.

La alternativa mediante la utilización de QuEChERS surgió con el objetivo anteriormente citado y fue inicialmente desarrollado para el análisis de pesticidas en matrices vegetales. Este método de preparación de muestra se compone generalmente de dos partes, una extracción de la matriz y una extracción en fase sólida dispersiva (dSPE). La extracción de la matriz se lleva a cabo usando acetonitrilo como extractante, un desecante ($MgSO_4$) y una sal (NaCl), con el fin de separar la fase acuosa de la orgánica. Una vez se obtiene la fase orgánica (el acetonitrilo), se realiza la dSPE, esta vez añadiendo, además de NaCl, un sorvente, pudiendo ser, C18, PSA (amina primaria secundaria), GCB (carbón grafitado), o una combinación de varios (Shi *et al.* 2012; Zhao y Stevens 2012).

En base a lo descrito anteriormente sobre la necesidad de la implementación de los protocolos de preparación de muestra, el objetivo de este trabajo se centró en el desarrollo de un protocolo de preparación de muestra alternativo para la determinación de toxinas amnésicas en alimentos de origen marino.

El desarrollo de este método alternativo permitirá reducir la tediosidad y tiempo de preparación de muestra, así como la reducción de errores asociados a la misma tal y como se describió anteriormente.

Para llevar a cabo nuestro objetivo, se aplicó la metodología mediante QuEChERS en base a las características antes definidas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estándares

Se utilizaron disoluciones estándar preparadas a partir de una disolución de ácido domoico de referencia NRC-CRM-DA-f, con una concentración de 101,8µg/mL. Las disoluciones se prepararon utilizando como disolvente MeOH/H₂O (1:1) v/v.

Muestras

Muestras naturalmente contaminadas cedidas por el Laboratorio de Referencia de la Unión Europea de Biotoxinas Marinas:

- EURLMB/14/A/01, HOMOGENEIZADO DE MEJILLÓN, valor asignado en ejercicio intercomparativo 20.4 mg AD+AE/kg (límite legal). RSD (n=38): 2.5 mg/kg.
- EURLMB/14/A/02, HOMOGENEIZADO DE VIEIRA, valor asignado en ejercicio intercomparativo 10.8 mg AD+AE/kg (1/2 límite legal). RSD (n=37): 1.3 mg/kg.

Material de referencia NRC-CRM-ASP-Mus-d, lot. 2011 12, unit. 455 49±3 mg AD+AE/kg.

- El CRM-ASP-Mus-d es un homogeneizado esterilizado térmicamente de tejido de mejillón (*Mytilus edulis*) contaminado con ácido domoico (DA) y algunos de sus isómeros, que posee un valor certificado del analito objeto de estudio.

Muestras no contaminadas (blanco) procedentes de distintos mercados de Vigo. Se comprueba que no hay ácido domoico en las muestras.

- Blanco mejillón (*Mytilus galloprovincialis* Lamark, 1819).
- Blanco vieira (*Pecten maximus* (Linneo, 1758)).

Columna para SPE

Columnas Supelco: Supelclean LC-SAX; 3 mL tubes; reorder no. 57017; lot no. 1595601.

HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*)

Para la detección y cuantificación de la toxina, se usará como técnica la HPLC-UV. Se usa una longitud de onda de 242 nm, donde el ácido domoico presenta su máximo de absorción. Se usan fases móviles con pH ácido para evitar la ionización de los grupos carboxilo y fases estacionarias octadecilsilíce (C18) (Quilliam *et al* 1989), de modo que se consigue una separación eficaz del ácido domoico y sus isómeros (Tabla 1).

Tabla 1. Condiciones Cromatográficas del HPLC-UV aplicadas en el análisis del ácido domoico.

Equipo HPLC	PU-980 Jasco
Columna	Fase inversa C18 Phenomenex Luna 100 A, 5 µm, 250 x 4,6 mm
Fase móvil	Acetonitrilo/agua 12%(v/v) con 0,2%(v/v) de ácido fórmico
Flujo	1 mL/min
Detección UV	Jasco UV-1575 (λ=242nm)

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Estudios de calibrado

La calibración se ha llevado a cabo mediante el análisis de estándares de concentraciones diferentes, siendo la menos concentrada de 0.1 µg/mL y la más concentrada de 5 µg/mL. Por lo que las muestras que se analicen, deberán estar dentro de este rango de concentraciones, donde se sabe que la relación señal-concentración es lineal.

Procedimiento de extracción para el AD

Extracción en medio ácido

Este método de extracción ha sido propuesto por Lawrence (Lawrence *et al.* 1989; Lawrence *et al.* 1991) y aceptado como oficial por la AOAC, fue una adaptación del procedimiento de extracción estandarizado para el bioensayo con ratón de toxinas PSP, que surgió a raíz del primer episodio de toxicidad amnésica que tuvo lugar en Canadá.

En este procedimiento de extracción se propone el uso del HCl 0,1M como disolvente.

Extracción en medio metanol acuoso

Este procedimiento de extracción se basa en una extracción en frío, utilizando como disolvente MeOH/H₂O (1:1). Dicho procedimiento fue propuesto por Quilliam *et al.* (1991).

Este es el procedimiento de extracción usado en el presente trabajo. Pues se observó que, en términos de porcentaje de recuperación, dicho procedimiento es más eficaz y presenta una menor degradación con respecto a la extracción en medio ácido.

Se parte de un gramo de tejido homogeneizado al que se le añaden 4mL de MeOH/H₂O (1:1). Esta mezcla es homogeneizada y centrifugada. El sobrenadante obtenido se decanta y se filtra. Si el extracto va a pasar por una etapa de purificación, este podrá filtrarse después.

Extracción en fase sólida

Etapas de la extracción en fase sólida:

En este caso se usará el procedimiento de purificación descrito por Quilliam (1995).

Una vez se obtiene un extracto como se ha descrito anteriormente, se llevará a cabo la etapa de clean-up (purificación) usando una columna de intercambio aniónico (SAX). Etapas del clean-up:

Acondicionamiento: Se hacen pasar a través de la columna 6mL de MeOH seguidos de 3mL de H₂O y finalmente 3 mL de MeOH/H₂O (1:1). Esto se hace para preparar la columna para su uso.

Carga: se hacen pasar 5mL del extracto a estudiar.

Lavado: se lava la columna con 3 mL de MeOH/H₂O (1:1). Con esto se consigue eluir los compuestos que no han sido retenidos por la columna de purificación, el ácido domoico estará retenido en la columna.

Elución: se recoge el eluato con 5 mL de HCOOH 0,1 M. Puesto que el ácido domoico queda retenido por el sorbente SAX, será necesario el uso de un compuesto afín al analito para poder eluirlo y que sea posible llevar a cabo su análisis.

Todo lo que se inyecte en el HPLC (eluciones, cargas, lavados, extractos, etc.) ha de ser debidamente filtrado (0,45 µm).

QuEChERS

Se han usado dos métodos de extracción QuEChERS, basados en dos protocolos ya descritos: un protocolo para azaspirácidos descrito por Han *et al.* (2013) y otro para toxinas lipofílicas descrito por Rúbies *et al.* (2015).

Protocolo descrito por Han *et al.* (2013)

Para hacer la extracción, se parte de 2 g de muestra homogeneizada a los que se les añade 5mL AcN acuoso al 85%, 1g de MgSO₄ anhidro y 0.4 g NaCl en un tubo falcon. Esta mezcla se homogeniza y se centrifuga. Se recoge el sobrenadante obtenido en un matraz de 5 mL y se reserva.

Añadimos 2.5 mL de AcN acuoso al 85% al residuo de la centrifugación. Se homogeniza y se centrifuga. Y se enrasa el matraz que contiene el primer sobrenadante con el obtenido.

El extracto se filtra con filtros de 0.45 µm de diámetro de poro. A partir de 3 mL de extracto filtrado se realizará la purificación, añadiendo 0.15 g de lichoprep RP-18 y 0.3 g de MgSO₄ anhidro. Esta mezcla se agitará y centrifugará. Por último se toma una alícuota de 1.5 mL de sobrenadante para evaporar en rotavapor y seguidamente redissolver en 0.3 mL de AcN acuoso al 80%.

Antes de analizar las muestras, estas serán debidamente filtradas.

Protocolo descrito por Rúbies *et al.* (2015)

Para realizar la extracción se parte de 1 g de muestra homogeneizada a los que se les añade 1 mL de K_2HPO_4 1M, se mezcla con vórtex y se deja reposar durante 20 min. Seguidamente se añaden 5 mL de AcN y se vuelve a mezclar con vortex durante 30 s. Se añaden 0.1g de NaCl y 0.5 g de $MgSO_4$ anhidro, se agita con intelli-mixer durante 10 min, se centrifuga y se recoge el sobrenadante en un tubo falcon.

Se añaden 0.15 g de $MgSO_4$ anhidro y 0.025 g de licoprep RP-18 al sobrenadante recogido para realizar la purificación. Se agita con vortex durante 30 segundos y con intelli-mixer durante 6 minutos. Se centrifuga y se recoge el sobrenadante en un matraz de 5 mL.

Se añaden 2 mL de AcN al residuo de la centrifugación anterior, se agita con vórtex e intelli-mixer y se centrifuga. Se enrasa el matraz que contiene el primer sobrenadante con el obtenido.

Se toma una alícuota de 1 mL para llevar a sequedad con corriente de nitrógeno y se reconstituye con MeOH al 100 %. De modo que se obtienen dos alícuotas para analizar, una en MeOH y otra en AcN.

Antes de analizar las muestras, estas serán debidamente filtradas.

Estudio de extracciones

Se comparan, usando el material de referencia, distintas extracciones en AcN/ H_2O con el fin de encontrar una extracción eficiente compatible con el QuEChERS.

El protocolo usado es similar al descrito anteriormente en el apartado "Extracción en medio metanol acuoso". Se cambia el extractante y en un caso la proporción masa de tejido/volumen de extractante usado en el protocolo descrito en el apartado mencionado.

Se comparan los siguientes extractantes: AcN/ H_2O 10 %, AcN/ H_2O 20 %, AcN/ H_2O 50 %, AcN/ H_2O 50 % (proporción: 1 g tejido/8 mL extractante).

Se comprueba también si se pueden apreciar fases entre el acetonitrilo y el agua, mezclando NaCl con el extractante a evaluar y seguidamente centrifugando.

Protocolo para ácido domoico basado en el descrito por Han *et al.* (2013)

Para hacer la extracción se parte de 1 g de muestra homogeneizada a los que se les añade 8 mL AcN acuoso al 50 %, 0.64 g NaCl en un tubo falcon. Esta mezcla se homogeniza con vórtex y ultraturrax y se centrifuga. Se obtendrá un sobrenadante donde se observan dos fases, una acuosa (la inferior), y una de acetonitrilo (la superior). Se recogen los dos sobrenadantes, el sobrenadante acuoso se recoge en un matraz de 5 mL. Estos dos sobrenadantes, serán analizados para evaluar el funcionamiento del protocolo analítico, donde el extracto de acetonitrilo será un control negativo y el extracto acuoso será cuantificable.

El extracto acuoso se filtra con filtros de $0.45\mu m$ de diámetro de poro. A partir de 3mL de este extracto filtrado se realizará la purificación, añadiendo 0.15g de lichoprep RP-18. Esta mezcla se agitará y centrifugará.

Antes de analizar las muestras, estas serán debidamente filtradas.

Estudios de recuperación

Para poder hallar los porcentajes de recuperación de cada matriz, es necesario realizar una adición estándar: contaminar, con una concentración conocida de toxina, muestras blanco (sin AD). De modo que, una vez se haya completado su análisis, dispondremos de un valor teórico y un valor experimental con el que calcular el porcentaje de recuperación de una matriz dada.

Las muestras blanco, una vez comprobado que no hay presencia de ácido domoico, se procederá a su contaminación del siguiente modo:

- Se pesa la masa que interese en un vaso de precipitados y seguidamente se añade el volumen necesario de estándar de AD. Se homogeniza con un homogeneizador magnético durante una hora.
- Durante los últimos 5 minutos se añaden 5mL de disolvente (MeOH/ H_2O (1:1) o AcN/ H_2O (1:1)). Posteriormente se pasa a un tubo cónico lavando con el disolvente hasta llegar al volumen necesario según la masa de muestra pesada (se cuenta con los 5mL anteriores).
- Se homogeniza con un ultra-turrax, se centrifuga durante 15 minutos y se recoge el sobrenadante.

Este será enrasado en un matraz llevándolo al volumen de disolvente necesitado para la extracción.

Las muestras blanco usadas, han sido contaminadas con una concentración de AD final de 0,125µg/mL, resultando ser la concentración teórica en el tejido de 0,5mg/kg o 1mg/kg dependiendo del tipo de extracción.

Filtrado de muestras

Tanto los filtros de 0.22µm como los de 0.45µm de diámetro de poro, ya sean Millex-HV o Ultrafree-MC (dependiendo del volumen de muestra), se usan para hacer compatibles los extractos a analizar en general, con los equipos. Sin embargo, los Amicon Ultra son utilizados para filtrar proteínas y sales de los extractos que se obtienen con el protocolo de QuEChERS desarrollado en el presente trabajo, haciendo compatibles también estos extractos con el equipo. El uso de estos filtros no excluye el uso de los anteriormente citados.

RESULTADOS Y DISCURSIÓN

Estudios de calibración.

Para evaluar la linealidad se preparan disoluciones estándar de concentración 0,1; 0,5; 1; 2,5 y 5 µg/mL, tal y como se describió anteriormente (Figura 2).

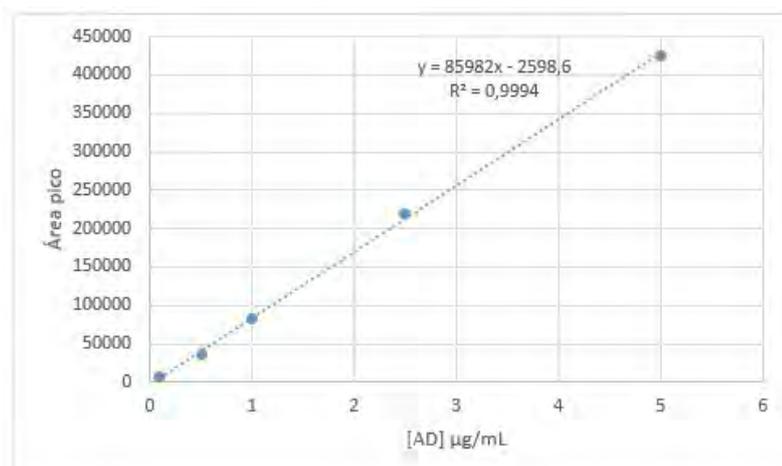


Figura 2. Recta de calibrado del HPLC-UV usado en el estudio. "Área pico" se refiere al área que se integra a partir de la señal que nos aporta el equipo, y "[AD] µg/mL" se refiere a la concentración de ácido domoico de los estándares usados en la calibración. También se aporta la ecuación de la recta y su coeficiente de determinación (R²).

Determinación de los límites de detección y cuantificación

El límite de detección (LOD) se define como la concentración que proporciona una señal en el instrumento significativamente diferente de la señal de una muestra en blanco o del ruido de fondo. Para hallar dicho límite, se establece una relación señal/ruido de 3 S/R (Tabla 2).

El límite de cuantificación (LOQ) se define como el límite más bajo para mediciones cuantitativamente precisas. Para hallar dicho límite, se establece una relación señal/ruido de 10 S/R (Tabla 2).

Tabla 2: Límites de Detección y Cuantificación para la técnica usada.

LOD (µg AD/mL) [20 µL inyectados]	0.027
LOQ (µg AD/mL) [20 µL inyectados]	0.09

SPE-SAX

Valores de recuperación (%) obtenidos en las diferentes matrices

Para el cálculo de los siguientes porcentajes de recuperación, se realizó una adición estándar, tanto en mejillón como en vieira, de 0.5 µg/g. Recuperación en mejillón (Tabla 3) y recuperación en vieira (Tabla 4).

Tabla 3. Recuperaciones (%) halladas para la matriz de mejillón.

	Recuperación de AD (%)	RSD (%) N=3
Sin purificación	91,04	6,8
Con purificación	84,77	4,4

Recuperación en vieira:

Tabla 4. Recuperaciones (%) halladas para la matriz de vieira.

	Recuperación de AD (%)	RSD (%) N=3
Sin purificación	90,80	2,3
Con purificación	82,03	2,8

Concentraciones obtenidas en las diferentes matrices

Muestra EURLMB/14/A/01, HOMOGENEIZADO DE MEJILLÓN, valor asignado en ejercicio intercomparativo 20.4 mg AD+AE/kg (límite legal), RSD (n=38): 2,5 mg/kg (Tabla 5).

Tabla 5. Concentraciones de AD (µg/g) obtenidas al analizar mediante SPE-SAX la muestra EURLMB/14/A/01, aplicando los porcentajes de recuperación de la matriz correspondiente).

	[AD] µg/g	RSD (%) N=3
Extracto sin purificación	22,636	9,6
Extracto con purificación	22,486	1,6

Muestra EURLMB/14/A/02, HOMOGENEIZADO DE VIEIRA, valor asignado en ejercicio intercomparativo 10.8 mg AD+AE/kg (1/2 límite legal), RSD (n=37): 1,3 mg/kg (Tabla 6)

Tabla 6: Concentraciones de AD (µg/g) obtenidas al analizar mediante SPE-SAX la muestra EURLMB/14/A/02, aplicando los porcentajes de recuperación de la matriz correspondiente.

	[AD] µg/g	RSD (%) N=3
Extracto sin purificación	9,924	1,4
Extracto con purificación	9,054	3,5

Material de referencia NRC-CRM-ASP-Mus-d

Material de referencia NRC-CRM-ASP-Mus-d, lot. 2011 12, unit. 455 49±3 mg AD+AE/kg (Tabla 7).

Tabla 7: Recuperaciones (%) halladas para el material de referencia.

	Recuperación de AD (%)	RSD (%) N=3
Sin purificación	95,40	2,5
Con purificación	84,46	2,4

De acuerdo a los valores de recuperación obtenidos y reflejados en la tabla 7, se puede concluir que dichos valores son adecuados y se corresponden con los obtenidos para el material de referencia.

Las concentraciones de ácido domoico obtenidas para las distintas matrices contaminadas (tablas 5 y 6) concuerdan también con sus valores asignados.

QuEChERS

Valores de recuperación (%) obtenidos en los protocolos descritos por Han *et al.* (2013) y Rúbies *et al.* (2015)

Se usa vieira como matriz con una adición estándar de [AD] = 4,581 µg/g, para la realización de los siguientes dos protocolos de QuEChERS.

Protocolo usado: Han *et al.* (2013) (Tabla 8):

Tabla 8: Resultados obtenidos para el protocolo QuEChERS desarrollado a partir del protocolo propuesto por Han *et al.* (2013).

[AD] µg/g	% Recuperación
ND	ND*

Protocolo utilizado: Rúbies *et al.* (2015)(Tabla 9):

Tabla 9: Resultados obtenidos para el protocolo QuEChERS desarrollado a partir del protocolo propuesto por Rúbies *et al.* (2015).

	[AD] µg/g	% Recuperación
AcN	ND*	ND*
MeOH	NC**	NC**

La ausencia de recuperación en los dos casos puede deberse a la solubilidad del AD, puesto que este es más hidrofílico que lipofílico (Falk *et al.*, 1991). Esto afecta al primer punto crítico del protocolo, el disolvente usado en la extracción, el AcN. Otro factor que afectaría a la recuperación del AD, sería el uso del MgSO4 anhidro, puesto que este se utiliza como desecante.

Estudio de extracciones

Tabla 10: Resultados obtenidos para los distintos extractantes. Proporción: 1g tejido/8 mL extractante

Extractante:	Recuperación (%)	Separación de fases
AcN/H ₂ O 10%	91,59	No
AcN/H ₂ O 20%	93,26	No
AcN/H ₂ O 50%	86,50	Si
AcN/H ₂ O 50%*	110,70	Si

Como se puede observar en la tabla 10, de los extractantes evaluados solo se podría usar el AcN/H₂O 50%, ya sean 4 mL u 8mL para cada gramo de tejido, puesto que hay separación de fases entre el agua y el AcN. Es en el segundo caso donde se obtiene una mejor recuperación, por lo que se usará esta proporción de 8 mL de extractante por cada g de tejido.

Valores de recuperación (%) obtenidos en las diferentes matrices en el protocolo para ácido domoico basado en el descrito por Han *et al.* (2013)

Para el cálculo de los siguientes porcentajes de recuperación, se realizó una adición estándar, tanto en mejillón como en vieira, de 1 µg/g.

Porcentaje de recuperación en mejillones:

Tabla 11: Recuperaciones (%) halladas para la matriz de mejillón.

	Recuperación de AD (%)	RSD (%) N=3
Sin purificación	678,56	1,9
Con purificación	90,72	4,7

Porcentaje de recuperación en vieiras:

Tabla 12: Recuperaciones (%) halladas para la matriz de vieira.

	Recuperación de AD (%)	RSD (%) N=3
Sin purificación	192,56	0,1
Con purificación	91,72	2,2

En las tablas 11 y 12 se observa que, para los extractos sin purificación, los porcentajes de recuperación obtenidos son muy elevados, sin embargo una vez el extracto es purificado (se completa todo el protocolo), estos porcentajes de recuperación pasan a tener unos valores aceptables (100±20 %). Esto puede significar, que con el cambio de extractante, se extraigan compuestos que con una extracción metanólica no se extraían. El disolvente ahora es agua, por lo que habrá compuestos hidrofílicos que en un disolvente parcialmente orgánico (MeOH/H₂O 50 %) podrían no aparecer y eluir en la columna cromatográfica en unos tiempos de retención similares a los del ácido domoico.

Sin embargo, después de una etapa de purificación con C18, un sorbente apolar, esta coelución de compuestos desconocidos se elimina, por lo que cabría pensar que dichos compuestos no son polares. Para poder aclarar esta cuestión, sería necesario una confirmación que se llevaría a cabo mediante espectrofotometría de masas realizando un escáner de las masas objeto de estudio.

Concentraciones obtenidas en las diferentes matrices en el protocolo para ácido domoico basado en el descrito por Han *et al.* (2013)

Muestra EURLMB/14/A/01, homogeneizado de mejillón, valor asignado en ejercicio intercomparativo 20.4 mg AD+AE/kg (límite legal), RSD (n=38): 2.5 mg/kg:

Tabla 13: Concentraciones de AD (µg/g) obtenidas al analizar mediante QuEChERS la muestra de referencia EURLMB/14/A/01, sin aplicar los porcentajes de recuperación de la matriz correspondiente.

	[AD] µg/g	RSD (%) N=3
Extracto sin purificación	15,898	2,9
Extracto con purificación	17,500	1,3

Muestra EURLMB/14/A/02, HOMOGENEIZADO DE VIEIRA, valor asignado en ejercicio intercomparativo 10.8 mg AD+AE/kg (1/2 límite legal), RSD (n=37): 1,3 mg/kg:

Tabla 14: Concentraciones de AD (µg/g) obtenidas al analizar mediante QuEChERS la muestra de referencia EURLMB/14/A/02, sin aplicar los porcentajes de recuperación de la matriz correspondiente.

	[AD] µg/g	RSD (%) N=3
Extracto sin purificación	9,262	4,4
Extracto con purificación	7,669	3,7

Valores para las muestras naturalmente contaminadas, EURLMB/14/A/01 y EURLMB/14/A/02, aplicando las recuperaciones obtenidas (extractos con purificación).

Tabla 15: Concentraciones de AD ($\mu\text{g/g}$) obtenidas después de llevar a cabo todo el protocolo de QuEChERS a las muestras de referencia EURLMB/14/A/01 y EURLMB/14/A/02, aplicando los porcentajes de recuperación de la matriz correspondiente.

	[AD] $\mu\text{g/g}$
EURLMB/14/A/01	19,290
EURLMB/14/A/02	8,361

Si analizamos los resultados obtenidos aplicando el protocolo íntegro de QuEChERS para AD desarrollado en el presente trabajo, se observa que, aplicando los debidos porcentajes de recuperación, los valores obtenidos para las matrices de mejillón y vieira naturalmente contaminadas (tabla 15), contrastan con los valores asignados para las muestras del EURLMB.

Valores de recuperación (%) obtenidos en el material de referencia NRC-CRM-ASP-Mus-d

Tabla 16: Recuperaciones (%) halladas para el material de referencia.

	Recuperación de AD (%)	RSD (%) N=3
Sin purificación	64,89	0,8
Con purificación	75,20	1,8

Como se puede observar en la tabla 16, los porcentajes de recuperación obtenidos en el material de referencia certificado no se corresponden con los hallados en la adición estándar de mejillón. Esto puede deberse a una diferencia de compuestos endógenos del organismo y a la eficacia de la etapa de purificación. El C18 no elimina el triptófano y este aminoácido es una interferencia importante en el análisis de las toxinas amnésicas. Esto podría solucionarse optimizando esta etapa usando otros sorbentes o combinaciones de los mismos, pudiendo ser una opción el uso de la combinación entre el C18 y el SAX.

También se puede observar en las tablas 13 y 16, que la concentración de AD (en el primer caso) y el porcentaje de recuperación del mismo (en el segundo caso) aumentan una vez completada la etapa de purificación con respecto a la etapa de extracción sin purificación. Esto podría suponer que el protocolo de QuEChERS realizado disminuye el efecto matriz, evitando una infravaloración en la cuantificación del analito de interés en mejillón (*Mytillus galloprovincialis*, en el primer caso y *Mytillus edulis* en el segundo).

5.6 Ejemplos de cromatogramas obtenidos a lo largo del desarrollo experimental

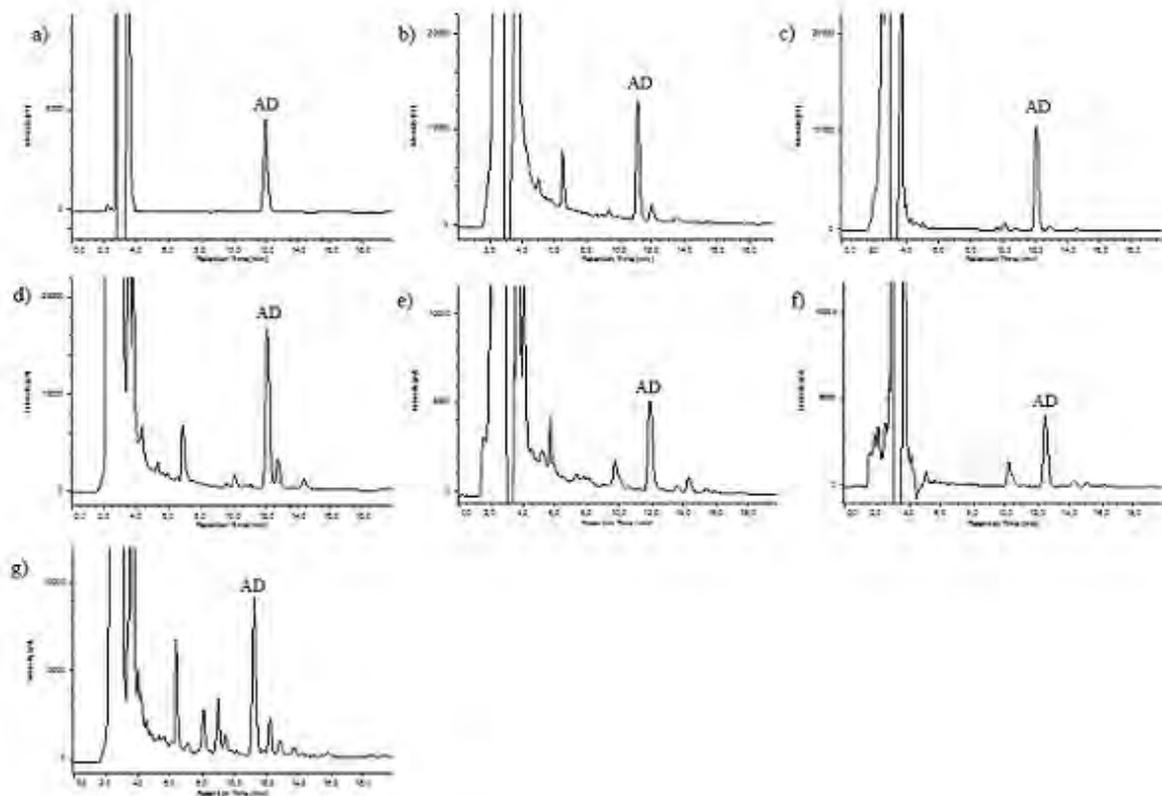


Figura 3: Cromatogramas pertenecientes a: **a)** Estándar de AD de concentración 1 µg/mL; **b)** Extracción en medio metanol acuoso de tejido de mejillón; **c)** SPE-SAX de tejido de mejillón; **d)** QuEChERS de tejido de mejillón; **e)** Extracción en medio metanol acuoso de tejido de vieira; **f)** SPE-SAX de tejido de vieira; **g)** QuEChERS de tejido de vieira.

CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un protocolo de preparación de muestra alternativo mediante QuEChERS para la determinación de toxinas amnésicas en alimentos de origen marino, que en principio ofrece buenos resultados pero que sería necesaria su optimización para aumentar la eficacia proporcionada por la citada metodología de QuEChERS y consecuentemente incrementar la eficacia y fiabilidad del análisis.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC International (2000a). AOAC Official Method 959.08. Paralytic shellfish poison, biological method. In: W. Horwitz (Ed.), Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International, Gaithersburg, Maryland, USA.
- AOAC International (2000b). AOAC Official Method 991.26. Domoic acid in mussels, liquid chromatographic method. In: W. Horwitz (Ed.), Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Falk, M., Seto, P. F., Walter, JA. (1991). Solubility of domoic acid in water and in non-aqueous solvents. Can. J. Chem. 69: 1740-1744.
- Han, S., Wang, P., Liu, Y., Gu, J., Wang, J. (2013). Determination of azaspirazids in edible shellfish by a modified QuEChERS method coupled with ultra high performance liquid chromatography triple quadrupole mass spectrometry. Chin. J. Chromatogr. 31: 939-945.

- Lawrence, J. F., Charbonneau, C. F., Ménard, C., Quilliam, M. A., Sim, P.G. (1989). Liquid chromatographic determination of domoic acid in shellfish products using the paralytic shellfish poison extraction procedure of the association of chemists. *J. Chromatogr.* 462: 349-356.
- Lawrence, J. F., Charbonneau, C. F., Ménard, C. (1991). Liquid chromatographic determination of domoic acid in mussels, using AOAC paralytic shellfish poison extraction procedure: collaborative study. *J. Assoc. Anal. Chem.* 74: 68-72.
- Ohfuné, Y., Tomita, M. (1982). Total synthesis of (-)-domoic acid. A revision of the original structure. *J. Am. Chem. Soc.* 104: 3511-3513.
- Quilliam, M. A. (1995). Seafood toxins. *J. AOAC Int.* 78: 144-148.
- Quilliam, M. A., Sim, P. G., McCulloch, A. W., McInnes, A. G. (1989). High-performance liquid chromatography of domoic acid, a marine neurotoxin, with application to shellfish and plankton. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 36: 139-154.
- Quilliam, M. A., Xie, M., Hardstaff, W. R. (1991). Rapid extraction and clean-up procedure for determination of domoic acid in tissue sample. Technical Report, No. 64, Institute of Marine Bioscience National Research Council Canada, Halifax, NS, Canada.
- Rúbies, A., Muñoz, A., Gibert, D., Cortés, N., Granados, M. (2015). New method for the analysis of lipophilic marine biotoxins in fresh and canned bivalves by liquid chromatography coupled to high resolution mass spectrometry: A quick, easy, cheap, efficient, rugged, safe approach. *J. Chromatogr. A.* 1386: 62-73.
- Shi, X., Jin, F., Huang, Y., Du, X., Li, C., Wang, H., Shao, H., Jin, M., Wang, J. (2012). Simultaneous determination of five plant growth regulators in fruits by modified quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe (QuEChERS) extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 60: 60-65.
- Wright, J.L.C. (1995). Dealing with seafood toxins: present approaches and future options. *Food Res. Int.* 28: 347-358.
- Zhao, L., Stevens, J. (2012). Determination of sulfonamide antibiotics in bovine liver using Agilent Bond Elut QuEChERS EN kits by LC/MS/MS. Agilent technologies, Inc. 2850 Centerville Road Wilmington, DE 19808.

CONSERVACIÓN DE APRENDIZAJE EN PLANARIAS DESPUÉS DE SUFRIR DECAPITACIÓN Y REGENERACIÓN DEL TEJIDO NERVIOSO: UNA REVISIÓN DE LA CONTROVERSIA Y PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO.

Juán Gefael Borrás, Hécto Fernández Nieto, Braís Piñeiro Fernández
 e- mail: jgefaell@alumnos.uvigo.es, efigue22h@gmail.com, pineirobrais1a@gmail.com

Resumen

Trabajo Zoología I:
 Invertebrados no artrópodos.
 Alumnos 2º Grado en Biología
 Profesora:
 - Fuencista Mariño Callejo
 Facultad de Biología
 Universidad de Vigo.

El presente artículo pretende ser una revisión introductoria a la investigación experimental pasada y presente acerca de la conservación del aprendizaje en planarias que previamente han sufrido decapitación y regeneración de la cabeza (de ahora en adelante, CADD, por Conservación del Aprendizaje Después de Decapitación). Para ello, y después de una breve introducción, en primer lugar tratamos de forma sucinta la biología del sistema nervioso de las planarias. A continuación, comentamos los trabajos pioneros de James V. McConnell en esta área de investigación, recalcando las múltiples polémicas que rodearon a su persona. Por último, exponemos brevemente la segunda generación de estudios en este tópico, que queda inaugurada con el trabajo de Shomrat y Levin (2013). Valoraremos de él las perspectivas que abre para llegar a comprender los mecanismos neurobiológicos que subyacen a dicho proceso.

Palabras clave: *planarias, aprendizaje, regeneración, neurobiología, McConnells*

INTRODUCCIÓN

Hagamos un poco de ciencia-ficción e imaginemonos la siguiente situación: Fulanito se encuentra en una ciudad que no es la suya y quiere ir a visitar un monumento artístico del que desconoce la ubicación precisa. Toma un mapa, localiza el monumento y traza una ruta para ir a él desde el hotel en el que se aloja. A continuación, toma su cámara de fotos y se dirige a él. Finalmente, lo encuentra sin mayores problemas tras recorrer el camino marcado en el mapa.

Al cabo de un par de días en la ciudad, Fulanito recuerda perfectamente el trayecto desde el hotel al monumento, de forma tal que no necesita el mapa con las indicaciones para llegar al mismo. Podemos decir, pues, que Fulanito ha aprendido algo (la trayectoria desde el hotel al monumento) y ha retenido dicho aprendizaje.

Continuando con Fulanito, imaginémos ahora una situación un tanto más extravagante. Pongamos que nuestro protagonista tiene la capacidad de regenerar sus tejidos si estos se pierden, tal y como hacen estrellas de mar, salamandras u otros muchos animales. Imaginémos que en la propia ciudad que visita, Fulanito es atropellado por un camión y toda la parte anterior de su cuerpo, en particular su cabeza,

queda completamente destrozada. El médico del hospital al que acude decide, conociendo la capacidad autorregenerativa de Fulanito, amputar su cabeza, de modo que una nueva cabeza estará disponible en unos pocos días.

Pasado el tiempo de regeneración, el médico da el alta a Fulanito, que ahora dispone de una nueva cabeza. Fulanito vuelve al hotel en el que se hospeda y, cuando se dispone a marchar hacia su monumento preferido constata que, sin saber ni cómo ni por qué, recuerda perfectamente cómo llegar al mismo. Es decir, después de haber perdido su cabeza y haber regenerado una nueva, Fulanito ha conservado su aprendizaje.

Pues bien, salvando las distancias, algo parecido es lo que sucede con las planarias (clase *Turbellaria*, filo *Platyhelminthes*), según constata una nueva investigación publicada en *The Journal of Experimental Biology* (Shomrat y Levin, 2013). En el presente artículo comentaremos brevemente dicho hallazgo, no sin antes referirnos a los inicios de esta línea de investigación, que merecen la pena ser tratados debido a las particularidades de su principal adalid, James V. McConnell, que desarrolló su actividad académica en la Universidad de Michigan durante los años 60 del siglo pasado. También, y para ubicarnos correctamente en el problema, veremos brevemente la organización anatómica y funcional del sistema nervioso de los organismos de la clase a la que pertenecen las planarias: los Turbelarios. Sin más dilación, comencemos con este último punto.

Organización anatómica y funcional del sistema nervioso en Turbelarios.

Los Turbelarios son una clase de animales de vida libre pertenecientes al filo de los Platelminotos (Díaz y Santos, 1998). A su vez, los Platelminotos, que además de los Turbelarios agrupan a otras tres clases (Tremátodos, Monogéneos y Cestodos), son organismos triblásticos (sus tejidos se derivan de tres hojas embrionarias), bilaterales (poseen un único plano de simetría), protóstomos (en el desarrollo el blastoporo da lugar a una boca), y acelomados (carecen de cavidades corporales; este término no da información taxonómica) (Hickman *et al.*, 1998).

En cuanto al sistema nervioso de los Turbelarios, este está formado por dos cordones nerviosos que comienzan en dos ganglios cerebroideos situados en la parte anterior del cuerpo. Además, estos dos cordones están unidos por varias comisuras que se organizan de forma transversal con respecto a los primeros (véase Figura 1). Por otro lado, como se espera de los organismos protóstomos, el grueso de los cordones nerviosos se sitúan en posición ventral.

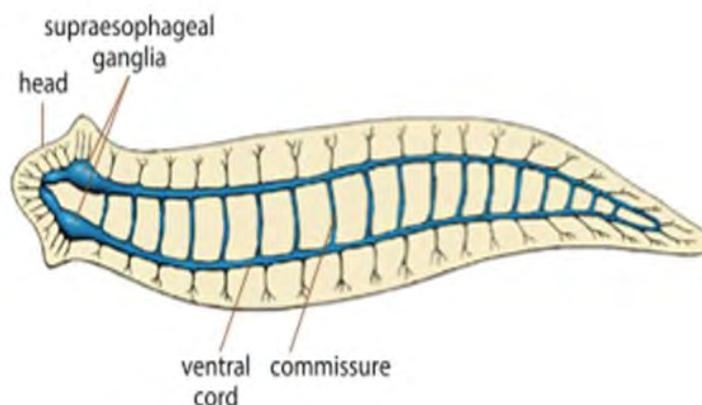


Figura 1. Sistema nervioso de una planaria. En él pueden advertirse las características descritas más arriba. Tomado de Roth y Dicke (2013).

Debido a la incipiente cefalización que se da en las planarias, que provoca la emergencia de un par de ganglios cerebroideos para el procesamiento de la información sensorial, esta organización de sistema nervioso es considerada a menudo como la forma más primitiva de sistema nervioso en bilaterales (Roth y Dicke, 2013; Pagán, 2014). Sin embargo, todavía no están claras las relaciones filogenéticas de este sistema nervioso con el de otros filos de organismos (Pagán, 2014).

Por falta de espacio y por la relevancia que el estudio de la organización corporal de los platelmintos tiene hoy en día en los planes de estudio de Zoología de Invertebrados, remitimos al lector interesado en organización del sistema nervioso de las planarias, así como en sus relaciones filogenéticas con otros grupos, al libro de Pagán, *The first brain. The neuroscience of planarians* (2014), en el que se introducen estos tópicos para el autor lego. Vayamos ahora con la historia de la investigación en conservación del aprendizaje después de decapitación (CADD).

Antecedentes históricos de la investigación en CADD: el caso de James V. McConnell.

Nos situamos entre finales de los años 50 y principios de los 60 del siglo pasado. Poco después de la lectura de su tesis doctoral, en la que demostraba la existencia de condicionamiento clásico o pavloviano en planarias, James V. McConnell (1925-1990) comenzó una serie de experimentos que, por diversos motivos, pasaron a la historia de la neurobiología reciente (Morange, 2006). Estos experimentos tenían como fin poner a prueba si los aprendizajes pavlovianos que McConnell acababa de demostrar que experimentaban las planarias podían conservarse después de que estas hubieran sido seccionadas por la mitad y hubieran regenerado sus tejidos.

En efecto, debido a sus sorprendentes cualidades regenerativas, así como a otras propiedades de su biología básica, las planarias son empleadas (y ya lo eran entonces) como organismo modelo para el estudio de la regeneración de tejidos (para una revisión del estudio de la regeneración tisular en planarias, así como de las perspectivas de uso de este modelo en el futuro, véase Newmark y Sánchez Alvarado, 2002). En particular, las planarias son un excelente organismo modelo para el estudio de la regeneración del sistema nervioso. Por tanto, la idea de McConnell consistía en testar si existía algún tipo de aprendizaje que sobreviviese a dicha regeneración. De acuerdo a su formación académica en psicología, decidió emplear como modelo de aprendizaje el condicionamiento clásico, con el que, como hemos dicho, había trabajado también durante su doctorado. Pero, ¿qué es exactamente el condicionamiento clásico?

El aprendizaje pavloviano o condicionamiento clásico debe su nombre al psicofisiólogo ruso de principios de siglo XX Iván Pavlov (1849-1936). Consiste básicamente en la asociación de un estímulo neutro (estímulo condicionado o EC) a otro estímulo (estímulo incondicionado o EI) que es capaz de desencadenar una respuesta innata y estereotipada en un organismo (respuesta incondicionada o RI), de forma tal que tras una serie de ensayos de exposición conjunta a ambos, el estímulo neutro es capaz de desencadenar en el organismo dicha respuesta innata por sí solo. En estas situaciones, a la respuesta se la pasa a denominar RC o respuesta condicionada. Pongamos el ejemplo típico con el cual Pavlov descubrió el condicionamiento clásico mientras investigaba la fisiología del sistema digestivo en mamíferos (para una descripción más detallada del contexto de descubrimiento del condicionamiento clásico por Pavlov véase Russell, 1983).

Imaginemos un perro al cual se le presenta un cuenco con pienso. En esta situación, el perro

comenzará a salivar una vez lo observe. De acuerdo con el esquema anterior, dicha salivación se considera una respuesta incondicionada (RI), ya que surge de manera innata (no aprendida) en el perro al presenciar la comida. Por otro lado, al cuenco con el pienso presentado al perro se le denomina estímulo incondicionado (EI), ya que es aquel cuya presentación desencadena en el perro la RI. Pues bien, si durante un experimento hacemos sonar una campana o cualquier estímulo neutro justo antes de la presentación del EI, llegará un momento en el que la sola presentación del sonido de la campana hará salivar al perro de la misma forma en la que inicialmente lo hacía el cuenco de comida. La situación final con la que nos encontramos es que hemos conseguido que un estímulo cualquiera desencadene el tipo de respuesta que inicialmente solo generaba un tipo muy particular de estímulo. (Para una revisión más en detalle del aprendizaje pavloviano o condicionamiento clásico, así como sus distintos tipos y características, véase, por ejemplo, Ardila, 2001). Ahora que tenemos una idea aproximada de lo que es el condicionamiento clásico, volvamos a los experimentos de McConnell.

En efecto, McConnell confirmó que los aprendizajes a los que sometía a sus planarias podían mantenerse después de que estas fueran seccionadas y sus tejidos regenerados. De hecho, confirmó la hipótesis de la permanencia del aprendizaje incluso para aquellos casos en los que la regeneración se producía a partir de los tejidos de la parte posterior del animal, es decir, aquellos casos en los que el "cerebro" (hablando con propiedad, los ganglios cerebroideos) se regeneraba de novo (McConnell, *et al.*, 1959; McConnell, 1966). Es más, en algunos casos la conservación del aprendizaje era mayor en el animal regenerado a partir de la parte posterior que el generado a partir de la anterior (McConnell, 1966).

Continuando con la misma línea de investigación, eventualmente McConnell llegó a hallar que planarias (que son conocidas por su canibalismo) no entrenadas podían adquirir un aprendizaje pavloviano aversivo simplemente devorando a ejemplares que sí habían sido entrenados en dicho tipo de aprendizaje (McConnell, 1962). Para explicar la transmisión del aprendizaje a través de la ingesta, el informe experimental que detallaba este último estudio, publicado en *The Journal of Neuropsychiatry*, proponía la hipótesis de que este podía transferirse a través de las moléculas de ARN, que causarían cambios en otras entidades moleculares más relacionadas directamente con el aprendizaje y la memoria (McConnell, 1962 y 1966; Byrne, 1970; citado en Smalheiser, *et al.*, 2001). Así, citando textualmente a McConnell:

"Ralph Gerard, the noted neurophysiologist, interprets data as follows: There are probably two distinct mechanisms for learning in planarians. The first such mechanism is the familiar one of neural interconnections (...). The second type of memory mechanism, however, involves a change in the coding of the RNA molecules in the cells throughout the worm's body. Presumably whenever the animal learns, the RNA is altered appropriately so that when regeneration takes place, the altered RNA builds the memory into the regenerated animal right from the start".
(McConnell, 1962; pp. 45-46;).

Sin embargo, el anterior estudio no es el más extravagante dentro de esta línea de investigación. En otros, McConnell y colaboradores intentaron transferir los aprendizajes entre planarias a base inyectar planarias entrenadas de una tarea en planarias inexpertas. Estos intentos estaban motivados por la hipótesis de que efectivamente podía darse la transferencia de aprendizaje entre individuos por medio de determinadas moléculas químicas, que en las planarias entrenadas estarían modificadas y contendrían las claves del aprendizaje. Sin embargo, McConnell y su equipo nunca llegaron a dominar la técnica de la transferencia de planarias expertas trituradas en planarias *naïve* de forma suficientemente certera como para testar satisfactoriamente la hipótesis de la transmisión de la memoria según este mecanismo (McConnell, 1962).

La reacción de la comunidad científica a estos trabajos no se hizo esperar. Pronto este tipo de experimentos y los hallazgos anteriormente comentados (en principio más seguros) fueron cuestionados. Los motivos del cuestionamiento estaban relacionados básicamente con errores atribuidos al protocolo experimental y a la interpretación de los resultados obtenidos en las investigaciones (Hartry y Morton, 1964). Además, a pesar de que algunos laboratorios sí consiguieron replicar los resultados de los experimentos de McConnell, otros muchos no lo lograron (Corning y Riccio, 1970; Smalheiser, *et al.*, 2001; Shomrat y Levin, 2013). En los casos más extremos de cuestionamiento, incluso se puso en duda la existencia misma de procesos de aprendizaje pavloviano en las planarias (Travis, 1981, citado en Morange, 2006).

Además, por si fuera poca la controversia generada por sus investigaciones, el comportamiento habitual de McConnell, un tanto histriónico y extravagante, hizo que su trabajo fuese todavía más deslegitimado. De hecho, en ocasiones el propio McConnell se comportaba como un gurú, ya que a menudo acudía a los medios de comunicación, en los que hacía declaraciones controvertidas que tenían más de ciencia-ficción que de hallazgos científicos serios (Rilling, 1996). Otro alarde de conducta extravagante lo muestra el hecho de que fundase una revista 'científica' satírica y humorística titulada '*The Worm Runner's Digest*' (Rilling, 1996), en la que, entre otras cosas, publicaba parodias de artículos científicos. Esto hacía que fuera difícil para otros investigadores distinguir entre sus publicaciones serias y sus publicaciones irónicas. O al menos las últimas hacían dudar de la veracidad de las primeras.

En suma, todo lo anterior hizo que el autor y sus trabajos fueran poco a poco perdiendo credibilidad en la comunidad científica, hasta el punto de que las líneas de investigación comenzadas por él fueron casi completamente abandonadas. Posteriormente, este y otros intentos de buscar los mecanismos moleculares del aprendizaje y la memoria llegaron a ser 'explicados' como un reflejo de su época: aquella en la que se pretendió llevar a cabo una 'molecularización' de la biología (Morange, 2006). Incluso Morange (2006) se atreve a calificar dicho periodo de la historia de la neurobiología como una aberración (Morange, 2006; p. 323).

Sin embargo, a nuestro juicio esta calificación es exagerada por diversos motivos. En primer lugar, una explicación científica de los procesos psicológicos básicos pasa por asumir de forma tácita una ontología (o teoría de la realidad) materialista (Mahner y Bunge, 2000; Churchland, 2010; Bunge, 2013), ya que la ciencia siempre trata de cosas materiales (como átomos, células, cerebros, organismos, poblaciones o sociedades, por poner algunos ejemplos), por contraposición a entes sobrenaturales, inmateriales o fantasmales. Esto nos obliga a preguntarnos, ¿qué son los procesos psicológicos desde una óptica materialista? Pues bien, la respuesta tentativa es: los procesos psicológicos son un subconjunto particular de los procesos que experimenta el sistema nervioso central (Mahner y Bunge, 2000; Bunge, 2011). Esta tesis, que podría sonar extravagante a un lego, es asumida tácitamente por biólogos y psicólogos en general y por neurobiólogos y psicólogos en particular.

La equiparación entre procesos psicológicos y procesos neuronales, propia de la filosofía materialista asociada a la ciencia, nos permite por tanto seguir empleando un vocabulario psicológico para referirnos a los procesos cognitivos (como aprendizaje y memoria) siempre y cuando establezcamos una correspondencia entre un proceso psicológico determinado y un proceso neurofisiológico. Por ejemplo, a groso modo podríamos decir que: *aprendizaje por condicionamiento clásico en ratones = actividad del hipocampo en dichos organismos*. (En el presente artículo no pretendemos hacer mayor hincapié en la pertinencia de la filosofía materialista en la ciencia y en particular en las ciencias de la conducta y la cognición, pero para una defensa en profundidad de esta perspectiva, así como una crítica de las perspectivas rivales puede verse, por ejemplo, Bunge. 2011, y 2013).

Pues bien, esta reducción ontológica de los procesos psicológicos a un subconjunto de procesos neurofisiológicos (sin duda la estrategia con mayor potencial heurístico de la historia de la investigación de los procesos psicológicos) conlleva una serie de corolarios epistemológicos que nos indican cómo enfocar su estudio. Uno de ellos es que los procesos psicológicos deben estudiarse en sus múltiples aspectos y niveles biológicos, que van desde el molecular (p.e. neurotransmisores u otras biomoléculas implicadas en la comunicación neuronal que subyace al aprendizaje) hasta el nivel de interacción entre sistemas de un organismo (p. e. cómo el sistema nervioso regula el endocrino y con ello regula la conducta y la motivación); todo ello sin eludir otros niveles cuando sea preciso (p. e. nivel social en organismos gregarios). Para nuestro caso, esto implica que, entre otros enfoques pertinentes, el que aborda los mecanismos moleculares que acontecen cuando un organismo aprende es completamente necesario para entender este proceso psicológico, a pesar de la opinión de Morange (2006).

De hecho, el propio Morange asume tácitamente estas tesis epistemológicas en algunos pasajes del artículo en el que comenta el caso de McConnell. Por ejemplo:

"with the rise of cell biology, this extreme form of reductionism was no longer tenable by the 1970 (Morange, 1998). The complex function of cells and organisms could no longer be directly reduced to the characteristics of one or a limited number of macromolecules, even if the explanation of these complex functions required the precise description of the structure of the macromolecules involved in their realization" (Morange, 2006; pp. 325; el énfasis añadido es nuestro).

Por tanto, si quisiéramos ser justos con él, podríamos interpretar su crítica a lo que llama la "molecularización" de la biología como una crítica a los excesos más extravagantes de la búsqueda de la base molecular de la memoria, que durante esa época llegaron a rozar la pseudociencia, mas no al enfoque general.

En todo caso, y volviendo a los motivos por los que creemos que el enfoque de McConnell no estaba del todo errado (más allá de sus extravagancias) es que recientes hallazgos provenientes de distintas ramas de la biología parecen dar nuevo apoyo empírico a las siguientes hipótesis, todas ellas relacionadas con las líneas de investigación que él mismo inauguró: 1) aquella que postula la existencia efectiva de procesos de aprendizaje pavloviano y no pavloviano en planarias; 2) aquella que afirma la existencia de conservación de aprendizaje después de la decapitación y regeneración del sistema nervioso en las propias planarias; y 3) aquella que establece la posible implicación de mecanismos moleculares (ya epigenéticos, ya relacionados con el ARN) en la producción de esa retención en el aprendizaje. Entonces, vayamos ahora con la moderna investigación en los tópicos iniciados por McConnell.

Segunda generación de experimentos sobre CADD

Como hemos visto en el apartado anterior, puede atribuirse a McConnell y colaboradores la constatación de la existencia de aprendizaje y memoria en planarias, así como la existencia de su conservación después de decapitación. Sin embargo, y como también hemos visto, desde el primer momento en que McConnell publicó sus hallazgos surgieron críticas metodológicas a sus trabajos. Por ejemplo, varios autores le reprocharon que en sus investigaciones no existía un mecanismo de doble ciego apropiado. En la misma línea, otros autores criticaron que en muchos de sus experimentos ni siquiera se comparaban los grupos experimentales con los grupos de control (véase, para una revisión de la controversia en torno a los problemas metodológicos de los estudios de McConnell y colaboradores, Rilling, 1996).

A pesar de que la mayoría de fallas relacionadas con el protocolo experimental fueron subsanadas en sucesivos estudios por McConnell (Rilling, 1996), y a pesar de que el aprendizaje en invertebrados es hoy en día reconocido sin controversia como un hecho (Menzel y Benjamin, 2013), algo que en su momento fue muy controvertido (véase Rilling, 1996, para la polémica entre Hyman, el conocido zoólogo, y McConnell), la línea de investigación iniciada por McConnell sobre estos tópicos fue casi completamente abandonada, tal y como hemos comentado también en el apartado anterior.

Sin embargo, en 2013 la revista *The Journal of Experimental Biology* (Factor de impacto = 3,002) publicó un informe experimental a cargo de Shomrat y Levin (2013) en el que, después de medio siglo de práctico abandono, retomaban el área de estudio abandonada tras el descrédito de McConnell. En dicho informe se comunicaba la corroboración efectiva de la existencia de CADD. Pero lo que es más importante, si cabe, es que en los estudios que se resumen en dicho artículo los autores introdujeron una serie de refinamientos en el protocolo experimental que permiten dar más confianza a los resultados obtenidos. Es decir, básicamente los autores pretendieron replicar las investigaciones de McConnell sin caer en algunos de sus errores metodológicos.

En particular, los experimentos de Shomrat y Levin mejoran y refinan los protocolos experimentales de aprendizaje a los que se somete a las planarias. De hecho, lo que Shomrat y Levin comentan es que la dificultad de establecer un buen paradigma experimental de aprendizaje (que mejorase la manipulación manual de las planarias, la cuantificación de su conducta y otros problemas de diseño experimental) es lo que a menudo dificulta (y dificultó en su momento) la replicación de los estudios de McConnell por otros laboratorios (Shomrat y Levin, 2013). Por ello, una condición previa necesaria para poder detenerse en los posibles mecanismos neurobiológicos que subyacen a la capacidad de conservación de un aprendizaje después de la regeneración es disponer de un paradigma de aprendizaje estandarizado, sistemático e inequívoco. Es por ello que este constituye el principal esfuerzo de los autores en el trabajo.

Comentemos algunas de las novedades de este paradigma de aprendizaje. Por ejemplo, Shomrat y Levin miden el aprendizaje y la CADD empleando un tipo de conducta más natural en las planarias que el que McConnell empleaba. Este tipo de conducta es la familiarización con el entorno. Descrita por primera vez por Best y Rubinstein (1962; citado en Shomrat y Levin, 2013), la familiarización con el entorno consiste en que una planaria que haya sido alimentada en un entorno familiar comenzará a comer más rápidamente en los sucesivos ensayos que una planaria que nunca haya sido expuesta a dicho entorno de alimentación. Esto permite medir el aprendizaje en función del tiempo. Además, Shomrat y Levin introducen una serie de rasgos estimulares en el paradigma de aprendizaje (como la textura del suelo en el que se alimentan las planarias) que dé claves contextuales a estas para discriminar entre zona de alimentación y zona neutra (Shomrat y Levin).

Otro cambio importante en el protocolo es emplear como modelo experimental organismos de la especie *Dugesia japonica*, que debido a una serie de rasgos conductuales y biológicos la hacen más idónea que otras especies de Turbellarios para el estudio (Shomrat y Levin, 2013). Así, según los autores:

"All planarians used in the study were Dugesia japonica (...). After examining three planarian species: Dugesia japonica, Dugesia dorotocephala and Schmidtea mediterranea, we found Dugesia japonica to be the most suitable for this project. It has remarkable regenerating capabilities, high tolerance for training and dissection procedures, and is very active" (Shomrat y Levin, 2013).

(Sin embargo, hay que reseñar que los autores no aclaran bien cómo puede medirse el rasgo fenotípico 'actividad').

Los resultados obtenidos por Shomrat y Levin (2013) confirman la existencia de dicho aprendizaje descrito por Best y Rubinstein (1962; citado en Shomrat y Levin, 2013), así como su conservación después de haber sido decapitadas y haber regenerado su tejido nervioso. Sin duda el empleo de un protocolo experimental más sofisticado y con mayor control da un respaldo definitivo a este fascinante proceso. Con ello, se sientan las bases para la futura investigación en este tópico. Queda inaugurada pues la segunda generación de investigación sobre conservación del aprendizaje después de decapitación.

El siguiente paso ha de ser, como hemos comentado, intentar averiguar los mecanismos moleculares que subyacen a dicha conservación. A pesar de que Shomrat y Levin no abordan este tema directamente, sí sugieren algunos procesos y biomoléculas que pudieran estar implicadas, a saber, modificaciones epigenéticas y ARNi (Shomrat y Levin, 2013).

Por falta de espacio para describir en detalle cada uno de los posibles mecanismos biológicos de la CADD, nos remitimos a las fuentes originales para los lectores interesados. Con respecto a la relevancia científica que ha tenido hasta ahora el estudio de Shomrat y Levin, cabe destacar que por el momento solamente ha sido citado en cinco artículos científicos posteriores (véase el siguiente enlace para obtener directamente dichos artículo: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmid/23821717/citedby/?tool=pubmed> [consultado el 12-10-14]). Sin embargo, confiamos en que esta corroboración de la CADD contribuya a reavivar este interesante campo de investigación que, por los diversos motivos que hemos visto en este artículo, fue prácticamente abandonado a partir de finales de los años 60. Sería interesante ver qué hubiera opinado el extravagante inaugurador de esta área, James V. McConnell, al respecto de los resultados de Shomrat y Levin (2013).

BIBLIOGRAFÍA

- Bastida, F., Zsolnay, A., Hernández, T., García, C. (2008). Past, present and future of soil quality -Ardila, R. (2001) Psicología del aprendizaje (25º ed). Madrid: Siglo XXI.
- Corning, W. C. & Riccio, D. (1970) The planarian controversy. In Molecular approaches to learning and memory (editado por W. Byrne), pp. 107-150. New York: Academic Press. Citado en Shomrat, T. & Levin, M. (2013) An automated training paradigm reveals long-term memory in planarians and its persistence through head regeneration. *The Journal of Experimental Biology*, 216, pp. 3799-3810.
- Best, J. B. & Rubenstein, I. (1962) Environmental familiarity and feeding in a planarian. *Science*, 164, pp. 165-166. Citado en Shomrat, T. & Levin, M. (2013) An automated training paradigm reveals long-term memory in planarians and its persistence through head regeneration. *The Journal of Experimental Biology*, 216, pp. 3799-3810.
- Bunge, M. (2011) El problema mente-cerebro. Un enfoque psicobiológico. Madrid: Tecnos.
- Bunge, M. (2013) Materialismo y ciencia. Pamplona: Editorial Laetoli.
- Byrne, W. L., editor (1970) Molecular approaches to learning and memory. New York: Academic Press. Citado en Smalheiser, N. R., Manev, H. & Costa, E. (2001) RNAi and brain function: was McConnell on the right track?. *Trends in Neuroscience*, 24 (4), pp. 216-218.
- Churchland, P. M. (2010) Materia y conciencia. Una introducción contemporánea a la filosofía de la mente. Barcelona: Gedisa.
- Díaz, J. A. & Santos, T. (1998) Zoología. Aproximación evolutiva a la diversidad y organización de los animales. Madrid: Síntesis.
- Hartry, A. L., Keith-Lee, P. & Morton, W. D. (1964) Planaria: Memory transfer through cannibalism reexamined. *Science*, 146 (3641), pp. 274-275).

- Hickman, C. P., Roberts, L. S. & Larson, A. (1998) Principios integrales de Zoología (11° ed.). Madrid: McGraw Hill.
- Mahner, M. & Bunge, M. (2000) Fundamentos de biofilosofía. Madrid: Siglo XXI.
- McConnell, J. V. (1962) Memory transfer through cannibalism in planarians. *Journal of Neuropsychiatry*, 3 (Supplement. 1), pp. 42-48.
- McConnell, J. V. (1966) Comparative physiology: learning in invertebrates. *Annual Review of Physiology*, 28, pp. 107-136.
- McConnell, J. V., Jacobson, A. L. & Kimble, D. P. (1959) The effects of regeneration upon retention of a conditioned response in the planarian. *Journal of Comparative Physiological Psychology*, 52, pp. 1-5.
- Menzel, R. & Benjamin, P. R. (2013) *Invertebrate Learning and Memory*. Academic Press.
- Morange, M. (2006) What history tells us VI. The transfer of behaviours by macromolecules. *Journal of Biosciences*, 31 (3), pp. 323-327.
- Newmark, P. A. & Sánchez Alvarado, A. (2002) Not your father's planarian: a classic model enters the era of functional genomics. *Nature Review Genetics*, 3, pp. 210-219.
- Pagán, O. R. (2014) *The first brain. The neuroscience of planarians*. Oxford University Press.
- PMC (US National Library of Medicine National Institutes of Health). (en línea). Rockville Pike, Bethesda MD, USA. Shomrat & Levin (2013) [Consultado el 12-10-14]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC23821717/citedby/?tool=pubmed>
- Rilling, M. (1996) The mystery of the vanished citations: James McConnell's forgotten 1960's quest for planarian learning, a biochemical engram, and celebrity. *American Psychologist*, 51 (6), pp. 589-598.
- Roth, G. & Dicke, U. (2013) *Evolution of Nervous Systems and Brains*. En Galizia, C. G. & Lledo P. M. (editores) (2013) *Neurosciences – From molecule to behavior: A University textbook*. Berlin: Springer-Verlag.
- Russell, B. A. W. (1983) *La perspectiva científica*. Madrid: Sarpe.
- Shomrat, T. & Levin, M. (2013) An automated training paradigm reveals long-term memory in planarians and its persistence through head regeneration. *The Journal of Experimental Biology*, 216, pp. 3799-3810.
- Smalheiser, N. R., Manev, H. & Costa, E. (2001) RNAi and brain function: was McConnell on the right track?. *Trends in Neuroscience*, 24 (4), pp. 216-218.
- Travis, G. D. L. (1981) Replicating replication? Aspects of the social construction of learning in planarian worms. *Social Studies of Science*, 11, pp. 11-32. Citado en Morange, M. (2006) What history tells us VI. The transfer of behaviours by macromolecules. *Journal of Biosciences*, 31 (3), pp. 323-327.
- Umesono, Y. & Agata, K. (2009) Evolution and regeneration of the planarian central nervous system. *Development, Growth and Differentiation*, 51, pp. 185-195.

HIERBAS MEDICINALES: USO EN LA CULTURA GALLEGA

Ermitas Cabaleiro Soutullo, Carmen Ferrer Muñoz, Rosa Martínez Pazó,
Rosa Molares Alonso, M^a José Rodríguez Boente

e-mail: ermitascs@gmail.com, visna986@gmail.com, rosamartinezpazo@gmail.com,
roseterier@gmail.com, mrodriguezboente@gmail.com

Trabajo Botánica II: Arquegoniadas

Resumen

Programa Senior Grado Biología

Tutora :

- Marisa Castro Cercedo

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

En este trabajo se comentan las propiedades medicinales de algunas plantas basadas en información recogida directamente en el medio rural gallego (Sober, Lugo), comparada con el conocimiento actual en ciudades (Vigo)

INTRODUCCIÓN

Legado ancestral

El hombre, a fuerza de observar la naturaleza y de experimentar sus efectos, ha sido capaz de atesorar los suficientes conocimientos para crear una cultura en torno al uso de las plantas. Son utilizadas con fines medicinales desde tiempos muy remotos y ya existe constancia de su empleo en yacimientos prehistóricos. Según demuestra un estudio de la UAB (Universidad Autónoma de Barcelona), en la región central de Sudán se ingerían, hace 7.000 años, tubérculos de castañuela, planta medicinal y aromática. Otras civilizaciones, como los sumerios y los asirios, ya realizaron un registro sobre las plantas y sus aplicaciones. Las hierbas también son una de las bases en la medicina Ayurveda en India y el libro chino Shennong Bencao Jing supone una importante fuente de información sobre el tema. La adormidera y la menta fueron utilizadas, hace tres mil años, por los egipcios como métodos curativos. Grecia y Roma, cunas de la civilización europea, también emplearon esta riqueza natural. Hipócrates o Galeno sentaron las bases de la medicina actual y Dioscórides, en el siglo I, escribió un volumen que recoge más de quinientas plantas y que ha sido un referente casi hasta nuestros días.

Este saber, inherente a todas las civilizaciones de la Tierra, ha seguido enriqueciéndose a medida que los pueblos se relacionaban entre sí. El intercambio cultural procedente de las migraciones, conquistas y peregrinaciones incrementa esta sabiduría popular que pasa de una generación a otra principalmente por vía oral. Galicia, por su localización geográfica, ha recibido influencias de numerosos movimientos poblacionales. Con el desarrollo de la cultura castreña cobró una mayor implicación el uso de las plantas. Los augures o druidas, pertenecientes a poblados que se instalan en el noroeste de la península, dedicaban su vida al estudio de la naturaleza con el fin de comprender sus secretos: estudiaban las estrellas, la luna, y el poder medicinal y mágico de las hierbas. Junto a los sanadores o sanadoras fueron los principales transmisores de estos conocimientos, que por su carácter esotérico estaban reservados solo a los iniciados en el oficio (García, 1993).

Es a partir del siglo IX, con la llegada a Santiago de Compostela de caminantes que recorren la Ruta Jacobea, cuando en Galicia adquiere una mayor relevancia el uso de plantas medicinales. Los nuevos conocimientos que aportan los peregrinos y la fundación de monasterios, donde se guardaban boticas bien surtidas de todo tipo de hierbas y ungüentos destinados a sanar a los caminantes maltrechos, contribuyen al desarrollo de la tradición gallega de la medicina rural o natural (García, 1993).

De la tradición oral a la Etnobotánica

Este saber ha sido empleado y preservado principalmente por mujeres que, de forma oral, han transmitido sus conocimientos de madres a hijas, y son escasos los textos donde se recoge este acervo cultural. Sin embargo, algunos estudiosos se preocuparon por el tema y realizaron trabajos que sirvieron de base a otros posteriores. En Galicia, además de las aportaciones del Padre Feijoo, resultan de un enorme interés las investigaciones de Fray Martin Sarmiento, iniciador de estas investigaciones (Mosquera, 2013). En el viaje que realiza a esta tierra en 1745 recopila nombres vernáculos de plantas y los usos que les daban los lugareños; entre sus obras destaca "Disertación sobre las virtudes maravillosas y usos de la planta llamada Carqueixa", escrita en 1759 donde menciona las diferentes propiedades atribuidas a esta planta, así como sus múltiples usos.

Más tarde, profesionales de la medicina también se interesan por cómo se defienden y luchan nuestros paisanos contra las enfermedades y qué recursos utilizan para su curación. Así, Víctor Lis Quiben recopila información sobre prácticas supersticiosas en el tratamiento de enfermedades donde también se emplean numerosas plantas (Lis, 1949). Este trabajo muestra un atractivo caudal de tradiciones y costumbres populares.

A la luz del camino iniciado por estos autores, comienza en el siglo XX el auge de la Etnobotánica, disciplina que tiene por objeto de estudio la forma en que las plantas son utilizadas por el hombre y las técnicas que de ello se derivan. Este término es acuñado en 1895 por el botánico estadounidense John Willians Harshberger. Desde el ámbito académico, cada vez con mayor interés, van apareciendo artículos, libros divulgativos y tesis doctorales dedicados a recoger y salvaguardar este patrimonio cultural.

Conservando saberes

No intentamos con este análisis hacer un estudio exhaustivo sobre el tema, solo aportar nuestro granito de arena a los escasos trabajos ya realizados. Además, esperamos que sirva para alertar de que con el paso de los días, es más dificultoso encontrar personas que relaten los usos que daban a las plantas medicinales cuando su vida transcurría en condiciones que han quedado atrás. Pretendemos, además, recoger los nombres vulgares de las plantas que usan en las zonas estudiadas y elaborar un listado.

MÉTODOLÓGIA

Las duras condiciones de vida fruto del clima, la orografía y la diseminación de las poblaciones que contribuyen al aislamiento de las aldeas, agravado por las deficientes infraestructuras obligaron a utilizar las plantas medicinales, inherentes a la flora de cada lugar, para combatir enfermedades y patologías leves. Por eso, nuestra investigación se centra, fundamentalmente, en Rosende, parroquia del municipio de Sober y situada al sur de la provincia de Lugo, dentro de la comarca de Tierra de Lemos. El último censo oficial de 1998 recoge un número de 126 habitantes repartidos en una superficie total de 2,76 km. Sin embargo, los informantes comentan que actualmente las personas censadas no deben de alcanzar el medio centenar. Se trata de un lugar donde, por su situación, se producen muchas de las circunstancias comentadas anteriormente y por eso, consideramos que la medicina natural ha sido de uso habitual en la zona.

Hemos entrevistado a seis mujeres con edades que oscilan entre los 65 y 89 años. Todas residen en el pueblo desde su nacimiento y, por ello, son grandes conocedoras de los beneficios que se pueden encontrar en la naturaleza. Admiten que la desaparecida Carmen "do Corzo" fue la persona que más sabía sobre plantas curativas y que probablemente su hija de 78 años, Victorita "do Corzo", haya heredado parte de esa sabiduría, sin embargo su memoria ya no le permite recordar.

No obstante, los cambios en las condiciones de vida: mejores comunicaciones, acercamiento de los

centros de salud al rural, incremento de hospitales... han provocado que, en cuestión de pocos años, se abandonen las antiguas prácticas naturales decantándose mayoritariamente la población por la medicina convencional. Como consecuencia de ello, gran parte de este patrimonio cultural se encuentra en posesión de personas con avanzada edad y apenas ha sido registrado por escrito, por lo que se está perdiendo irremediabilmente. Por eso, hemos realizado otra encuesta en nuestro entorno urbano (Vigo). Hemos seleccionado informantes cuya edad oscila entre 49 y 87 años. Se trata de cinco mujeres y un hombre que pasaron parte de su vida en aldeas o de parientes próximos, con el fin de comprobar si los conocimientos sobre el tema se mantienen en la ciudad.

Además, hemos querido comparar nuestros resultados con otros estudios, con el objeto de aumentar el grado de fiabilidad de la investigación: (Anillo, 2011; González-Hernández, *et al.*, 2004; Latorre, 2008; Romero *et al.*, 2013).

RESULTADOS

1.1. Información recopilada en Rosende (Sober, Lugo)

Consultando a diversas personas mayores hemos recopilado información sobre las siguientes especies: árnica, azucena, berza gallega, carrasco, colondrillo, ortiga muerta, diente de león, espino albar, hierba del té, llantén mayor, malva, pamplina y violeta.

A continuación indicamos el nombre popular y científico de la planta, la obra en la que se puede ver una descripción completa y los datos recopilados sobre usos medicinales.

Árnica (*Arnica montana*) García (2008:346)(Fig. 1).

Pilar Vázquez de 65 años recuerda con añoranza su niñez “nós de nenos corriamos todo o día pola eira, subiamos as árbores, muros....chegabamos a casa coas pernas e os brazos rabuñados, pero a mamá tiña sempre a botella preparada para curarnos as feridas”. Explica que en todas las casas de la zona se guardaban las hojas de árnica en una botella llena de aguardiente, que era empleada para curar las heridas. Comenta que el alcohol del aguardiente y las propiedades antiinflamatorias y cicatrizantes de la planta eran una combinación perfecta para curar sus males.



Figura 1. *Arnica montana*, foto M.Castro

Posee aceites esenciales, resinas, taninos y mucílagos, que funcionan como cicatrizantes, antiinflamatorios, analgésicos, etc. También son útiles para dolores articulares, reuma, inflamaciones, contusiones, hematomas, fiebre y como desinfectante.

Se utilizan hojas secas, flores, raíz en infusión, macerada o cocimiento

Azucena (*Lilium martagon*) García (2008:438)

Carmen Cruz Vázquez de 75 años, nos dice que para curar los forúnculos de su hermano, calentaban en la plancha de la cocina de hierro, el bulbo de la azucena y se lo aplicaban a modo de cataplasma, consiguiendo un efecto drenaje y la rápida curación.

En ella se encuentran flavonoides, almidón, entre otros que son útiles como antiinflamatorios, analgésicos, diuréticos y expectorantes, además de quemaduras, eczemas, dolor de oído.

Son utilizados el bulbo y las flores en cataplasmas, aceites o cocimiento.

En ella se encuentran flavonoides, almidón, entre otros que son útiles como antiinflamatorios, analgésicos, diuréticos y expectorantes, además de quemaduras, eczemas, dolor de oído.

Son utilizados el bulbo y las flores en cataplasmas, aceites o cocimiento.



Figura 2. *Lilium martagon*, foto M.Castro

Berza gallega (*Brassica oleracea*) García (2008:145)

Carmen Cruz comenta el uso de cataplasmas de berza caliente para aliviar la mastitis.

Esta planta contiene vitamina C, U, mucílagos, por lo que se utiliza como antiescorbútica, depurativa, antiséptica y cicatrizante.

Se usan las hojas en cataplasmas o infusiones.

Carrasco (*Calluna vulgaris*) García (2008:153)

Dolores Soutullo de 89 años, resalta una utilidad muy curiosa: “antes, cando se facían os buracos nas orellas das nenas recen nacidas poñíasele unha ramiña de carrasco, muy limpo e afiado, para que non se infectara e non se pechara o buraco ata ter os cartos para comprar os pendientes”.

Se conoce en ella la presencia de taninos, arbutósidos e flavonoides, por lo que se usa como antiinflamatoria, diurética, antiséptica, astringente y para infecciones de orina o renales.

Se usan flores, ramas con flores en infusión.

Colondrillo (*Asplenium trichomanes*) García (2008: 46)

Pilar Vázquez coincide con el resto de los informantes en la efectividad de esta planta para bajar la fiebre. Una vez cocido, se empapaban paños que se ponían a modo de cataplasmas sobre la frente.

Se usa como emoliente y antiinflamatorio para el hígado, el bazo, etc.

En infusión o cocimiento de las frondes y el rizoma

Ortiga muerta o chupóns (*Lamium maculatum*) García (2008: 277)

Carmen Cruz de 75 años explica el uso que le daban a la planta, una vez cocida, para curar las quemaduras.

Era utilizado como antiinflamatorio, hemostático, depurativo, diurético, expectorante, tónico, antiséptico, cicatrizante y para trastornos intestinales y hemorroides, toda la planta en infusión, cataplasma o cocimiento.

Diente de león (*Taraxacum officinale*) García (2008:368)

Pilar Vázquez nos cuenta que en la actualidad sigue consumiendo esta planta, pero que era casi de uso obligatorio los días de fiesta: “O día do San Miguel os pequenos sempre tiñamos de cena o dente de león, a mamá dicía que era para facer ben a dixestión, senón que non poderíamos durmir”.

Se trata de una planta diurética y depurador de hígado y riñón, de la que se usan hojas, flores o raíz en ensalada.

Espino albar o escambrón (*Crataegus monogyna*) García (2008:174)

Amparo Ferrero, 83 años, relata que vivían en la aldea personas con problemas de nervios y en las fuertes crisis tomaban la infusión de la flor de esta planta como tranquilizante.

Contiene vitamina C, riboflavinas, tiamina, niacina, calcio, potasio, magnesio, fibra, flavonoides y fitosteroles, que ayudan a los sistemas cardiovascular (regula la presión arterial) y nervioso.

Se usan flores secas y frutos en infusión.

Hierba del té (*Chenopodium ambrosioides*) García (2008:98)(Fig. 3)

Conchita Vázquez de 68 años, considera que con la llegada de los herbicidas a la zona esta planta empieza a escasear. De niña la empleaban para la diarrea y malestar de estómago. Siguen consumiéndola por el placer de su maravilloso aroma.

Contiene mucílago, taninos, calcio, magnesio eficaces para combatir espasmos musculares y curar heridas. Se usaban hojas verdes en infusión o cataplasmas.



Figura 3. *Chenopodium ambrosioides*, foto M.Castro

Llantén mayor (*Plantago major*) García (2008:285)

Conchita cuenta que su madre la enviaba a recoger hojas de esta hierba cuando tenía infección de orina. Explica que una vez cocidas se hacía un lavado.

Presenta glucósidos, aucubina, taninos y sales minerales, azufre, mucílago y aceites, por lo que es antioxidante, antibacteriana diurético, expectorante, laxante, astringente, antiséptico, anti-inflamatorio, antitusivo y emoliente. También se usaba para afecciones de garganta, catarro, ojos, heridas, picaduras, expectorante, antibacteriano, suavizante, emoliente, antiinflamatorio y antialérgico

Eran usadas hojas, semillas, raíces y savia en infusión, cataplasmas, hojas trituradas o cocimiento.

Malva (*Malva sylvestris*) García (2008:115)

Carmen Cruz recuerda con nostalgia el momento de su parto. Menciona que le dieron una infusión de malva para ayudar a expulsar la placenta.

Presenta mucílagos, vitamina C, niacina, tiamina, riboflavina, taninos, entre otros, por ello es calmante, laxante, suavizante, antirreumática y emoliente, además, suaviza las mucosas respiratorias y reduce la inflamación, procesos catarrales, irritaciones estomacales, regulador intestinal. Uso externo para granos, úlceras, cuidado de los ojos y picaduras de insectos.

Se utilización hojas, flores (antes de la apertura) y raíz en infusión, cocimiento o cataplasmas.

Meruxa ou pamplina (*Stellaria media*) García (2008:85)(Fig. 4)

Amparo Ferrero explica que la "meruxa" la tomaban como ensalada y que resultaba muy eficaz para el catarro

Es rica en fibra, ácidos grasos esenciales, proteínas, saponinas y flavonoides, por ello se usa para reumatismo, psoriasis y úlceras.

Toda la parte verde es empleada como en ensalada.



Figura 4. *Stellaria media*, foto M.Castro

Violeta (*Viola odorata*) García (2008:120)

Sara Rodríguez 72 años dice que la infusión de pensamientos o violetas eran utilizadas para los dolores de cuerpo y de cabeza.

Contiene alcaloides, flavonoides, saponinas, alcohol, cetonas, mucilagos y ácido salicílico, por lo que es vomitiva, expectorante. Se usan hojas y flor en infusión.

Además de las plantas relacionadas, los informantes nos cuentan el empleo que hacían de muchas otras que, por ser más conocidas, no hemos seleccionado para nuestro análisis: tomillo, orégano o “nébeda” eran muy utilizadas para catarros y nos cuentan que el “mentrastre” o la menta poleo se tomaban a diario para la buena digestión. Estas últimas eran muy solicitadas por los niños, debido al azúcar que se le añadía a la infusión. Pilar Vázquez se entusiasma cuando nos cuenta que: “A Reboira estaba cheiña de menta poleo, de berros e de macela; por iso, cando ceibabamos as vacas a pastar para alí, daban máis leite que cando iban para a Lama de Outeiro”.

1.2. Información recopilada en la zona de Vigo

Para conocer la situación actual en la ciudad hemos elegido Vigo, consultando a informantes de diferentes edades entre 49 y 87 años, que nos han suministrado la información que figura en la tabla 1.

Tabla 1. Especies utilizadas en la zona de Vigo

NOMBRE GALLEGO	ESPECIE/ FAMILIA	USOS	INFORMANTES		
			Nº	SEXO	EDAD
Apio	<i>Apium graveolens</i> / Apiaceae	nervios, catarro	1	M	87
Cardo mariano	<i>Silibum marianum</i> / Asteraceae	higado	1	M	87
Cárvea	<i>Carum carvi</i> / Umbellifereae	digestión y gases	1	V	75
Codeso	<i>Adenocarpus complicatus</i> / Fabaceae	elimina lombrices	1	V	75
Couselo	<i>Umbilicus rupestris</i> / Crassulaceae	catarro	1	M	87
Dente de león	<i>Taraxacum officinalis</i> / Asteraceae	elimina verrugas	1	M	60
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i> / Myrtaceae	tos y catarro	2	M	60 81
Hedra	<i>Hedera hibernica</i> / Araliaceae	dolor de muelas	1	M	87
Herba cirulla	<i>Chelidonium majus</i> / Papaveraceae	elimina verrugas	1	V	75
Herba Luisa	<i>Aloysia citriodora</i> / Verbenaceae	dolor de vientre	1	M	81
Hortelá	<i>Mentha spicata</i> / Lamiaceae	lombrices, dolor de vientre	1	M	72
Malva	<i>Malva sylvestris</i> / Malvaceae	piel y granos	1	V	75
Noceira (follas)	<i>Juglans regia</i> / Juglandaceae	infección vaginal	1	M	49
Oliveira	<i>Olea europea</i> / Oleaceae	hipertensión	1	M	87
Ortiga	<i>Urtica dioica</i> / Urticaceae	activa la circulación	2	M	60 87
Pirixel	<i>Petroselinum xhortense</i> / Umbellifereae	estómago y gases	1	M	87
Ruda	<i>Ruta graveolens</i> / Rutaceae	digestión, antivomitiva, lombrices, elimina callos y durezas, menstruación abortiva	4	M	49 60 72 81

Análisis de los resultados

Dentro de las limitaciones dadas por la reducida información, hemos comparado con libros divulgativos sobre la materia, para encontrar coincidencias con los usos, hallando que para una misma planta hay diversidad de aplicaciones, entre las cuales unas veces existe coincidencia y, en algún caso, resulta totalmente novedoso. Por otra parte, hemos comprobado que en la ciudad la información resulta más inconcreta y, en muchas ocasiones, no pueden precisar el nombre de la planta ni la forma de aplicación.

La media de edad de los informantes gira en torno a 74 años y se trata, fundamentalmente, de mujeres. De los datos obtenidos hemos comprobado que las dos familias con más especies son: Asteraceae con 3, Umbilicaceae y Lamiaceae con 2 , tal como se indica en la tabla 2.

Tabla 2. Familias de plantas con más especies usadas en localidades gallegas: ■ Asteraceae, ■ Lamiaceae, ■ Umbilicaceae, ■ Rosaceae (datos obtenidos de los diferentes estudios referenciados)

	Rosende	Noroeste	Triacastela	Provincia A Coruña	Terra Chá
1º	■	■	■	■	■
2º	■ ■	■	■	■	■

Las plantas conocidas por un mayor número de encuestados son: *Ruta graveolens* con 4, *Asplenium trichomanes* y *Crataegus monogyna* con 2/3, *Urtica dioica*, *Eucalyptus globulus* y *Malva sylvestris* con 2 (tabla 3) y las patologías más comunes: digestión, lombrices, catarro (González-Hernández, *et al.*, 2004) y verrugas gases, granos y nervios (García, 1993).

Tabla 3. Especies más conocidas en nuestra encuesta coincidentes con otros estudios: ■ Rosende, ■ Noroeste, ■ Triacastela, ■ Provincia A Coruña, ■ Terra Chá

<i>Ruta graveolens</i>	<i>Urtica dioica</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Malva sylvestris</i>
■	■	■	■
■	■		■
■			
■	■	■	
■	■	■	

CONCLUSIÓN

Nos hemos centrado en dos zonas claramente diferenciadas por su entorno: Rosende, rural, y Vigo, urbano. Hemos extraído datos generales correspondientes a plantas que los informantes no recordaban claramente el nombre, la parte utilizada, etc. De la información sesgada que se registran en la tabla correspondiente al área de Vigo se observa que, al no ser una necesidad imperiosa su empleo por la comodidad que supone la medicina convencional, tienen que hacer un gran esfuerzo para recordar usos en su niñez.

En el rural el análisis ha sido más interesante por los matices y recuerdos vivos aun en la memoria. Con el fin de no alargar el trabajo nos hemos limitado a relacionar aquellas plantas cuyo uso resulta más excepcional, con datos más novedosos. La avanzada edad de los informantes nos hace reflexionar sobre la importancia de esta valiosa aportación y sobre el riesgo de perderla. La gran mayoría de las personas

que han compartido sus conocimientos son mujeres, hecho que también coincide con los estudios y tesis de los que nos hemos valido para contrastar nuestros datos.

En general las reseñas obtenidas en cuanto al empleo de familias, especies y usos se ajustan, en su mayor parte, con las de los otros trabajos consultados. No obstante, se trata de una comparación somera porque nuestro análisis está enfocado a resaltar las singularidades encontradas.

BIBLIOGRAFÍA

- Anillo, J. (2011). Estudio etnobotánico de la comarca de Terra Chá In http://www.ibader.org/archivos/docs/RR_Seriecursos_06_06.pdf [27/03/2015].
- García, A. (1993). Plantas curanderas en el Camino de Santiago comunes al hombre y al ganado. Servicio Publicaciones Diputación Provincial. Lugo.
- González-Hernández, M. P., Romero, R., Rodríguez M., Rigueiro, A. (2004). Uso medicinal de algunas plantas en Galicia In http://www.lib.teiep.gr/images/stories/acta/Acta%20629/629_8.pdf [27/03/2015].
- Latorre, J. A. (2008). Etnobotánica de la provincia de La Coruña In http://bibdigital.rjb.csic.es/PDF/Latorre_Estud_Etnobot_La_Coru%c3%b1a_2008.pdf [20/03/2015].
- Lis, V. (1949). La medicina popular en Galicia. Gráficas Torres. Pontevedra.
- Mosquera, M. (2013). A nosa botica: Plantas medicinais. Cumio. Ponte Caldelas.
- Romero, R., Rodríguez, M., Resua, Á. (2013). Plantas utilizadas en medicina humana y veterinaria en el municipio de Triacastela, Lugo In <http://vufind.uniovi.es/Record/ir-ART0000664087> [12/03/2015].

PLANTAS EN RELACIÓN CO FOLCLORE GALEGO: USO MÁXICO

Gabriela García Blanco, David Gutiérrez Rial, Lois Regueira Marcos, Andrés Reigosa Alonso

e-mail: gabrgarcia@alumnos.uvigo.es, davgutierrez@alumnos.uvigo.es,
loregueira@alumnos.uvigo.es, areigosa@alumnos.uvigo.es

Trabajo Botánica II:

Resumen

Aquegnias

Tutora:

- Marisa Castro Cerceda

Departamento de Biología

Vegetal y Ciencia del Suelo

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

A partir da bibliografía recóllense datos sobre usos máxicos de plantas en Galicia, conservados a través do folclore. Mencionanse algunhas das especies máis relevantes da cultura galega e explicase a súa historia, así como os usos reais apoiados pola investigación científica.

INTRODUCCIÓN

Existe unha longa tradición na cultura galega de lendas relacionadas coas meigas, a maxia e demais elementos fantásticos. A maioría son meros contos para nenos ou non tan nenos; outras, pola contra, teñen certo punto de realidade en canto a poderes sobrenaturais que se atribúen ás plantas. Claro está, que non estamos admitindo a existencia da maxia. O que queremos dicir é que moitas plantas posúen compostos químicos que poden axudar a sandar certas doenzas ou que poden provocalas, así como outros que teñen efectos sobre nós que non imos clasificar coma beneficiosos ou prexudiciais.

Por este motivo, o uso das plantas na cultura galega ten sido dende sempre esencial para entendermos a nosa historia dende un punto de vista da tradición. A continuación, falaremos sobre algunhas plantas con interese en certos rituais que teñen sido amplamente aceptados ata fai ben pouco, e que mesmo seguen a ter vixencia na actualidade.

Os preparados de plantas, que realmente funcionaban (ou iso dicían), debían seguir estritamente uns pasos e facerse en determinadas datas ou lugares.

Alguns destes rituais teñen que ver coa procura do amor entre mozos e mozas; outros, coa protección fronte ao maligno, pois en Galicia existen cantidades inxentes de monstros dos que calquera cativo ten medo (e mesmo algún adulto que creuse demasiado as historias da súa avoa). Tamén están as pocións que curan tódolos males, dende unha simple dor de estómago ata a propia morte, pasando claro está por aqueles problemas relacionados coa fertilidade. De feito, estes últimos son case os máis importantes para os galegos antigos, ao parecer, pois hai gran cantidade de lendas ao respecto.

Pero o uso máxico das plantas vén de hai xa moito, dende os nosos antepasados os celtas, que xa coñecían algunhas das propiedades especiais dalgunhas plantas, e inventaban outras para o seu propio disfrute, como veremos máis adiante.

Así pois, procedemos a mencionar algunhas das plantas máis relevantes da nosa cultura e explicar a súa historia, así como a contar brevemente os usos reais que teñen apoiados pola investigación científica.

Herbas de san Xoán

A noite de San Xoán, do 23 ao 24 de Xuño, coincide co solsticio de verán, é a noite dos milagres e dos encantos. Existen moitas tradicións ao redor da noite de San Xoán (Lorenzo, en liña). A principal é a de

acender unha fogueira e saltala dun lado ao outro, có fin de que o lume nos purifique e nos protexa. Outros costumes menos coñecidos son, por exemplo, bañarse en fontes santas e milagreiras ou recoller herbas do camiño, as coñecidas como herbas de San Xoán.

As herbas de San Xoán son un conxunto de herbas, xeralmente de 7 ou 9 especies distintas (ambos números son máxicos), as cales se amarran e se botan a un caldeiro con auga durante a noite do 23 de xuño. Segundo nos contan as lendas galegas, ao deixárense estas herbas coa auga durante toda a noite, evítase que os demos e os espíritos poidan entrar nos nosos corpos ou fogares. O conxunto das herbas e a auga forman o cacho.

Aínda que existen diferencias entre os costumes adoptados nas diferentes zonas de Galicia, existen una serie de regras compartidas. Unha delas é que, para que o cacho faga maior efecto, a auga recollida debe provir de 7 ou 9 fontes diferentes. Respecto as herbas, existen certas variacións, dependendo das herbas que aparezan nas diferentes zonas. Porén, hai 7 herbas principais que non deben faltar no cacho: a herba de San Xoán, o fiúncho, o romeu, a herba Luísa, o codeso, o fento macho e a malva.

Segundo as lendas cristiás, durante a noite do 23 de xuño, deixase o cacho fóra da casa para que o propio San Xoán a bendiga. Tamén hai xente que coloca cardos ou silveiras sobre o cacho para que o demo non “cague” nel. Noutros lugares tamén se poden botar cartos. Na parroquia de Domaio hai quen coloca cachos tanto en portas como en fiestras, xunto con toxos e cruces negras para evitar a entrada de meigas ou da Santa Compañía.

Ao día seguinte, recóllense as herbas do cacho e pónense a secar. A auga, con tonalidades verdes, utilízase para lavar o corpo e o pelo, e desta maneira purifícase. Hai quen di que cura as enfermidades pulmonares. As herbas déixanse secar uns días, para logo utilizar as súas propiedades medicinais.

Coméntanse as 7 herbas principais:

- **Herba de San Xoán** (*Hypericum perforatum*), tamén chamada hipericón, abeluria, espantademos, malfurada, abelouro, etc. A crenza popular era que, ao queimala na casa, espantaba aos demos. Ten propiedades astrinxentes, diuréticas, antide-presivas, cicatrizantes, antisépticas (“A herba de San Xoán limpa a cara de grans”).



Figura 2. *Hypericum perforatum*, fotografía M.Castro

- **Herba Luísa** (*Lippia triphylla*), tamén chamada verbena olorosa. Din que foi costume recoller esta planta ás doce desa noite, por parte das mozas casadeiras, a que fixo que o nome de verbena se estendese a toda as celebracións nocturnas. Utilizábase para facer moitos ritos e feitizos amorosos. Ten propiedades dixestivas, cura as dores de barriga e de cabeza.

- **Codeso** (*Adenocarpus complicatus*), tamén chamado nalgúns lugares piorno ou retama. Ten un aroma semellante ao do me atribúenselle propiedades purgantes, diuréticas e tónicas para o corazón. Era planta sagrada para os druídas celtas. Coas súas ramas várrese a casa para purificala e protexela.

- **Fento Macho** (*Dryopteris filixmas*), tamén coñecido como fieto, dentebrún e dentabrón. Cóntase deste fento que bota 'flores' á medianoite no San Xoán, que serven para facer feitizos e no 'Ciprianillo' cóntase que pondo un lenzo baixo do fento á mañá estará cheo de demos pequenos. É venenoso, actúa como paralizante muscular. Utilízase para acabar coas tenias intestinais e outros parasitos, pero con dificultade para adminístralo por ser venenoso.

- **Fiúncho** (*Foeniculum vulgare*), tamén chamado fiollo ou fionllo (fig. 2), dise que protexe do mal de ollo. Levar un saquiño con sementes axuda a conservar a saúde. Levar unha poliña no zapato esquerdo axuda a evitar as carrachas. Ten propiedades diuréticas e dixestivas. Utilízase para lavar os ollos e axuda á secreción do leite. Tamén é eficaz contra a asma.



Figura 2. *Foeniculum vulgare*, fotografía M.Castro



Figura 3. *Malva silvestris*, fotografía de M.Castro

- **Malva** (*Malva silvestris*). As propiedades desta planta (fig. 3) son enxalzadas en moitos ditos populares: "Cun horto e un malvar hai menciñas para un fogar", "cun pozo e un malvar, boticario dun lugar". Serve para queimaduras, picaduras de abellas... Tamén é moi eficaz para todo tipo de enfermidades respiratorias, como gripes ou arrefriados. Tamén para afeccións dixestivas e nerviosas

- **Romeu** (*Rosmarinus officinalis*), tamén chamado alecrín e rosmariño (fig. 4). É unha das plantas máxicas, que se utiliza para purificar e protexer. Hai tempo queimábase cando había enfermos na casa. Cheirar a súa madeira conserva a xuventude. A súa esencia é tónica, estimulante, cicatrizante, boa para a reuma e fai crecer o pelo. Tamén é boa para a gorxa e para o sistema circulatorio.



Figura 4. *Rosmarinus officinalis*, fotografía de M.Castro

Outras máis locais serían o sabugueiro (*Sambucus nigra*), contra as inflamacións e a tose; o croque (*Digitalis purpurea*), planta moi tóxica que afasta ás meigas (*Daphne gnidium*), con propiedades antiinflamatorias e purgantes moi enérxicas, aínda que perigos, para completar as 9 plantas.

Existen outras herbas que se poden utilizar no cacho, con fin de substituír algunha outra herba que falte ou para incrementar o efecto do mesmo. Destacamos as seguintes: Tromentelo (evita a caída do pelo), folla de cana e choupo (ollo de prata), ruda e macela (contra a dor de barriga), hortelá e mildrastes (picor das estrugas), espadaina, puenso, herba lemona, lirio, ourego, loureiro e allo (contra as aireadas e a reuma), rosas, follas de nogueira con tres noces (cura as chagas do corpo), fento rizado (peineta), herba do Carme, silveira, folla de figueira, folla de olmo, folla de laranxeira, malvarosa, hortensia, folla de viña branca

A herba de namorar e as súas lendas

Aparece en moitas lendas da cultura galega baixo diferentes nomes: herba de namorar, flor de San Andrés, flor do Lirolai (fig. 5)... en cada historia cómpre un papel distinto, mais en todas elas este papel ten que ver coa fertilidade ou o namoramento. De feito, hai unha copla que di así: “A herba de namorar, a herba namoradeira, a herba de namorar, tráiocha na faldriqueira”. Recibe o nome científico de *Armeria maritima* (Woodell & Dale, 1993), que se reproduce facilmente por esquexese pode formar híbridos con *Armeria pubigera*, tamén usada para o mesmo fin.e coa que pode ser confundida.



Figura 5. *Armeria pubigera*, fotografía de M.Castro

É unha planta perenne, con raiceiras leñosas de ramas curtas (Mourazos González, 2010a), das que saen caules verticais (escapos) duns 20-30 cm de alto, varios por mata, cada un con cadansúa inflorescencia en capítulo. As follas atópanse só na base e son lanceoladas ou aciculares, dende 1 a 15 cm de longo, normalmente glabras ou con pequenos pelos (García, 2008). A cor das inflorescencias vai dende branco ata rosa intenso. Florecen no verán, entre abril e xullo (en San Xoán están en flor).

A tradición di que a herba de namorar só medra en Galicia, o cal non é certo, e que o lugar onde mellor medra é preto de San Andrés de Teixido (Cuba *et al.*, 2000). Hai que recollela na noite do medio do verán, é dicir, na noite de San Xoán, para que teña efecto como namoradeira. Para isto pode usarse de dúas maneiras ben distintas: poñéndoa a carón dunha persoa que durme, co cal namórase da primeira persoa que ve ao espertar; ou ben pódese facer con ela un filtro de namorar.

Estes filtros prepáranse xunto con outras herbas, algunhas recollidas tamén na noite de San Xoán, e, parece ser que son moi efectivos si se consegue que a persoa en cuestión beba a poción (aquí estriba a dificultade do asunto). Así como as herbas parecen incluso apetecibles, outros ingredientes esenciais do filtro semellan ser un tanto repulsivos para que ninguén os queira probar: rapas de uñas, suor do namorado, sangue de morcego, xenitais e corazón de distintas aves... Outros filtros de amor poden ser específicos segundo os empregue unha muller ou un home, tales como licor con sangue da muller menstruante ou caramelos de seme do namorado.

Ademais do efecto de atracción, ten función como herba empañadeira. Así, unha posible relación de causa-efecto, leva a que tamén axuda á fertilidade. Tendo en conta isto, hai razóns para crer que a herba de namorar é a mesma que a flor de San Andrés, unha flor de resurrección, pois fertilidade ou florecemento = resurrección, e medra, como xa está mencionado no artigo de Cuba *et al.* (2000), nas proximidades de San Andrés de Teixido.

A lenda da flor de San Andrés conta que catro irmáns atopáronse nun camiño coa Virxe María, que lles pide, un por un dende o maior ata o máis pequeno, un cacho de pan. Só este último entrégalle parte do seu, e a Virxe decide recompensalo con unha flor que atopa un pouco máis adiante no camiño.

Cando a recolle, os irmáns envexan tanto a fermosura da mesma que o matan e o enterran, mais por mor da culpa que os come por dentro non se atreven a lucila e plántana enriba do corpo do neno. Ao día seguinte, un paxariño cántalle a un pastor que sentara enriba da tumba o que alí había, co que para comprobalo desenterrou o neno. Este, ao contacto coa flor, resucita e conta o sucedido e así os irmáns reciben o merecido castigo. O relato resúmese no dito popular: “San Andrés de Teixido, que de morto fai vivo”, que ten variantes fónicas como “San Andrés de Teixido, ao que vai de morto quen non foi de vivo” ou “San Andrés de Teixido quen non vai de vivo unha vez, vai de morto tres”, ...

Esta lenda é moi semellante ás da flor do Lirolai e a do Violar, na que se refiren a varios irmáns en busca dunha flor e todos asasinan ao que a atopa, que logo resucita ou queda presente en alma para perseguir aos seus asasinados.

Actualmente, esta planta é utilizada sobre todo como tratamento, aparentemente efectivo, contra a obesidade, ademais de resultar útil contra infeccións urinarias e como antibiótico xeral e como planta ornamental. As variedades máis utilizadas con este fin son *Armeria maritima* 'alba', de flores brancas, e *Armeria maritima* 'vindictive', de cor rosa.

Loureiro, unha planta protectora contra diversos perigos

Laurus nobilis (Mourazos González, 2010b) é unha árbore da familia das lauráceas, orixinaria do Mediterráneo, de entre 5 e 10 metros de altura. As follas, duns 3 a 9 cm de lonxitude, son coriáceas e lanceoladas, coa marxe ondulada, e desprenden un recendo moi característico que as fai especialmente útiles na cociña. As flores, dispostas en inflorescencias de 4 a 6, son amarelas e unisexuais, é dicir, non pre-sentan os órganos reprodutores masculino e feminino na mesma flor e atópanse en árbores diferentes (dioicas).

Na tradición galega, esta planta ten poderes precautorios, utilízase como protección contra distintos perigos (Cuba *et al.*, 2000). Isto vese claramente, por exemplo, cando se colga o loureiro bendito no domingo de Ramos en camas e fiestras para protexer do maligno.

Tamén axuda contra as treboadas, queimando un chisco cando comeza a tronar e rezándolle a Santa Bárbara unha xaculatoria espántanse os raios (Castro *et al.*, 2001). A orixe deste uso é curiosa, pénsase que ven dos romanos, en concreto do César, que puña unha coroa de loureiro para espantar os raios (Cuba *et al.*, 2000). Outra forma de usalo é facer cruces con paos de loureiro e distribuílos pola casa.

Cando se remata unha construción, pónselle enriba unha poliña de loureiro. Ademais, tamén se empregaba nos velorios, para protexer do aire do morto, mediante a aspersión de auga bendita sobre o corpo cunha poliña de loureiro.

Actualmente, amais de planta ornamental, emprégase o aceite dos froitos como antiinflamatorio para as articulacións, por vía externa. Iso si, hai que ter coidado, pois inxerilas súas follas, especialmente os nervios, sen moderación pode causar toxicidade.

Oliveira, árbore santa

A oliveira (*Olea europaea*) é unha árbore de folla perenne, que mide ata 10 metros de altura, co tronco retorcido e a cortiza agretada, de cor cinsenta. Posúe follas lanceoladas, opostas, ao longo das ramas. Flores agrupadas en panículas, de cor branca (Mourazos González, 2010c). O froito é a oliva, unha drupa rica en materia graxa.

Esta é unha árbore relacionada coa morte (Cuba *et al.*, 2000), probablemente porque Cristo foi detido no "Horto das oliveiras de Getsemani", e algúns cren que a súa cruz era de madeira de oliveira. En Galicia, normalmente atopámola nos cemite-rios, pois son árbores perennes, sempreviva, é dicir, funerarias pola relación coa eternidade.

Xa nos rituais pagáns da antiga Roma, antes de Cristo, relacionábase a oliveira coa paz, ritual que se conserva na relixión católica. E, tamén na antigüidade, os atletas que resultaban gañadores dos Xogos Olímpicos eran premiados con coroas de polas de oliveira.

Empréganse as ramas, por exemplo, bendicidas no Domingo de Ramos, para atraer paz aos fogares e, estas poliñas bendicidas protexen contra o raio, igual que o loureiro. Considerase que plantadas nun lugar sagrado posúen propiedades de curación.

Actualmente, o seu uso vai dende o cultivo para conseguir olivas e o seu aceite (moi estendido no sur de España e Portugal, aínda que antigamente tamén o estaba na Galicia Sur), pasando polo uso ornamental, ata a extracción de triterpenoides a partir das súas follas que axudan contra a hipertensión, a arteriosclerose e son antioxidantes (Somova *et al.*, 2003).

Verbena, planta festiva nas noites de San Xoán

A verbena (*Verbena officinalis*), tamén coñecida como "herba dos feitizos", "herba sagrada" ou "herba das gracias", é unha planta herbácea e perenne da familia das verbenáceas (Fig.6). Crece en terreos que non foron cultivados ata o momento, tamén no borde dos camiños e de estradas. É abundante en toda Europa, Asia e África en chans con certa humidade, entre os 0 e os 1.500 metros de altitude.

Pode crecer ata os 75 cm. O caule é erecto, con nós moi distanciados. As ramas son opostas e abertas, cada parella forma unha V. As follas inferiores son romboi-des, e están moi divididas, con lóbulos que case alcanzan o nervio principal, as superiores son pequenas e escasas, sésiles e con moitas menos divisións.



Figura 6. *Verbena officinalis*, fotografía de M.Castro.

As flores son moi pequenas e de color lila rosado, normalmente non superan os 4 mm de lonxitude. O froito é unha tétrade de aquenios. A corola é case o dobre de largo có cáliz, os pétalos son bilabiados e con cinco lóbulos planos en forma de tubo corto. Cáliz e corola con pelos. As flores encóntranse agrupadas en inflorescencias que teñen forma de espiga, que poden medir de 8 a 12 cm (García, 2008).

Os druídas empregárona como planta máxica para distintos tipos de conxuros; para conseguir un novo amor, protección, purificación, paz, diñeiro, xuventude e, sobre todo, para a curación de distintos tipos de doenzas, pero a forma de aplicala era distinta dependendo do que se buscara. Se salpicabas en forma de infusión axudaba a escorrentar os malos espíritos e atraía a prosperidade económica; sen embargo se a difundías polo ambiente, axudaba a calmar distintas emocións e para axudar ao crecemento das colleitas enterraban una folia no terreo de labranza.

Ademais, atraía a boa fortuna e a protección para todo aquel que se untase co seu xugo e no ámbito amoroso queimábase para disipar o amor non correspondido.

Como xa introducimos, foi unha planta moi empregada na maxia europea. Os antigos celtas a consideraban un dos arbustos sagrados e a tiñan en gran estima polas súas virtudes como protectora contra o mal e na antiga Grecia, Dioscórides (médico, botánico e farmacólogo) chamouna "herba sagrada", debido ao seu papel protagonista nas cerimoniais relixiosas da época antiga. E, nas tradicións máxicas da Península Ibérica, era a planta por excelencia xa que nas noites da véspera de San Xoán, dicíase que a planta tiña os maiores poderes máxicos.

O nome galego de Herba dos Ensalmos, resalta as súas virtudes máxicas, as cales en Galicia estaban especialmente destinadas a potenciar ou a conseguir o amor da persoa desexada. Aínda se conservan libros con apartados relativos aos seus poderes máxicos, onde se recompilan fórmulas para conseguir ser amado: "Para o amor frotar as propias mans co xugo de verbena e tocar logo con ela á persoa que se desexa render de amor".

En Galicia as follas da verbena empregábanse para diagnosticar aos nenos o chamado "mal do aire" ou "aire de envexa", unha variante do famoso "mal de ollo". As propiedades medicinais unidas ás súas propiedades máxicas, converteron a esta planta nun "cúralo todo" de gran eficacia (Espíritu Gaia, en liña). De feito, ten poderes de curación, xa que, entre outras cousas, era mesturada con sementes de peonia para reanimar ás persoas desvanecidas.

Sen embargo, non todos os seus poderes se consideraban bos. Así, se se deixaba nun lugar, despois de oito semanas, xeraba vermes que podían producir a morte a calquera que os tocara, se se colocaban nun pombal atraían a tódalas pombas e a tódolos pintadiños da contorna e o po destes vermes se era espaxado no lugar de encontro de dous amantes, estes acababan discutindo.

Romeu, protector do lar e das persoas

O romeu (*Rosmarinus officinalis*), tamén coñecido como alecrín e rosmariño, é unha planta orixinaria da rexión mediterránea, termófila, que alcanza o seu desenvolvemento óptimo en sitios secos e soleados sobre todo das áreas onde o chan é especialmente seco, areoso e rochoso.

Trátase dun arbusto leñoso perenne moi aromático da familia das labiadas que pode chegar ata o metro e medio de altura. Os caules son erectos e ramificados. As follas teñen forma alongada, son opostas, dunha cor verde brillante pola face e cincentas polo envés. As flores son bilabiadas e de cor azul pálida, cos estames máis longos que os os pétalos e co labio superior da corola curvo. O seu froito é de cor parda e forma tétrades de aquenios.

Trátase dunha planta máxica, que se utiliza para purificar e protexer. Fai anos queimábase cando había enfermos na casa, xa que a súa esencia ten moitos beneficios e é desinfectante.

Ademais, é tónica, estimulante, cicatrizante, boa para a reuma, alivia dores articulares, tonifica o corpo, axuda ao crecemento do cabelo... e as súas infusións son boas para o corazón, a circulación da sangue, a anemia, a depresión, a tose e o asma e favorece as dixestións.

O famoso alcohol de romeu usouse desde moi antigo para aliviar as doenzas musculares e as zonas do corpo doloridas, emprégase tamén para baños relaxantes, como “mascarilla revitalizante” para o cabelo e como tónico capilar.

Dise que ten a virtude de escorrentar as pragas, polo que as plantas do seu redor estarán protexidas.

Carballo, árbore sagrado e nobre na cultura celta

Xunto co visgo o carballo (*Quercus robur*) era a árbore mais “respectada” polos nosos antepasados, os celtas. Caracterízase pola a súa ampla copa de folla caduca e as grandes dimensións que poden adquirir os seus troncos. É abundante ao longo do territorio galego.

Para os celtas os carballos eran árbores sagradas e obxecto de culto polos druídas. Considerábanos semideuses, o “árbore da vida”, e representábano coma unha árbore coas raíces e ramas entrelazadas facendo alusión á vida eterna e ao renacemento.

Aos carballos asociaban a cura de problemas de esterilidade mediante infusións das follas ou diversos rituais nos que utilizaban ramas ou follas de carballo poderían outorgar fertilidade. Como recolle D.J. Conway, créese que baixo os carballos, sacerdotes e sacerdotisas levaban a cabo rituais sexuais nos que copulaban física e espiritualmente fertilizando así á Deusa Mai, maxia por simpatía (Green, 2001). As follas tamén servían de antídoto contra determinados velenos.

Os celtas pensaban que admirando os carballos se verían reforzados actitudes como a forza, a valentía, a sabedoría, a lonxevidade... A crenza na maxia e sobre todo nas calidades das plantas era tan estendida neste pobo, que incluso crearon un horóscopo baseado en distintas árbores. Ás persoas nadas o 21 de Marzo se lles atribuiría a mais sagrada das súas árbores, o carballo, e deberían ser persoas valentes.

A historia que rodea a esa robusta árbore non rematou cos celtas, hoxe en día seguen conservándose carballos centenarios, algúns que poden alcanzar os mil anos e estase a intentar con esmero que non sexan cortados. Un exemplo é o do exemplar situado na Capela de Santa Margarida (fig. 7), na cidade de Pontevedra, que se cree pode superar o milenio (Palacios & Redondo, 2005). Crese que é anterior á capela e constitúe un resto testemuñal dun antigo bosque druída (cerca está unha carballeira) e, unha lei non escrita prohibe que sexa golpeado con calquera material de aceiro ou de ferro, tradición celta pola que non utilizaban utensilios de estes materiais para recoller o visgo situado nas ramas dos carballos como se indicou antes.



Figura 7. Carballo centenariano xunto á capela de Santa Margarida, Mourente (Pontevedra), fotografía de Gutiérrez

Rematamos comentando brevemente as que son posiblemente as dúas plantas mais emblemáticas relacionadas coa cultura celta, o visgo e o carballo, árbore sagrada para os nosos antepasados.

BIBLIOGRAFÍA

- Castro, M. L., Lorenzo, P., Martins, F. X., Varela, J. (2001). Etnobotánica sin fronteras / Etnobotânica sem fronteiras. Grupo CIMPOR. Vigo
- Cuba X. R., Reigosa A., Miranda X. (2000). Dicionario dos seres míticos galegos. (3ª ed.). Edicións Xerais de Galicia, Vigo.
- Espíritu Gaia (en liña). Verbena. In <http://www.espiritugaia.com/VerbenaMag.htm> [3/4/2015]
- Green M.J. (2001). Mitos celtas. Akal. Madrid.
- Lorenzo S. (en liña) As herbas de San Xoán. In: <http://www.rios-galegos.com/sanxoan.htm> [31/3/2015]
- Mourazos González, M. J. (2010a). Herba de namorar (*Armeria sp.*) Mini-Atlas Xeobotánico de Galicia. [Documento en liña, creado o 30 de xuño de 2010]. <http://www.vexetaciondeg Galicia.es/plantas.php?id=armeria> [4/4/2015]
- Mourazos González, M. J. (2010b). Loureiro (*Laurus nobilis*) Mini-Atlas Xeobotánico de Galicia. [Documento en liña, creado o 30 de xuño de 2010]. In <http://www.vexetaciondeg Galicia.es/ar-laurus-nobilis.html> [4/4/2015]
- Mourazos González, M. J. (2010c). Oliveira (*Olea europaea*) Mini-Atlas Xeobotánico de Galicia. [Documento en liña, creado o 30 de xuño de 2010]. In <http://www.vexetaciondeg Galicia.es/ar-olea-europaea.html> [4/4/2015]
- Palacios, C. J., Redondo, J.I (2005). Árboles singulares de España. Blume. Barcelona.
- García, X. R. (2008). Guía das plantas de Galicia. Edicións Xerais de Galicia, Vigo.
- Somova L. I., Shode F. O., Ramnanan P., Nadar A. (2003). Antihypertensive, antiatherosclerotic and antioxidant activity of triterpenoids isolated from *Olea europaea*, subspecies africana leaves. Journal of Ethnopharmacology. 84, 299:305 doi:10.1016/S0378-8741(02)00332-X
- Woodell S. R. J., Dale A. (1993). *Armeria maritima* (Mill.) Wild. (*Statice armeria* L.; *S. maritima* Mill.). Journal of Ecology 81, 573:588

BRIÓFITOS: PARA ALGO MÁS QUE PARA EL BELÉN

Francisco Javier Cabaleiro Piñeiro, Carlos Eireos Quinteiro,
Anxo Méndez Villar, Marta Ruiz Arribas

e-mail: fcabaleiro@alumnos.uvigo.es, ceireos@alumnos.uvigo.es,
anxmendez@alumnos.uvigo.es, mruarr@gmail.com

Trabajo Botánica II. Arquegoniadas

Grado Biología

Profesora :

- Marisa Castro Cercedo

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

A pesar de que los briófitos siempre han pasado desapercibidos y aparentemente no cumplen funciones de gran importancia, esto no es así. Estas plantas interactúan entre sí, con otros organismos y con su ambiente de una manera tan compleja como lo hacen el resto de plantas y animales (Delgadillo & Cardenas, 1990).

INTRODUCCIÓN

Un poco de historia

En la Península Ibérica existe una flora briológica muy rica. En concreto, Galicia presenta enclaves únicos en Europa, importantes por su riqueza y diversidad, con especies muy raras en la península y en el continente europeo. La primera publicación donde se mencionan los briófitos en Galicia es de Müller en 1854, en la que cuantifica un total de 18 especies. Las aportaciones más relevantes para el conocimiento de la flora peninsular y, gallega en particular, hasta mediados del siglo veinte fueron las llevadas a cabo por el que es considerado el padre de la briología española, Casares Gil, un ilustre botánico compostelano que fue autor de varias obras que marcaron época. Desde los inicios de los años cincuenta hasta finales de los setenta, la actividad briológica queda prácticamente estancada hasta que es retomada por Reinoso Franco (Reinoso Franco *et al.*, 2003) que realiza, junto a otros compañeros, una densa labor de muestreo por toda la Comunidad Autónoma de Galicia. Esta comunidad ha recibido la visita de numerosos botánicos extranjeros interesados en los briofitos como Müller, Levier y Luisier entre otros, atraídos por la riqueza y diversidad que presenta esta comunidad autónoma que se distribuye en ambientes muy variados: bosques, turberas, brezales, zonas litorales, con especies de marcado carácter oceánico.

¿Qué es un briófito?

Según Linneo, los briófitos son plantas criptógamas (sin semillas) que comprenden unas 20.000 especies y son, por tanto, el segundo grupo de plantas terrestres más diverso. Sin embargo, la diversidad está insuficientemente conocida (Estébanez *et al.*, 2011). Taxonómicamente están divididas en tres filos: *Marchantiophyta* (hepáticas talosas y foliosas; Fig. 1a), *Bryophyta* (musgos; Fig. 1b) y *Anthocerotophyta* (antocerotas; Fig. 1c). Son plantas relativamente pequeñas, de entre 2 y 20 centímetros de longitud que habitan en ambientes muy diversos (Raven *et al.*, 1992).

Los briófitos carecen de tejidos vasculares especializados (xilema y floema), por tanto, en sentido estricto, todos los briofitos carecen de hojas, tallos y raíces auténticas; sin embargo, presentan estructuras muy similares a ellas denominadas filidios, caulidios y rizoides, respectivamente. Los rizoides

son sencillos filamentos, y son los encargados de la fijación de la planta al suelo, pero no de la absorción de agua, que se lleva a cabo a través de la pared de las células. Su capacidad de absorción y retención de agua y nutrientes minerales (Bates, 1992), así como de aislamiento térmico, los convierten en importantes reguladores de la disponibilidad hídrica y de nutrientes (Estébanez *et al.*, 2011).

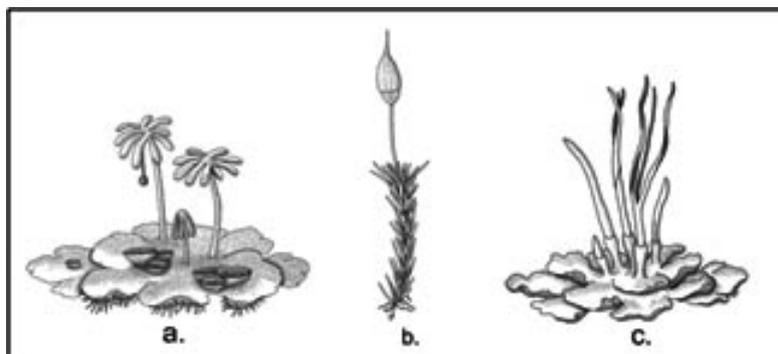


Figura 1. Grandes grupos de briófitos. a: hepáticas; b: musgos, c: antocerotas

Normalmente crecen en lugares húmedos en los bosques templados y tropicales, o en los bordes de humedales y arroyos, donde es habitual encontrar una gran variedad de especies y exuberancia de individuos, aunque no se limitan solamente a estos hábitats. Muchas especies de musgos se encuentran en desiertos relativamente secos, donde desarrollan numerosas adaptaciones para captar agua y resistir la desecación, o formando masas en rocas expuestas que pueden alcanzar altas temperaturas, incluso pueden encontrarse en montañas por encima del límite de vegetación arbórea (Delgadillo & Cárdenas, 1990). Unos pocos son capaces de vivir a orillas del mar, en rocas salpicadas por el oleaje, a pesar de que no existen briófitos estrictamente marinos. Muchos musgos son reviviscentes: capaces de permanecer vivos pero en estado latente durante años en condiciones de deshidratación y de recuperarse rápidamente al ser rehidratados (Estébanez *et al.*, 2011); sin embargo, otros musgos y hepáticas son acuáticos de manera que mueren si permanecen fuera del agua durante periodos incluso menores a 24 horas (Delgadillo & Cárdenas, 1990).

Al igual que los líquenes, los briófitos son especialmente sensibles a la contaminación atmosférica y a las perturbaciones que la acción humana ocasiona en la biosfera, y normalmente en las áreas contaminadas están ausentes o representados por tan sólo unas pocas especies. Por estos motivos es por los que se va haciendo notoria la necesidad de poner en práctica programas de conservación. Algunos briófitos tienen la habilidad de acumular grandes cantidades de determinados elementos como el hierro, el cobre o el plomo, o incluso contaminantes industriales o lluvia radioactiva (Rieley *et al.*, 2003). Por este motivo pueden ser usados como bioindicadores, analizando la acumulación de los contaminantes en los tejidos y comparándolos con el contenido de los mismos en el sustrato (Delgadillo & Cárdenas, 1990). También son importantes bioindicadores del cambio climático (Estébanez *et al.*, 2011).

Los tres grupos de briofitos son importantes dentro del ecosistema; por un lado interceptan la lluvia, absorben y retienen agua, previenen su escape por escorrentía y en algunas regiones, dada su gran biomasa, detienen la erosión (Bates, 1992). Por otro lado, mantienen relaciones ecológicas de varios tipos con otros organismos, como plantas, animales, bacterias, etc.

Por otro lado, también es conocida la acción fungicida y antibiótica de muchos briófitos frente a hongos y bacterias, se han identificado diversas sustancias que inhiben el crecimiento de microorganismos. Este efecto inhibitorio se ha denominado alelopatía.

Algunos de estos compuestos sirven para impedir o reducir el ataque por insectos fitófagos y otros animales. La presencia de estos compuestos biológicamente activos tiene un alto significado ecológico para los briófitos y para otros organismos ya que este control químico puede alterar la estructura y funcionamiento de sus poblaciones (Delgadillo & Cárdenas, 1990).

Otro punto importante en la ecología de estas plantas es que, en zonas recientemente perturbadas, como zonas incendiadas, después de la formación de lava, etc., se encuentran entre las primeras colonizadoras favoreciendo la acumulación de material orgánico y las condiciones adecuadas para que posteriormente sea ocupado por otras plantas (Delgadillo & Cárdenas, 1990). Además, los briófitos son eficientes fijadores de nitrógeno atmosférico (Gordon *et al.*, 2001).

En la transición a tierra de la vida fotosintética, los briófitos son considerados como un grupo de plantas crucial; de hecho, se ha conseguido un consenso casi general en que son las plantas actuales más relacionadas con el ancestro de todas las plantas terrestres. Pero no son importantes solamente desde el punto de vista evolutivo, sino que también juegan un importantísimo papel estabilizador cada vez más reconocido, además de su gran potencial en biotecnología y bioindicación.

Adaptándose

A pesar de ser cierto que la presencia de estas plantas no es dominante en la mayoría de los ecosistemas, en algunos bosques su producción de materia orgánica puede alcanzar el 50% y en las turberas y zonas boreales pueden representar entre un 90 y un 100% de la población vegetal.

Los retos ambientales que han de superar estas plantas son: la necesidad de retener agua minimizando la evaporación, de maximizar la productividad fotosintética y de protegerse.

Normalmente los briófitos carecen de mecanismos eficaces para mantener los niveles internos de agua ya que los tejidos aislantes están poco desarrollados, por lo que los niveles de hidratación dependen mayoritariamente de la disponibilidad ambiental. Existen especies que pueden resistir la pérdida de casi todo el agua interna en pocos minutos y revivir después de varios años, mientras que otras son altamente sensibles a la desecación.

Muchos de ellos, son capaces de sobrevivir en un estado metabólicamente inactivo durante las épocas de sequía y recuperar sus funciones vitales al volver a rehidratarse, lo que les permite aprovecharse de los cortos periodos favorables y poder adaptarse a múltiples ambientes como desiertos o altas montañas. Esta capacidad parece ligada a la síntesis de azúcares y proteínas que los protegen y mantienen su forma, y a mecanismos antioxidantes y fotoprotectores, permitiéndoles también sobrevivir a temperaturas muy bajas. Aun así, retienen grandes cantidades de agua en su superficie, incluso hasta 15 veces su peso, lo que cumple una función muy importante en el mantenimiento de las condiciones de humedad y temperatura en los ecosistemas (Estébanez *et al.*, 2011).

Debido al ligamiento que tienen a la disponibilidad hídrica, los briófitos suelen vivir en zonas sombreadas en las que es más difícil la evaporación. Por esta razón, algunos briófitos están adaptados a aprovechar intensidades lumínicas mínimas. De hecho, se han descrito ejemplares de musgos acuáticos en las profundidades de lagos geotermales de Yellowstone capaces de sobrevivir en condiciones lumínicas que el ojo humano catalogaría como de oscuridad.

Normalmente no requieren una alta concentración de nutrientes, es más, a menudo puede llegar a resultarles tóxica. Además, no están obligados a captar los minerales del sustrato, sino que pueden aprovechar los que están presentes en el polvo atmosférico y la precipitación absorbiéndolos por toda su superficie o almacenándolos en hendiduras. Esto les permite crecer sobre sustratos poco accesible para otras plantas como troncos, hojas, rocas...

Algunas hepáticas han desarrollado comportamientos carnívoros; de esta manera consiguen una fuente de nitrógeno alternativa a partir de pequeños organismos que quedan apresados entre sus filidios.

Además de todas estas adaptaciones, su ciclo vital y la reproducción asexual funcionalmente especializados les permiten sobrevivir a perturbaciones estacionales y colonizar con rapidez numerosos ambientes (Estébanez *et al.*, 2011).

Agentes contra la erosión

Junto con los líquenes, los briófitos forman en el suelo unas alfombras o costras que juegan un papel ecológico muy importante: controlan la erosión, cubriendo el suelo y protegiéndolo de agentes erosivos como el viento o la lluvia (Avendaño-Torres & Aguirre, 2007).

En las zonas áridas esto es muy importante, debido a la carencia de vegetales superiores que no pueden crecer en estos ambientes. En estas zonas la lluvia no es muy frecuente, pero cuando llegan las estaciones lluviosas se producen lluvias repentinas y con mucha intensidad (Fig. 2).

Además de contar con sus rizoides, que unen las partículas del suelo, esta costra biológica forma una barrera física que reduce la intensidad con la que las gotas de agua impactan con el suelo, restando gran parte del potencial erosivo de la lluvia, y ralentiza el flujo de agua alargando el tiempo durante el cual el agua puede empapar el suelo subyacente.

En otros hábitats, como selvas o bosques templados y fríos, los musgos también cubren una gran superficie del suelo, así como los troncos y ramas de muchos árboles (Fig. 3). Estas briofitas actúan en al menos tres maneras: reducen la velocidad y retrasan la escorrentía durante las lluvias (reduciendo la erosión), mediante la retención de la humedad después de la lluvia (manteniendo el régimen de humedad en el bosque) y filtrando el agua tanto a través de la caída y de la escorrentía (Scott *et al.*, 1997).

La naturaleza del suelo condiciona la aparición de las especies de briófitas y de su crecimiento, además de los demás factores ambientales. Los suelos arcillosos, ya sea por aparición natural mediante corrimientos de tierra o por causas derivadas de la industria, se ven colonizados por musgos, especialmente en zonas húmedas. La superficie del suelo rápidamente se ve cubierta y las partículas de arcilla se cohesionan gracias a sus rizoides.

Los briófitos son rara vez, o nunca, colonizadores iniciales de arena móvil (Scott *et al.*, 1997), pero una vez se han formado dunas o depósitos de arena (por lo general por la presencia de plantas superiores), estos aparecen como una fuerza estabilizadora importante. Sus rizoides protegen a la duna de las salpicaduras del agua y de la erosión eólica excesiva. Son capaces de soportar períodos de entierro por la arena fresca (a poca profundidad, no más de 4cm), y cambiar la posición de sus hojas para “nadar” hacia arriba y volver a colocarse en la superficie de la duna.

Pioneros

Evolutivamente, los antepasados de los briófitos actuales fueron los primeros en conquistar el medio terrestre y vivir fuera del agua, aunque siguen dependiendo mucho de ella para su supervivencia (Heras & Infante, 1993).

Los sitios abiertos, expuestos al sol y al viento, y pobres en nutrientes son frecuentemente colonizados por los briófitos (Avendaño-Torres & Aguirre, 2007). Por ejemplo, algunas hepáticas son capaces de instalarse en suelos volcánicos recientemente depositados, donde ninguna otra planta puede sobrevivir. Con el tiempo, los briófitos crean una capa orgánica en la que comienzan a instalarse diversos microorganismos que cambian la composición mineral del sustrato y lo hacen adecuado para el asentamiento de plantas vasculares. Esto último causa la desaparición de las briófitas originales y la llegada de otras adaptadas al nuevo ambiente.



Figura 2. Musgos en las dunas

Otros tienen la capacidad de colonizar lugares de zonas áridas en los que existen cuerpos de agua temporales altamente salinos, como es el caso de la hepática del género *Carrpos*, que existe solamente en los salares ricos en yeso del sur de África y Australia.

Los briófitos más tolerantes a largos periodos de sequedad, son importantes en la colonización de nuevos ambientes terrestres, sobre todo en zonas de roca desnuda, donde el proceso es muy lento (Fig. 4). Su capacidad para reproducirse vegetativamente y obtener nutrientes de la lluvia y el polvo que flota en el aire los hace los colonizadores ideales en estos ambientes. El tipo de briófito particular que coloniza cada tipo de ambiente depende de la disponibilidad de sombra y humedad, de la rugosidad de la superficie y de la composición química del sustrato.

Pueden colonizar la superficie de los troncos y ramas de los árboles, donde también se produce la sucesión de especies una vez que el árbol muere y se cae, debido a los cambios de humedad y luminosidad, y a la descomposición de la madera (Schofield, 1985).

También existen briófitos especializados en la colonización de suelos cubiertos de ceniza por los incendios, como el musgo *Funaria hygrometrica* o el género *Marchantia* de las hepáticas (Avendaño-Torres & Aguirre, 2007).



Figura 3. Briófitos sobre troncos



Figura 4. Musgo creciendo sobre roca desnuda

Varios estudios han demostrado que los briofitos tienen un papel importante en el ciclo de los elementos, como el nitrógeno, fundamental en los nutrientes que precisan los seres vivos. Los musgos retienen una cantidad significativa del nitrógeno ambiental, es decir, es una de las puertas por la que este elemento entra en el ciclo de forma que pueda ser usado por otros organismos (que de otra forma no podrían obtenerlo). Sin los musgos, gran parte del nitrógeno que cae con la lluvia se perdería en el agua superficial y, en última instancia, acabaría fuera del sistema en los torrentes de agua circundantes. También son almacén de muchos otros nutrientes minerales, como potasio, magnesio y cloro, que guardan en su interior en forma de iones.

Otra función de la costra biológica que forman los briófitos junto con los líquenes es que producen sustancias ácidas que retiran el nitrógeno de la roca subyacente y lo incorporan, por lo que queda a disposición de las plantas (Glime, 2006).

Además del almacenamiento de nutrientes minerales, los briofitos forman sumideros de carbono. El almacenamiento de carbono como proveniente de la fotosíntesis, como era previsible, se puede encontrar en las hojas, pero estudios que han marcado el carbono dentro del musgo han revelado que también lo hacen en otros lugares. En particular, en varios musgos del bosque boreal (*Pleurozium schreberi*, *Splendens hylocomium*, *Sphagnum subsecundum*) lo acumulan también en los brotes verdes y en los tejidos no fotosintéticos (Glime, 2006), permitiendo que sea incorporado a otros seres vivos como animales que los consuman.

Relación con otros seres vivos

Los briófitos no viven aislados del resto de seres vivos, sino que se relacionan más o menos estrechamente con plantas, animales, hongos o bacterias.

Algunas cianófitas, cianobacterias o algas azules, fijan el nitrógeno del aire transformándolo en nutrientes nitrogenados que liberan al suelo, se cobijan en los céspedes de musgo, ayudando a la fertilización de los suelos. Por ejemplo, en los abetales canadienses, las raicillas de los árboles se concentran bajo las poblaciones de musgos porque son puntos de suministro nutritivo (Heras & Infante, 1993). También, en ocasiones, los nutrientes llegan mediante la lluvia que cae y los arrastra desde las copas de los árboles, pero son absorbidos rápidamente por la cobertura de briófitos y pueden quedar fuera del alcance del resto del ecosistema (Schofield, 1985). Aun así, su lenta descomposición (entre cinco y doce años en el caso del musgo) contribuye de manera importante a la formación del mantillo húmifero.

Existen también hepáticas que forman “micorrizas” con hongos, asociaciones semejantes a las que forman con ciertos árboles y plantas (Heras & Infante, 1993).

Los extensos tapetes de musgo pueden ser importantes en el balance hídrico de los bosques (Fig. 5).

En ocasiones, cuando hay pocas precipitaciones, pueden captar toda la humedad, impidiendo que ésta llegue a las raíces de las plantas con semilla. Otras veces, evitan que la humedad de las capas superiores del suelo se evapore y se pierda rápidamente, permaneciendo disponible para las raíces.

Son importantes estabilizadores del sustrato, e inician cambios en él que lo hacen adecuado para que lo colonicen las plantas con semilla; éstas últimas, generalmente alteran el lugar de manera que las briófitas iniciales colonizadoras no pueden sobrevivir (Schofield, 1985).



Figura 6. Musgos epífitos

Los tapices de musgo también son un buen medio para la germinación de semillas (Heras & Infante, 1993); aunque, si la cobertura es demasiado gruesa, pueden producir el efecto contrario e impedir que la radícula alcance las capas minerales, haciendo que la semilla muera.

Debido a la gran cantidad de hojarasca que cubre los suelos de los bosques de angiospermas, la cobertura de briófitos tiende a ser mayor en los bosques de gimnospermas, donde su crecimiento no se ve obstaculizado por las hojas en descomposición. Por el contrario, los briófitos epífitos (Fig. 6 y 7) son menos abundantes en las gimnospermas que en las angiospermas, donde aprovechan los periodos en que las copas de los árboles no tienen hojas para crecer. Con frecuencia, estos briófitos epífitos están acompañados de líquenes (Fig. 8), que pueden prevenir el establecimiento de los primeros o destruirlos con el tiempo (Schofield, 1985).



Figura 5. Tapete de briófitos cubriendo el suelo de un bosque



Figura 7. Antocerota epífita

Con respecto a los animales, la capacidad de retención de agua de los briófitos y sus propiedades aislantes los convierte en hogares ideales para una gran variedad de invertebrados o pequeños vertebrados que encuentran en ellos refugio (Estébanez *et al.*, 2011).

Sirven además, junto con los líquenes, como alimento para muchos pulgones, orugas de mariposas, ácaros, nematodos, caracoles, babosas y saltamontes (Heras & Infante, 1993), aunque su aporte calórico no es muy elevado (Glime, 2014), lo que hace que sólo unos pocos

vertebrados (renos, lemings o gansos árticos) los consuman activamente, debido a que obtienen de ellos ácidos grasos que les aportan ventajas de resistencia frente al frío. Además de servir como refugio para los propios animales adultos, muchos caracoles, babosas u otros insectos ocultan sus huevos en los briófitos. Rotíferos y osos de agua (Tardígrados), que son animales de muy reducido tamaño se alimentan también de ellos y los hacen su hábitat natural.

Muchos de estos animales han desarrollado especializaciones morfológicas (en la forma corporal) para mantenerse agarrados a su medio “briológico”. Algunos de estos invertebrados participan en el transporte de espermatozoides desde los anteridios hasta los arquegonios, aportando de este modo un beneficio a la planta. Aún con su reducido tamaño los briófitos constituyen verdaderos “bosques” para los animales pequeños. Un estudio de los microartrópodos de Covadonga, en Asturias, encontró que en 350 cc de musgo habitaban 1.152 individuos pertenecientes a doce grupos de artrópodos (Heras & Infante, 1993). Debido a sus propiedades aislantes muchas aves emplean musgos para construir o tapizar nidos (Estébanez *et al.*, 2011).

Semáforos ambientales

El potencial bioindicador de los briófitos ha hecho que esta línea de investigación se constituya como una de las más importantes y con más expansión actualmente en relación con los briófitos (Estébanez *et al.*, 2011). Poseen una serie de características que los hacen ideales como indicadores de contaminación: gran simplicidad estructural, rápidas tasas de crecimiento y multiplicación, diversidad de hábitats, alta sensibilidad y la capacidad de acumular tóxicos en mayor medida que el resto de organismos que los rodean. Los briófitos epífitos (que habitan sobre otras plantas) son especialmente susceptibles a la contaminación aérea. Distintas especies reaccionan además de manera diferencial a distintos contaminantes, existiendo especificidad. Pueden ser empleados junto con líquenes o sin ellos en el desarrollo de índices de pureza atmosférica en función de la frecuencia de aparición, número de especies, cobertura y resistencia de éstas en una determinada área (Govindaparyi *et al.*, 2010). El uso de estos organismos como bioindicadores fue ya propuesto a comienzos del siglo XX (Estébanez *et al.*, 2011). Aquellas especies especialmente sensibles a la contaminación son rápidamente sustituidas por aquellas más tolerantes debido a que mantienen una elevada capacidad reproductiva aún con el aumento de la concentración de tóxicos, lo que puede ser fácilmente interpretado como una señal del aumento de la contaminación atmosférica (Schofield, 1985). El uso de briófitos en la creación de “briómetros” que permitan conocer el grado de contaminación atmosférica comenzó ya hace 40 años en Japón, y se basaba en una serie de efectos determinados sufridos por varias especies ante los contaminantes (Estébanez *et al.*, 2011).

Los briófitos empleados en bioindicación podrían clasificarse en dos tipos en función de su comportamiento ante la presencia de contaminantes: Aquellos que sufren lesiones concretas o efectos visibles ante la presencia de determinados contaminantes, y aquellos que tienen la capacidad de absorber



Figura 8. Hepática foliosa epífita, rodeada por líquenes

y retener sustancias contaminantes en mayor medida que el resto de plantas del ecosistema. El primer tipo puede servir como indicador inmediato del aumento de la contaminación, y un análisis de la concentración de contaminantes acumulados por el segundo permite tener una idea sobre el grado de concentración de contaminantes en el medio (Govindaparyari *et al.*, 2010). Aun siendo esta herramienta muy útil, se ha remarcado que no puede ser empleada para la realización de medidas absolutas pues los resultados dependen de múltiples variables como el estado fisiológico del musgo, la fuente del contaminante y el proceso de medición, pero sí permite obtener un conocimiento aproximado del alcance de la contaminación en el medio.

Los briófitos se ven especialmente afectados por contaminantes gaseosos que absorben directamente o que se oxidan en la atmósfera produciendo lluvia ácida. Son también sensibles a elevadas concentraciones de ozono (originado a partir de algunos hidrocarburos). Elevadas concentraciones de pesticidas y fertilizantes empleados en agricultura, o de nitratos fruto de la excesiva ganadería pueden ser también detectadas observando sus efectos sobre los briófitos (Govindaparyari *et al.*, 2010), por lo que las posibilidades de empleo de estos organismos como indicadores son amplias. Programas de investigación europeos actuales pretenden emplear los briófitos mediante métodos sistemáticos para cartografiar la deposición de metales pesados en el continente (Estébanez *et al.*, 2011). Su utilidad se hace cada vez más notable y por tanto la necesidad de continuar investigando en este campo resulta evidente.

Se conoce que con el aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 , etc.) las temperaturas de aquí a 50 años puedan incrementarse de media entre 1 y 6 °C. Este cambio climático que estamos viviendo es especialmente grave en los polos. En ellas, los briófitos suponen un gran porcentaje de la biomasa, además de proteger el suelo y la vegetación de la intensa erosión y condiciones que existen en los climas polares.

Como los briófitos son indicadores de polución y contaminación, son muy sensibles a las variaciones ambientales, y su crecimiento y salud se ve mermado con los contaminantes y el aumento de temperatura derivado del efecto invernadero.

Existe también una relación negativa entre el uso industrial del suelo (en especial en agricultura y usos forestales) y la biodiversidad de los briófitos. El envejecimiento y la destrucción de bosques y selvas por la industria suponen una merma en la diversidad de especies de musgo que podemos encontrar (Markert *et al.*, 2003).

Diversas investigaciones estudian cómo afectan estos cambios a las poblaciones de musgos, e intentar conseguir pruebas empíricas de la realidad del cambio climático. Como afecta la temperatura, la concentración de dióxido de carbono o las expansiones y contracciones estacionales en los hábitats en los briófitos son unos indicadores efectivos del cambio climático (Tuba *et al.*, 2011).

Conservación

En España existieron grandes micólogos a lo largo del siglo XX (Casares, Casas,...), por lo que se sabe alberga una diversidad briofítica muy representativa de todo el continente europeo. La riqueza de musgos y hepáticas conocida hasta la fecha ronda el 65% de toda la brioflora presente en Europa.

Las amenazas directas, específicas de los briófitos, suelen estar relacionadas con los impactos negativos del ser humano en la biosfera, la recolección de musgos con fines comerciales (uso como sustrato en jardinería y horticultura) o con su frecuente uso decorativo en varios países, especialmente para la confección de belenes.

Estas prácticas están poniendo en peligro algunas de las especies existentes en el país por lo que se ha puesto recientemente en marcha el proyecto del Atlas y Libro Rojo de los briófitos amenazados de España, financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, y con el apoyo técnico de la Sociedad Española de Briología.

Para demostrar la importancia que está alcanzando la briología en la Península, basta con señalar que

hay al menos 15 grupos de investigación activos, desarrollando proyectos en líneas muy diversas: taxonomía, ecología, biogeografía, bioindicación, morfología funcional, biotecnología y conservación. En la actualidad la briología ha pasado de ser una rama menor de la Botánica, a estar en el primer plano, y aumenta su presencia y relevancia tanto en otros campos científicos como en la sociedad, que empieza a tomar conciencia de la importancia en la biosfera del grupo de plantas vivientes más antiguo sobre el planeta (Estébanez *et al.*, 2011).

BIBLIOGRAFÍA

- Avendaño-Torres, K. & Aguirre-C., J. (2007). The Mosses (Bryophyta) of the Region of Santa María-Boyacá (Colombia). *Caldasia*. 29: 59-71.
- Bates, J. W. (1992). Mineral nutrient acquisition and retention by bryophytes. *Journal of Bryology*. 17: 223-240.
- Delgadillo, C. & Cárdenas M.A. (1990). Manual de briófitas. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Estébanez Péres, B., Draper Y Días de Atauri, I. & Medina Bujalance, R. (2011). Bryophytes: an approximation to the simplest land plants. *Memorias – Real Sociedad Española de Historia Natural*. 2: 19-73.
- Glime, J. M. (2006) Bryophyte ecology Volume 1: Physiological ecology. Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. USA.
- Glime, J. M. (2014). The Fauna: A Place to Call Home. Chapt. 1. In: Glime, J. M. Bryophyte Ecology. Volume 2. Bryological 1-1-1 Interaction. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Last updated 29 April 2014 and available at http://www.bryoecol.mtu.edu/chapters_VOL2/1-1-1AnimalGeneral.pdf. [26/03/2015].
- Gordon, C., Wynn, J. M., Woodin, S. J. (2001). Impacts of increased nitrogen supply on high Arctic heath: the importance of bryophytes and phosphorus availability. *New Phytologist*. 149: 461-471.
- Govindaparyi, H., Leleeka, M, Nivedita, M., Uniyal, L. (2010). Bryophytes: indicators and monitoring agents of pollution. *NeBIO*. 1: 35-41.
- Heras, P. & Infante, M. (1993) El papel ecológico de los musgos. *Boletín del Instituto Alavés de la Naturaleza* 3: 5-7.
- Markert, B. A., Breure, A. M., Zechmeister, H. G. (2003). Bioindicators and biomonitors (Vol. 6). Gulf Professional Publishing. Houston.
- Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, S. E. (1992). *Biología de las plantas*. Editorial Reverté. Barcelona.
- Reinoso, J., Rodríguez, J., Viera M. C. (2003). Lista roja de los briófitos de Galicia (N.O. de España). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*. 12: 83-93.
- Rieley, J. O., Richards, P. W., Bebbington, D. L. (1979). The Ecological Role of Bryophytes in a North Wales Woodland. *Journal of Ecology*. 67: 497-527.
- Schofield, W.B. (1985). *Introduction to bryology*. Macmillan Publishing Company. New York.
- Scott, G. A. M., Entwisle, T. J., May, T. W., & Stevens, G. N. (1997) A conservation overview of Australian non-marine lichens, bryophytes, algae and fungi. *Environmental Australia*. Melbourne.
- Tuba, Z., Slack, N. G., Stark, L. R. (2011) *Bryophyte ecology and climate change*. Cambridge University Press. New York.

TIRAS CÓMICAS PARA ILUSTRAR “LA EVOLUCIÓN DE LOS AMNIOTAS”

Adriana Arbizu Peteiro, Ana Arce Bastos, Alberto Barreira Oliveira, Diego Casheda Guillén, Ana Canabal Abalo, Iago da Cruz Perez, Gabriela García Blanco, María Silveira Loureiro, Carmen Soliño Barreiro, Sarai Vila Costas

Tutora y autora del texto: María Jesús Iglesias Briones

mbriones@uvigo.es

Resumen

Trabajo Zoología II

Grado Biología

Tutora y autora :

- María Jesús Iglesias Briones

Departamento de Ecología y

Biología Animal

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Las viñetas y tiras cómicas son herramientas versátiles para transmitir de forma condensada conocimientos. Con los conocimientos teóricos de los avances evolutivos de los Amniotas adquiridos durante el desarrollo de la materia de 2º de Biología, Zoología II: Invertebrados Artrópodos y Cordados, los alumnos tuvieron que diseñar una viñeta o una tira cómica que mostrase un instante de la historia evolutiva de los Amniotas

INTRODUCCIÓN

La aparición de los Amniotas en la historia evolutiva de los animales supuso la completa independencia del medio acuático de los Vertebrados. La diversificación de los Reptiles, Aves y Mamíferos que conocemos hoy no habría sido posible sin la aparición de una serie cambios anatómicos y fisiológicos en sus planes corporales para poder desplazarse, respirar y reproducirse en tierra.

Con el fin de hacer hincapié en la relevancia que tuvieron estos avances evolutivos e instruir a los alumnos sobre la importancia de la divulgación de conocimientos biológicos al público no especializado se les planteó una actividad individual consistente en diseñar, en un espacio acotado, una o varias escenas que mostrasen alguna de las innovaciones que supusieron una clara mejora en la diversificación y/o adaptación al medio de los Amniotas. Se valoró especialmente el esfuerzo creativo e informativo para que el mensaje a la audiencia (comunidad Universitaria) fuese claro. Las aportaciones podían ser tanto ilustraciones originales (hechas por los propios alumnos) como composiciones basadas en utilizar imágenes disponibles en abierto, siempre y cuando se citasen las fuentes e incluyesen una aportación personal. Las viñetas que se presentan a continuación corresponden a las de los alumnos que obtuvieron las mejores notas en esta prueba.

LA COLONIZACIÓN DEL MEDIO TERRESTRE: UN MEDIO SECO CON GRANDES CONTRASTES TÉRMICOS

Uno de los problemas con los que se enfrentaron los primeros vertebrados que abandonaron el medio acuático fue el proteger su delicada piel frente a la sequedad. Las escamas flexibles y permeables de los peces resultaban poco eficaces en tierra y fueron sustituidas por escamas de queratina más gruesas y resistentes como nos indica María Silveira Loureiro en su viñeta (Fig. 1)

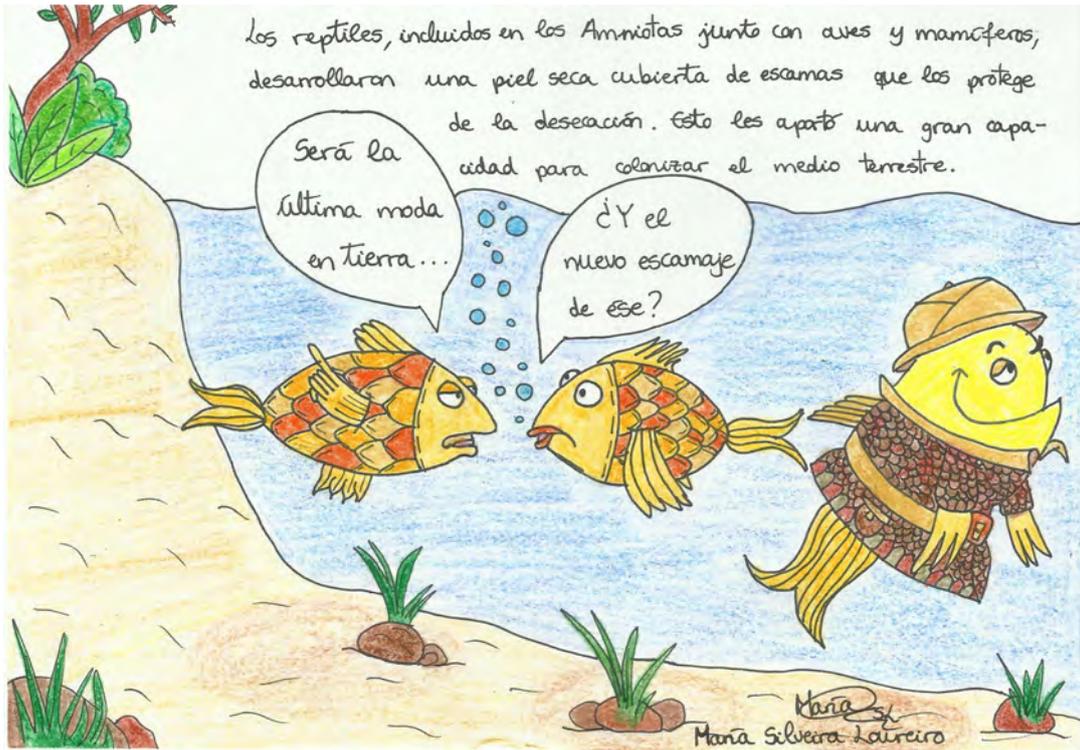


Figura 1. La importancia de los derivados tegumentarios en la protección frente a la desecación (Dibujo original de María Silveira Loureiro).

A diferencia del medio acuático, en el medio terrestre los cambios térmicos son constantes y con frecuencia se alcanzan temperaturas extremas, demasiado altas o demasiado bajas, que suponen duras pruebas para la supervivencia de los organismos terrestres. Por ello, a lo largo de la evolución de los Amniotas se adquirió la capacidad de mantener una temperatura corporal dentro de unos límites con independencia de los cambios ambientales, son los animales conocidos como “homeotermos” (aves y mamíferos). Estos se contraponen a los “poiquilotermos” que son animales con temperatura corporal variable.

Sin embargo, existen animales que viven en zonas donde no hay grandes fluctuaciones térmicas y su temperatura corporal también se mantiene constante. Por eso, actualmente se prefiere utilizar términos menos confusos para describir los mecanismos de termorregulación de los organismos como son “ectotermo” y “endotermo”, que hacen referencia a si la fuente de calor es externa o interna, respectivamente.

Según esta definición, los reptiles son ectotermos y calientan o enfrían su cuerpo captando más o menos calor del sol y no tienen más remedio que refugiarse o mantenerse inactivos cuando las temperaturas son demasiado altas o bajas. En cambio, las aves y los mamíferos pueden seguir realizando sus actividades, incluso en estas condiciones desfavorables, gracias a que exhiben distintos mecanismos metabólicos y fisiológicos que les permiten generar o eliminar calor. Un ejemplo de estos últimos es el jadeo, que facilita la evaporación del exceso de calor a través de la mucosa bucal tal como representa Ana Arce Bastos en la Fig. 2.



Figura 2. La importancia de la regulación de la temperatura corporal en los Amniotas más evolucionados (Composición gráfica de Ana Arce Bastos; fuente de la imagen del perro: <https://icecreamoffpaperplates.files.wordpress.com/2012/03/odie.jpg>, del sol: <http://www.imagui.com/a/sol-dibujo-png-TrepGb4xb>, del sol: <http://www.imagui.com/a/sol-dibujo-png-TrepGb4xb> y del camaleón: <https://zohodiscussions.com/getCustomFile.do?fileId=14737000001890331&forumGroupId=1473700000003003>).

LA COLONIZACIÓN DEL MEDIO TERRESTRE: INDEPENDENCIA DEL AGUA PARA LA REPRODUCCIÓN

Pero, quizás el avance evolutivo que permitió realmente a los vertebrados independizarse del medio acuático fue la aparición del “huevo amniótico”. Aunque muchos animales ponen huevos (los denominados “ovíparos”), el huevo amniótico es una característica única de los Amniotas, un grupo que incluye a los vertebrados verdaderamente terrestres (reptiles, aves y mamíferos) y que implica el desarrollo del embrión en el interior de una serie de membranas denominadas “extraembrionarias”: el “amnios” rodea y protege al embrión, el “alantoides” permite el intercambio de gases y la eliminación de desechos, el “saco vitelino” proporciona los nutrientes al embrión en desarrollo y el “corion” que es la membrana mas externa que rodea todo este conjunto de estructuras embrionarias. Alrededor del corion está la “albúmina” que sirve como reservorio de agua y finalmente la cáscara externa protege a todo el huevo.

Aunque los anfibios (ranas, sapos) pueden pasar temporadas en tierra se ven obligados a volver al agua para depositar sus huevos. La envuelta mas externa de los huevos de estos animales es gelatinosa (se hincha en contacto con el agua) y por tanto, no cuentan con ninguna barrera de protección para hacer frente a un medio seco como es el terrestre. El embrión amniota sigue desarrollándose en un medio líquido (el “líquido amniótico”; de color azul oscuro en la última viñeta de la Fig. 3) y se nutre gracias al “vitelo” (en color amarillo en la misma viñeta que en el caso anterior) y su cáscara rígida (aunque porosa para permitir el intercambio de gases y que el embrión no se sofoque) hace que puedan ser depositados en tierra (Fig. 3).

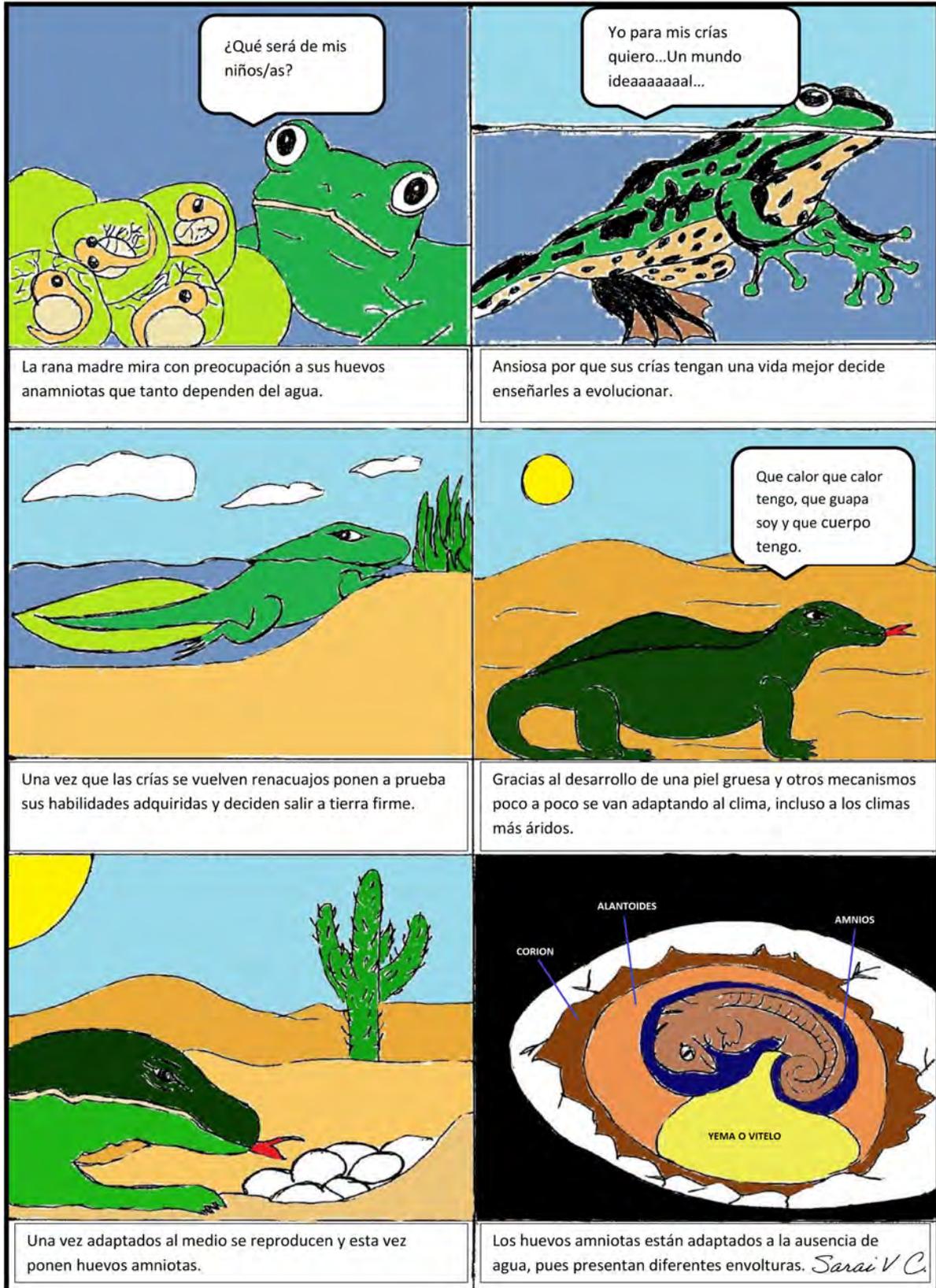


Figura 3. La importancia del huevo amniótico en la conquista del medio terrestre (Dibujo original de Sarai Vila Costas).

Cuando el huevo amniota eclosiona da origen a una versión en miniatura del adulto, totalmente formado, que sólo tiene que crecer y alcanzar la madurez sexual. En cambio, cuando los huevos de los anfibios eclosionan dan lugar a una larva nadadora que respira por branquias y por tanto, sólo son capaces de extraer oxígeno del agua. Para convertirse en adultos y poder salir de la charca deben sufrir un proceso de transformación morfológica y fisiológica denominada “metamorfosis” que implica, entre otros cambios, el desarrollo de extremidades fuertes para soportar su peso y desplazarse en tierra y de pulmones capaces de extraer oxígeno del aire. El tener que volver al agua para reproducirse hace que los anfibios no puedan considerarse totalmente independientes del medio acuático. A pesar de que los huevos amniotas están muy presentes en la vida cotidiana de los seres humanos, su importancia evolutiva debería tener un reconocimiento mayor por parte de la sociedad, tal como reclama Gabriela García Blanco en su viñeta (Fig. 4).



Figura 4. El huevo amniota es uno de los mayores logros evolutivos, pero no todo el mundo es consciente de su importancia... (Composición gráfica de Gabriela García Blanco; fuente de la imagen de la izquierda: www.conmishijos.com y la de la derecha: huevocartoon.com).

Los reptiles ahora podían poner sus huevos en tierra sin tener que preocuparse de buscar una charca y proporcionar un medio líquido para el desarrollo de su embrión y la transformación de sus larvas (Fig. 5).



Figura 5. El huevo de los anfibios carece de la cáscara protectora que les permita poder ser depositados en tierra (Dibujo original de Ana Canabal Abalo).

La cáscara del huevo de las aves contiene depósitos calcáreos que la hace más rígida que la de los reptiles, pero la estructura interna es idéntica (Fig. 6).

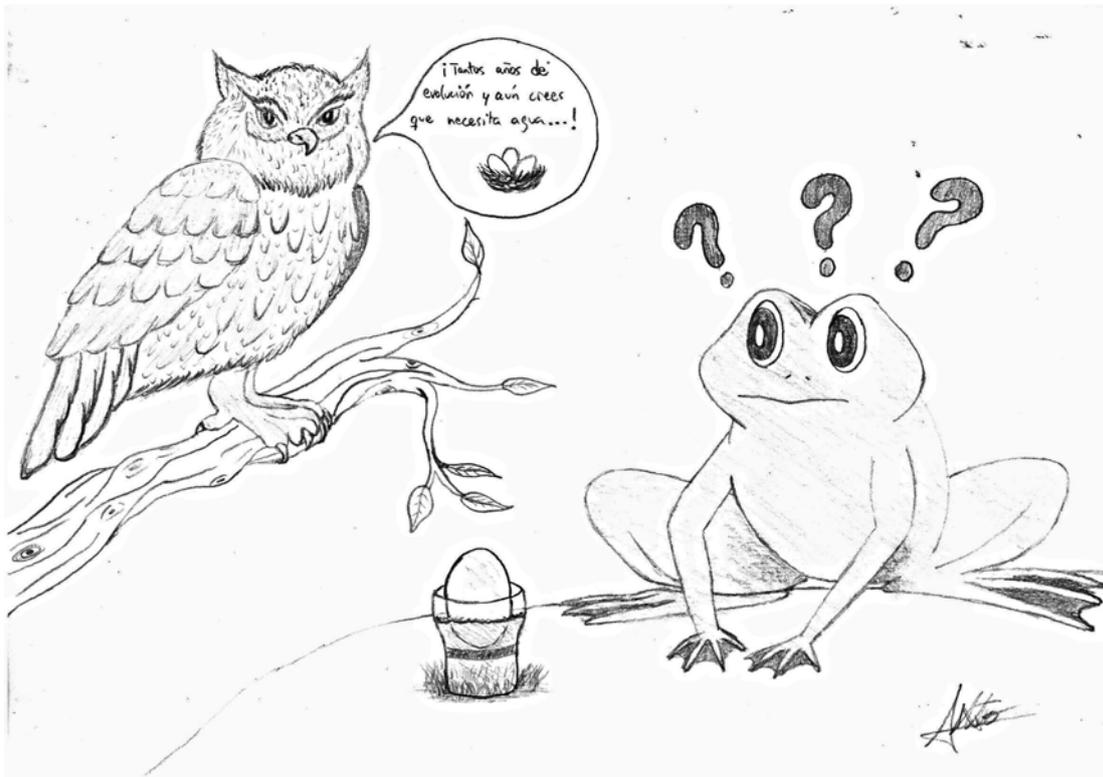


Figura 6. La cáscara y las membranas que rodean al embrión amniótico crean un ambiente líquido y seguro para su desarrollo (Dibujo original de Alberto Barreiro Oliveira).

Esta naturaleza calcárea del huevo de las aves es un rasgo que proviene de la línea de los Arcosaurios, una línea evolutiva de reptiles que dio lugar a los cocodrilos actuales y a los dinosaurios, de los cuales descienden las aves actuales (Fig. 7)



Figura 7. Los antecesores de las aves son un grupo de dinosaurios terópodos (Dibujo original de Iago Dacruz Pérez).

Entre los mamíferos también tenemos algunos representantes que ponen huevos, pertenecen al orden Monotremas (Fig. 8) y entre ellos se incluye el ornitorrinco (*Ornithorhynchus anatinus*, especie caracterizada por su peculiar hocico de pato, de hábitos semiacuáticos y endémica del este de Australia y de la isla de Tasmania). Junto con las cuatro especies de equidna (similares en apariencia a los erizos de tierra al presentar su cuerpo cubierto de espinas) son los únicos representantes actuales de este orden de

mamíferos que ponen huevos y tal como indica Diego Cacheda Guillén en su viñeta, podrían ser considerados “la oveja negra de la clase Mamíferos” (Fig. 8).



Figura 8. Además de los reptiles y las aves, un grupo de mamíferos (los Monotremas) también ponen huevos con cáscara (Dibujo original de Diego Cacheda Guillén).

Los otros dos grupos de mamíferos, marsupiales (por ejemplo, el canguro) y placentarios (por ejemplo, el ser humano) no encierran sus embriones en cáscaras, sino que se desarrollan en el interior del útero de la hembra. Tampoco su embrión tiene acceso a un saco de vitelo para obtener alimento y es la “placenta”, un órgano formado por tejidos maternos y fetales la que permite el intercambio de gases y la transferencia de nutrientes entre la madre y el embrión. Por tanto, a diferencia de reptiles, las aves y los monotremas, estos mamíferos no ponen huevos en el terreno sino que su huevo se desarrolla en el interior del cuerpo materno y no es necesario incubarlos (Fig. 9).



Figura 9. Los mamíferos también son amniotas, pero en la mayoría de las especies el embrión se desarrolla dentro del cuerpo de la hembra de quien recibe los nutrientes que necesita para su desarrollo (Dibujo original de Adriana Arbizu Peteiro).

Una vez que se produce la eclosión del huevo, las crías de los amniotas al nacer pueden buscarse su propio alimento (reptiles) o ser alimentados en mayor o menor medida por los progenitores (caso de aves y mamíferos). En relación a las aves, los progenitores suelen encargarse por turnos de la procura del alimento, a veces recorriendo grandes distancias; en cambio, los mamíferos, poseen unas glándulas exclusivas productoras de leche, las “glándulas mamarias” (por eso se llaman así, “mamíferos”), que normalmente sólo son funcionales en las hembras y que permiten alimentar a las crías durante un periodo de tiempo que varía según las especies y que se conoce como “lactancia” (Fig. 10). Incluso los mamíferos monotremas que ponen huevos, las crías tras eclosionar son alimentadas con leche de la madre durante 3-4 meses en el interior de sus galerías subterráneas. La hembra solo abandona el refugio durante breves periodos de tiempo para poder alimentarse.



Figura 10. Los mamíferos poseen glándulas productoras de leche con gran contenido proteico y graso y de gran valor nutritivo para sus crías (Composición gráfica de Carmen Soliño Barreiro; fuente de la imagen de la vaca: www.petalatino.com, de los pájaros: <http://www.pekepedia.es/dibujosparacoloreardeprimavera.htm>).

CONCLUSIONES

Tal como se refleja en la guía docente de la materia las actividades complementarias tienen como objetivo que los alumnos desarrollen algunas de las competencias transversales (CT) de la titulación. En concreto la CT15 del Plan de Estudios indica expresamente “desarrollar la creatividad, la iniciativa y el espíritu emprendedor” y esta actividad permite alcanzar el objetivo al fomentar la creatividad, ya que se valora especialmente de forma muy positiva la originalidad; el alumno se ve forzado a pensar muy detenidamente cómo abordar el tema planteado y les obliga a tomar iniciativas, a veces algo arriesgadas, si no las han consultado con el profesor previamente. Además, deben realizar un esfuerzo de síntesis al tener que expresar de forma concisa un mensaje que debe contener la máxima información posible (CT1 - Desarrollar la capacidad de análisis y síntesis).

CULTIVO DE ALGAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES.

Ana Arce Bastos, Javier Echave Álvarez, Jéssica Groba Represa, Ánxo Méndez Villar, Marta Ruiz Arribas, Ana Rus Bouzón

e- mail: anaarcebatos@gmail.com, jechave@alumnos.uvigo.es, jgroba@alumnos.uvigo.es, amxmendez@alumnos.uvigo.es, mruarr@gmail.com, anarusbouzon@gmail.com

Resumen

Trabajo Botánica I

Grado Biología

Tutora y autora :

-Aída García Molares

Depatamento de Ecología y

Biología Animal

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

En los últimos años las algas están tomando un protagonismo importante en la producción de biocombustibles en sustitución de cultivos agrarios. En esta revisión bibliográfica detallamos las técnicas generales para la obtención de diversos biocombustibles, así como las especies más utilizadas, sus ventajas e inconvenientes y los avances más relevantes de los últimos años que se han realizado a nivel internacional.

INTRODUCCIÓN

Los primeros intentos de producción de biocombustibles a partir de algas datan de la década de los 70. En esta época, varios grupos de investigadores en Estados Unidos comenzaron a realizar proyectos basados en el cultivo oceánico en plataformas flotantes de macroalgas marinas. Más tarde, países europeos como Noruega siguieron sus pasos, pero no sería hasta los años 80 cuando se plantea su producción a gran escala. En las últimas décadas, investigadores de todo el mundo se han centrado mayoritariamente en el uso de las microalgas para la fabricación de biocombustibles, aunque en la actualidad también existen múltiples programas de investigación que apuestan por las macroalgas (Candelaria, 2012).

Técnicas y procedimientos

La producción de biocombustible a partir de aceite de microalgas es un proceso que se lleva a cabo en una serie de etapas: cultivo de microalgas, cosecha de la biomasa, extracción de lípidos y transesterificación.

1. Producción de biomasa: cultivo de microalgas

Los sistemas de cultivo de algas pueden separarse en dos grandes categorías: sistemas abiertos y sistemas cerrados (Fernández- Linares *et al.*, 2012).

1.1 Sistemas abiertos

Los sistemas abiertos se caracterizan porque el cultivo está en contacto directo con el ambiente (Fernández- Linares *et al.*, 2012). Destacan los estanques artificiales tipo circuito ("Racewayponds"), que consisten en sistemas de canales con unas ruedas de paletas que mantienen en circulación la biomasa, los nutrientes y el agua (Scott & Vaarun, 2010).

Los sistemas abiertos presentan ciertas desventajas: generalmente requieren de grandes áreas de terreno, la productividad se ve afectada por contaminaciones, se producen pérdidas de agua por evaporación y hay una transferencia limitada de CO₂. Por otra parte, se trata de sistemas más económicos

que los sistemas cerrados, aunque la producción de biomasa también es menor (Fernández-Linares *et al.*, 2012).

1.2 Cultivo en sistemas cerrados

En este caso el cultivo tiene poco o ningún contacto con la atmósfera (Contreras *et al.*, 2003), pues se trata de sistemas de tubos, paneles planos o columnas de burbujeo en cuyo interior se desarrolla una única especie de alga por períodos prolongados de tiempo. Estos sistemas presentan ciertas ventajas frente a los sistemas abiertos: alcanzan una productividad considerablemente superior, minimizan el riesgo de contaminación, permiten un mejor control sobre las condiciones de cultivo y previenen tanto la evaporación como las pérdidas de CO₂ (Fernández-Linares *et al.*, 2012). Sin embargo, son más caros que los sistemas abiertos.

2. Cosecha de la biomasa y extracción de lípidos

Una vez producida la biomasa mediante alguno de los sistemas anteriores, se procede a retirar el agua y a concentrar las células microalgales. Este proceso puede llevarse a cabo por los métodos de centrifugación, sedimentación por gravedad, filtración o floculación, ya sea individualmente o combinados, según la especie de microalga cultivada (Garibay *et al.*, 2009). Tras haber obtenido la biomasa seca de microalgas, se procede a la extracción de lípidos, la cual se puede realizar mediante diferentes métodos, entre los que destacan:

2.1 Destrucción mecánica

Consiste en la pulverización de la biomasa seca utilizando dispositivos mecánicos como molinos de bolas, sistemas de prensado, morteros, etc. Este método libera otras sustancias además de los lípidos, por lo que se utiliza en combinación con métodos de extracción por solvente químico (González *et al.*, 2009).

2.2 Extracción con solventes químicos

Los más utilizados son el hexano y el etanol, cuya mezcla permite extraer más del 98% de los ácidos grasos de la biomasa. Un sistema ampliamente utilizado es el extractor Soxhlet.

2.3 Extracción enzimática

Mediante el empleo de enzimas, se degrada la pared celular de las microalgas, produciendo la salida de los aceites presentes en la célula. Además, estas enzimas también pueden ser utilizadas para transformar los ácidos grasos presentes en las microalgas en lípidos aptos para su posterior transesterificación (González *et al.*, 2009).

3. Transesterificación

La transesterificación es una reacción química en la que moléculas de triglicéridos y un alcohol de cadena corta (generalmente metanol) se utilizan como reactivos en presencia de un catalizador, obteniendo como resultado ésteres (biodiesel) y glicerina, que es un co-producto de alto valor. Tras la reacción, la mezcla formada debe someterse a un proceso de separación de la glicerina, neutralización y lavado (Plata *et al.*, 2009).

Especies de algas empleadas.

En la producción de biocombustibles se emplean diferentes especies de algas debido a su facilidad para acumular triglicéridos o polisacáridos y a su rentable tasa de crecimiento. Si bien aún se desconoce el auténtico potencial de muchas de ellas y su posibilidad de manipulación genética, estos son algunos ejemplos de las algas más empleadas y productivas:

- ***Euglena gracilis*** (Klebs): su rápido crecimiento, reproducción y biomasa aprovechable la convierten en una candidata idónea para el cultivo y producción de biodiesel. Su alto contenido proteico hace que, aunque se extraigan pocos lípidos aprovechables, estos den lugar a un combustible de gran calidad y más ganancias por litro. Posee también una gran capacidad de crecimiento en aguas residuales, lo que supone un abaratamiento de recursos hídricos para su cultivo (Mahapatra *et al.*, 2012).

- **Chlorella sp.:** las algas del género Chlorella, en especial Chlorella vulgaris (Beyenrick), que cultivada en fuertes condiciones de estrés ambiental alcanza la fase estacionaria, pudiendo acumular sobre el 50% de su biomasa como triglicéridos insaturados, cuyo mayor componente es el ácido palmítico. Asimismo, la densidad y viscosidad de biocombustible producido suele ser alta aunque con un poder calorífico ligeramente más bajo que el combustible fósil. El mayor inconveniente de su cultivo es, quizás, que no es posible mantener la fase estacionaria el suficiente tiempo antes de que comience a producirse la muerte celular (Mallick *et al.*, 2011).

- **Botryococcus braunii** (Kützing): alga verde unicelular que forma parte del fitoplancton. Vive en colonias cuya matriz es un agregado de lípidos insolubles que es segregado por la pared de cada célula, el cual le permite tanto sobrevivir en ambientes oligotróficos u hostiles como protegerse de estrés osmótico. Esta especie es, quizá, una de las que más hidratos de carbono y triglicéridos produce y acumula, llegando estos a superar el 70% de su peso seco bajo unas condiciones de temperatura de 23°C, 0,15 M de salinidad, una intensidad de luz de 60 W/m² y un fotoperiodo de oscuridad de 12 horas. Además, presenta la ventaja de que gran parte de los hidrocarburos son liberados por la propia alga al exterior, facilitando la extracción de los mismos (Nagraja *et al.*, 2014).

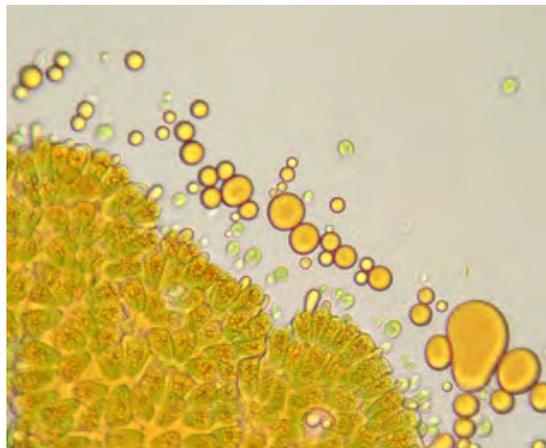


Figura 1: Colonia de *Botryococcus braunii* en la que se aprecia la matriz lipídica. Imagen registrada por Malcolm Storey (2005), disponible en: http://www.discoverlife.org/mp/20p?see=I_MWS61452&res=640.

Rendimiento de biocombustibles de algas.

Las algas ofrecen muchas ventajas de producción de combustibles bioenergéticos. Ofrecen unos beneficios potenciales muy significativos en relación a otras materias, entre un 45% y un 75% de su peso seco está constituido por aceites y lípidos, que representan potenciales recursos energéticos. Con ellas se precisa mucha menos energía para obtener biocombustibles (el balance energético utilizado es mucho menor que para otras materias), lo que supone una menor cantidad de biomasa por litro de combustible producido. La energía obtenida es mayor que con otras fuentes vegetales (30% más energético que el producido mediante soja) y además requieren de mucha menos superficie de suelo que los biocombustibles convencionales (Organización Latinoamericana de Energía, 2012).

Tabla 1. Comparación de distintas fuentes de materia prima para la producción de biodiesel en México. Se indican las proporciones de suelo fértil y de superficie total del país necesarias para reemplazar con biodiesel el 100% de la demanda de petrodiesel (GARIBAY *et al.*, 2009).

Materia prima	Productividad De Biodiesel (L/ha/año)	Superficie equivalente requerida (ha x 10 ⁶)	Porcentaje equivalente de la superficie fértil requerida	Porcentaje equivalente de la superficie total (no necesariamente fértil) requerida
Palma	5,950	3.972	16.14	--
Jatropha	1,892	12.490	50.75	6.43
Colza	1,190	19.859	80.69	--
Girasol	952	24.823	100.9	--
Soya	446	52.986	215.3	--
Microalgas ^a	12,000	1.969	8.00	1.01
Microalgas ^b	20,000	1.181	4.80	0.61

^aRendimiento conservador de productividad de biodiesel microalgal acorde con Schenk *et al.* (2008).

^bProductividad de biodiesel microalgal asequible a través de la tecnología actualmente disponible, acorde con Wijffels (2008).

Las emisiones de gases de efecto invernadero son casi nulas en comparación al petrodiesel y su producción no incrementa el CO₂ atmosférico. Además, los costes energéticos de producción de biocombustibles de algas son mucho más bajos que con el resto de las materias vegetales, debido a que se consigue más volumen de combustible final y a que no es necesario el transporte de las plantas desde el cultivo hasta la fábrica, por lo que se ahorra prácticamente el gasto energético del transporte. Esto repercute en el precio final del combustible, abaratándolo. El coste del barril de biodiesel es teóricamente más barato que el de las demás materias vegetales, solo que se ve encarecido por los costos en infraestructuras, que por el momento son muy elevados. Para los inversionistas y empresarios, el incentivo para el desarrollo de estas alternativas se encuentra directamente relacionado con la rentabilidad de la producción. Sin embargo, si es necesario esperar 20 años para obtener ganancias potenciales, no supone un gran estímulo para su puesta en marcha.

Cada especie de alga contiene proporciones de biomoléculas distintas, por lo que establecer qué especies son mejores es muy importante para optimizar el rendimiento de la producción. El valor más importante a tener en cuenta es el porcentaje de lípidos (aceites) que contienen las algas, ya que es el que mayor energía representa a la hora de producir el combustible. Las proteínas y los glúcidos son otros factores de interés, ya que son parte de la biomasa del alga, cuya presencia proporciona mayor calidad y rendimiento energético aunque no representen tanta energía final como los lípidos (Olmedo, 2009).

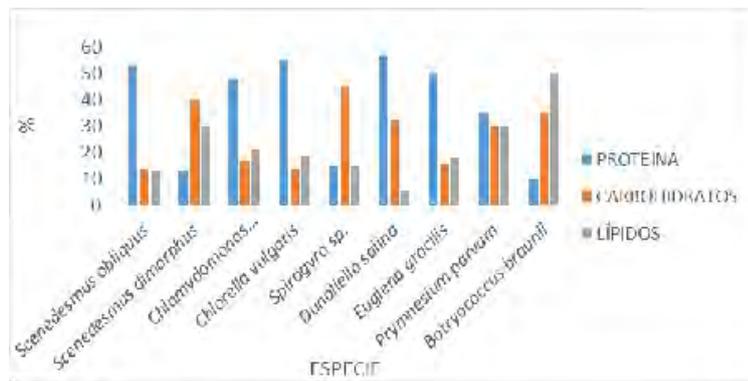


Figura 2: % en peso seco de distintos componentes (leyenda) en varias especies de microalgas.

No obstante, hay que establecer qué relación entre componentes es la idónea, teniendo en cuenta el combustible a producir o los mecanismos de producción utilizados. La rentabilidad del negocio será mayor cuanto más materia orgánica pueda obtenerse del alga. A la hora de establecer la especie y la forma de cultivo, también hay que tener en cuenta factores como la tasa de crecimiento, la temperatura y fotoperíodos necesarios para su cultivo, salinidad... e incluso la cepa, con el fin de obtener el máximo rendimiento. Se está investigando en métodos para optimizar la producción de microalgas y proveer una mayor proporción de lípidos en la biomasa total del alga. Uno de los métodos recientemente descubierto fue cultivar las algas (en el experimento fue usada *Chlorella protothecoides*) en caña de azúcar para incrementar su crecimiento. El jugo de caña de azúcar es rico en hexosas (tales como glucosa, fructosa, galactosa,...), pero precisa ser hidrolizado para proporcionar una fuente de carbono disponible para las algas.

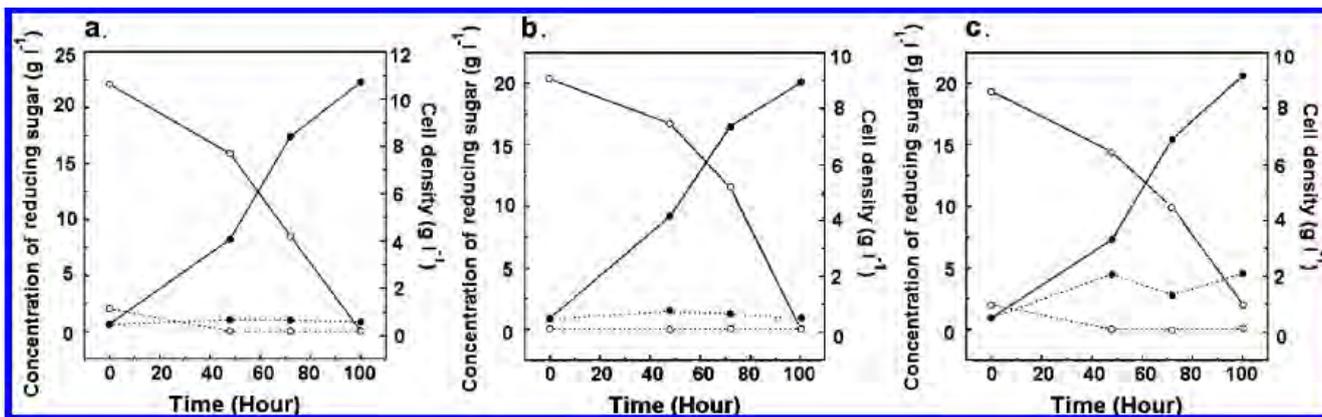


Figura 3: Comparación de diferentes fuentes carbonadas para un cultivo heterotrófico de algas. (a) Densidad celular (-●-) y azúcar reductor (-o-) en el medio con 20 g/L de glucosa y densidad celular (•••••) y azúcar reductor (•••••) en el medio sin glucosa (medio basal con extracto de levadura). (b) Densidad celular (-●-) y azúcar reductor (-o-) en el medio con 20 g/L de sacarosa hidrolizada (SH) y densidad celular (•••••) y azúcar reductor (•••••) en el medio con 20 g/L de sacarosa sin hidrolizar. (c) Densidad celular (-●-) y azúcar reductor (-o-) en el medio con 20 g/L de jugo de caña de azúcar (SCH) y densidad celular (•••••) y azúcar reductor (•••••) en el medio con 20 g/L de jugo de caña de azúcar sin hidrolizar para *C. protothecoides* (Cheng *et al.*, 2009).

La figura 3 sugiere que la sacarosa (usada como prueba) y el jugo de caña de azúcar no podían ser utilizados directamente por *C. protothecoides* (Krüger) antes del tratamiento de hidrólisis. Sin embargo, tanto la sacarosa hidrolizada como el jugo hidrolizado están disponibles para ser usados por las algas, las cuales crecen significativamente en su presencia. Este fenómeno podría ser explicado por una carencia de sacarosa en estas algas (Cheng *et al.*, 2009).

Esquema general de una planta de producción.

A la hora de construir una planta de producción de biomasa a partir de algas debemos tener en cuenta una serie de factores: ubicación adecuada (para que el cultivo reciba la radiación óptima que permita obtener la máxima producción de biomasa); el sistema de cultivo que nos proporcione mayor productividad y beneficios (sistema de fotobiorreactores, esquematizado en la figura 4) y los elementos que debemos incluir en la planta para aumentar su eficacia.

Las producciones anuales de biomasa para que el cultivo sea sostenible deben superar las 100 toneladas. Para alcanzar este objetivo, en una zona con radiación adecuada, es necesario construir la planta en una superficie de unos 10.000 m².

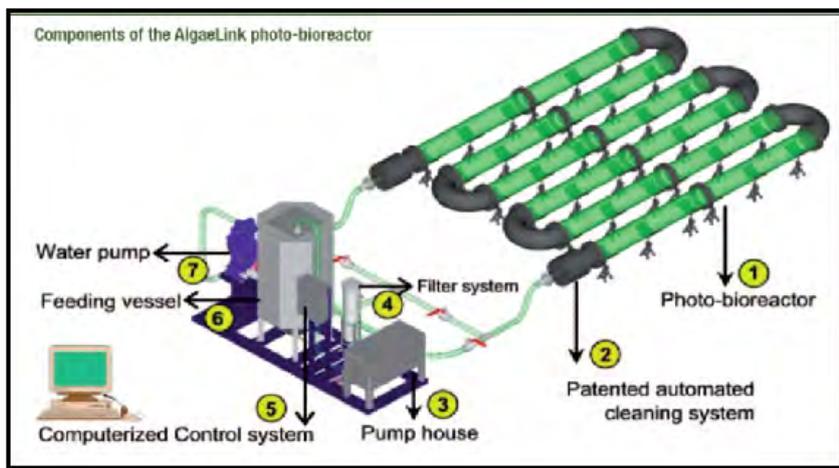


Figura 4. Esquema de una planta de fotobiorreactores.

Material de los fotobiorreactores

Uno de los materiales más destacables para la construcción del fotobiorreactor es el polimetilmetacrilato debido a que su transparencia permite que el cultivo reciba mayor radiación solar y a que es un material rígido y resistente que permite afrontar las condiciones exteriores a las que está expuesto el cultivo (Rubianes, 2011).

La planta de fotobiorreactores posee tanques de almacenamiento en los que se acumula el cultivo de algas y que permiten el bombeo de la masa fluida. Además, presenta depósitos auxiliares que abastecen de nutrientes al cultivo y contienen los equipos que generan turbulencias mediante inyección de CO₂, barriendo todo el tubo helicoidalmente por acción de un agitador sumergible. Por ello, la instalación debe poseer una electroválvula de inyección de CO₂ que permita controlar la cantidad de CO₂ y el momento de suministrarlo para evitar la acidificación del cultivo. La agitación es imprescindible para homogeneizar y facilitar la recepción de luz, disminuyendo el consumo energético y el coste.

Otros elementos importantes en las plantas de fotobiorreactores son: válvulas, pH y sustrato, panel PLC (Programmable Logic Controller) para controlar la automatización del proceso, bombas de recirculación y de cosechado y sensores que midan temperatura, pH, intensidad lumínica...

La densidad celular se mide a diario, a partir de cuatro reproducciones del cultivo en una cámara hematocitométrica Neubauer (Rubianes, 2011).

Ventajas e inconvenientes del uso de algas para la producción de biocombustible.

Entre las ventajas más importantes podemos señalar el hecho de que las algas captan CO₂ para llevar a cabo sus procesos vitales. Esto puede llegar a ser muy útil a la hora de eliminar el CO₂ liberado como subproducto de las actividades industriales, lo que reduciría el denominado efecto invernadero (Castells y Bordas, 2012). Aparte de lo anterior, existen otras características de las algas que resultan de interés productivo, tales como:

1. Mayor rendimiento en aceite en comparación con otros cultivos convencionales destinados al mismo uso. Las algas presentan una relación del orden de 20.000 litros de combustible por hectárea de terreno frente a los 6.000 de la palma aceitera o los 4.000 de la caña de azúcar (Olmedo, 2009).

2. Posibilidad de cultivarse tanto en agua de mar como en aguas salobres, o incluso aguas residuales (Duarte, 2010). Esta posibilidad disminuye la presión sobre el agua dulce requerida por la producción de alimentos.

3. La producción de biocombustible a partir de microalgas no afecta en absoluto al mercado de alimentos (Guillen, 2010). La producción de biocombustibles mediante la utilización de productos que podrían ser destinados al consumo alimentario humano ha resultado muy polémica en los últimos años, ya que estas prácticas hacían más escasos ciertos recursos básicos y, por tanto, su encarecimiento.

4. Para el cultivo de microalgas no se destruyen bosques ni selvas (Guillen, 2010).

5. Los costes energéticos de producción de biocombustibles de algas son mucho más bajos que con el resto de las materias vegetales. Esto es debido a que se consigue más volumen de combustible final y a que no es necesario su transporte (Castells y Bordas, 2012).

6. Funcionarían como sistemas de depuración en aguas residuales ya que absorben elementos como el nitrógeno y el fosfato del agua (Duarte, 2010).

7. Al no contener azufre se evitarían fenómenos como la lluvia ácida (Twenergy, 2011).

8. Las emisiones de gases de efecto invernadero son casi nulas en comparación al petrodiesel (Roldán, 2012).

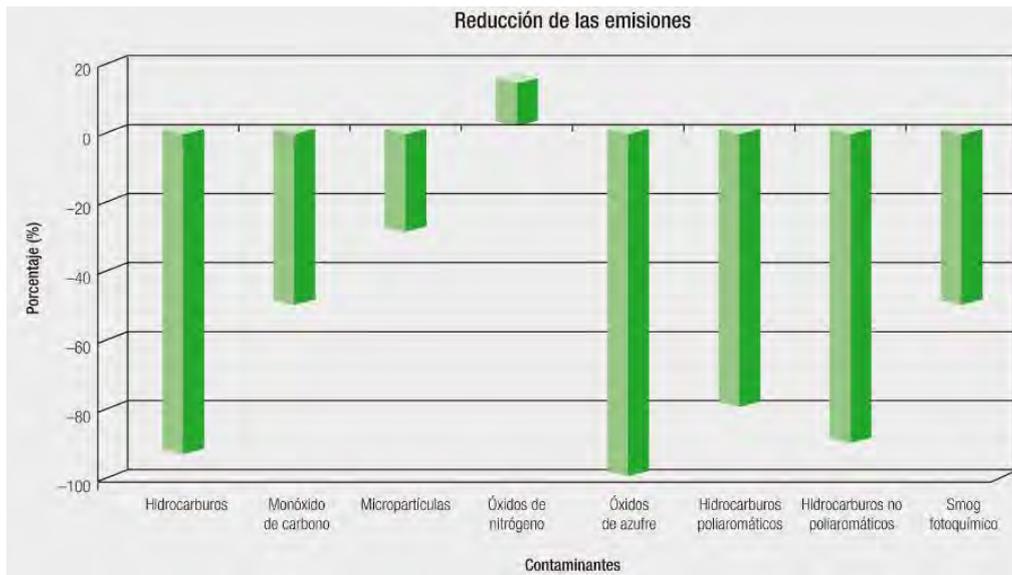


Figura 5: Balance de emisiones del biodiesel con relación al petrodiesel (Otero, 2011).

9. Baja toxicidad en caso de vertido accidental (Twenwegy, 2011).

10. Desde el punto de vista técnico, tiene una gran lubricidad y un alto punto de inflamación lo que le aporta una mayor seguridad (Twenwegy, 2011).

Pero, a pesar de esta multitud de ventajas, el uso de algas como biocombustible también presenta una serie de inconvenientes:

1. Su coste no lo hace competitivo frente al diesel convencional. Los costes de producción de microalgas oscilan en la actualidad entre 10 y 35 euros por kilogramo de biomasa seca. Estos costes enfrentados al precio actual del combustible, que ronda los 1,50 euros por litro, suponen una clara desventaja (Twenwegy, 2011).

2. Coste de infraestructuras. Los altos costes que supone generar las infraestructuras necesarias para la obtención de biocombustible a partir de algas son uno de sus principales inconvenientes (Castells y Bordas, 2012).

3. Generalmente tienen menor poder calorífico (Twenwegy, 2011).

4.*Menor estabilidad a la oxidación (importante a la hora de almacenarlo) (Twenwegy, 2011).

5. *Peores propiedades en frío (incompatible a temperaturas muy bajas) (Twenwegy, 2011).

*Aunque estas dos últimas desventajas se podrían solventar si se le añadiese algún tipo de aditivo.

Investigación.

Durante la última década, la preocupación creciente sobre el agotamiento del petróleo y el calentamiento global, han motivado numerosas investigaciones relacionadas con la producción de combustibles de calidad a partir de biomasa, algunos de ellos con la intención de conseguir objetivos secundarios como el de obtener antibióticos, ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas, alimento para animales o, incluso, la depuración de aguas residuales.

Concretamente, en el año 2010 la Universidad de Vigo (Maceitas, 2010) realizó un estudio sobre la obtención de biocombustible aprovechando las algas recogidas en la playa, cuyo final es el vertedero, para identificar las especies con mayor contenido en aceites y el rendimiento de los procesos de obtención de dicho biocombustible. Según dicho estudio, a pesar de que el contenido en aceite de las algas no era muy alto, lo que a priori puede parecer un inconveniente, no lo es tanto al tener en cuenta que sólo en el sur de Galicia se recogen al año más de 1.500 toneladas de algas de las playas. Los

autores concluyeron que la extracción de biocombustible de las algas es perfectamente factible y que, además, es una tecnología que puede ser muy interesante y ampliamente explotada en el futuro.

Diferentes empresas, en colaboración con universidades españolas como las de Alicante, Valencia o Cantabria, están llevando a cabo proyectos de investigación sobre el uso de algas clorófitas en condiciones artificiales de luz, CO₂, fósforo y nitrógeno óptimas en las que las algas aceleran sus procesos vitales y reproductivos logrando miles de veces más biomasa que el cultivo anual de soja, girasol o palma, usando mucho menos territorio y menos agresivamente (Catalán, 2007). En otros proyectos se están analizando distintos tipos de microorganismos y su potencial de crecimiento sobre residuos (purines de cerdo, suero de leche o aguas residuales urbanas), y que, a su vez, acumulen cantidades suficientes de aceites que podrán ser procesados para la extracción de acilglicérols y su posterior conversión en biodiesel (Biomar, 2012). Otros proyectos se ocupan de seleccionar cepas capaces de acumular una alta cantidad de polisacáridos para la producción de bioetanol (BIOMAR, 2012).

En 2013, investigadores de la Universidad de Alicante patentaron un novedoso fotobiorreactor que ha suscitado el interés de empresas tanto españolas como extranjeras del sector de la biotecnología, ya que permite cultivar microalgas de forma más eficiente (Universidad de Alicante, 2013). La mejora de este biorreactor, en comparación con otros ya existentes, radica en que permite una gran productividad, menores operaciones de limpieza y mantenimiento, mejor aprovechamiento del CO₂ y mejor transferencia de la luz al cultivo. El diseño de esta novedosa tecnología pretende subsanar las dificultades o inconvenientes que se han ido presentando a lo largo de los años con el uso de otros sistemas de cultivo similares.

En 2011, dentro del marco del proyecto EnerBioAlgae (Penelas, 2011), en el que participan las Universidades de Vigo, Almería, Aveiro (Portugal) y Pau et Paus de l'Adour (Francia), se realizó una investigación cuyo objetivo era identificar las mejores especies de microalgas para la limpieza de zonas degradadas y la obtención de biocombustibles. Su finalidad era demostrar la viabilidad técnica, económica y ambiental del proyecto mediante el diseño y la instalación de una experiencia piloto a finales de 2012.

El proyecto europeo All-gas (2010-2016), en el que participa un consorcio de entidades investigadoras de varios países con el liderazgo de la empresa española Aqualia, se está desarrollando en las instalaciones de la E.D.A.R. El Torno, en Chiclana de la Frontera (Cádiz) (Ruiz del Árbol, 2012). Con este proyecto se consiguen simultáneamente la depuración natural (por las algas) de las aguas residuales en una planta autoabastecida sin necesidad de electricidad ni emisiones de CO₂, y la recolección y procesamiento de la biomasa para el aceite y otras extracciones químicas. Se indagará en qué tipo de alga da mejores resultados y se verificará cuán eficaz es el proceso, desde el crecimiento de los cultivos acuáticos hasta el uso del biocombustible en vehículos. Si se logra el objetivo de productividad de biocombustibles en esta extensión se prevé que se pueda cubrir el consumo anual de 400 vehículos

A principios del 2014 se presentaron las conclusiones extraídas del proyecto europeo Energreen (Rico, 2014), coordinado por el Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (Neiker-Tecnalia), cuyo objetivo era la readaptación de los cultivos tradicionales de microalgas para conseguir microorganismos con un alto potencial energético. La conclusión principal es que para la obtención de un biodiesel de calidad, la biomasa de microalgas empleada ha de contener al menos un 30% de lípidos de reserva; además, tras evaluar la biomasa residual generada después de la extracción de aceite, se ha confirmado su potencial metanogénico para la producción de biogás. Para ello, se establecieron estrategias de cultivo basadas en la limitación de nutrientes, lo que ha permitido la obtención de esta biomasa con alto contenido lipídico.

Tecnalia, en otro proyecto coordinado por Endesa, investiga sobre el desarrollo de tecnologías

innovadoras de ingeniería genética aplicables a microalgas para la generación de los citados productos energéticos (Valera, 2013).

También existen numerosas multinacionales con sede en Estados Unidos y Asia que están interesadas en posicionarse en el ámbito de los biocombustibles; de hecho, en Estados Unidos, hay un proyecto en marcha cuyo objetivo es lograr combustible no proveniente del petróleo como fuente energética alternativa para el abastecimiento del transporte civil y militar (Universidad de Alicante, 2013).

La producción de microalgas con fines energéticos aún supone un alto coste de producción como para resultar rentable comparado con el del petróleo; sin embargo, esto no implica que en unos años siga siendo así. Es una tecnología en desarrollo de la que aún quedan muchas incógnitas que investigar y resolver, como las modificaciones genéticas que permitan producir algas con mayor rendimiento o más fáciles de cultivar, o incluso producir algas “a la carta” que cumplan los requisitos de cada productor. Asimismo, estas investigaciones podrían ayudar a conocer mejor los sistemas de producción de aceite en algas y ayudar a su optimización.

BIBLIOGRAFÍA

- Biomar Microbial Technologies (2012). Líneas de investigación en biocombustibles. Visitado el 06/01/2015 en: <http://www.biomarmicrobialtechnologies.com/es/bio-energia/biocombustibles/lineas-de-investigacion-biocombustibles.html>
- Candelaria, M. (2012). Algas para producir combustible. Visitado el 16/01/2015 en: <http://magazineoceano.com/algas-para-producir-combustible/#.VhANgeztmko>
- Castells, X.E. y Bordas, S. (2012). Energía, agua, medioambiente, territorialidad y sostenibilidad. Ediciones Díaz Santos.
- Catalán, G. (2007). El “biopetróleo” renovable de Alicante. Visitado el 14/01/2015 en: <http://www.biopetroleo.com/pdf/070528-elmundo.pdf>
- Cheng, Y., Lu, Y., Gao, C., Wu, Q. (2009). Alga-Based Biodiesel Production and Optimization Using Sugar Cane as the Feedstock. *EnergyFuels*, 23:4166–4173.
- Contreras, C., Peña, J.M., Flores, L.B., y Cañizares, R.O. (2003). Avances en el diseño conceptual de fotobiorreactores para el cultivo de microalgas. *Interciencia*, 28: 450-456.
- Duarte, C.M. (2010). *Océano: el secreto del planeta tierra* (primera edición). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).
- Fernández-Linares, L.C., Montiel-Montoya, J., Milán-oropeza, A. y Badillo- Corona, J.A. (2012). Producción de biocombustibles a partir de microalgas. *Ra Ximhai*, 8:101-115.
- Garibay, A., Vázquez-Duhalt, T. R., Sánchez, M., Serrano, L., y Martínez, A. (2009). Biodiesel a Partir de Microalgas. *Biotecnología*, 13:38-66.
- González, A.D., Kafarov, V., Guzmán, A. (2009). Desarrollo de métodos de extracción de aceite en la cadena de producción de biodiesel a partir de microalgas. *Prospect*, 7:53-60.
- Guillen, H. (2010). Breve historia de los biocombustibles. Visitado el 16/01/2015 en: <http://www.terra.org/categorias/articulos/breve-historia-de-los-biocombustibles>
- Maceiras, R., Cancela, A., Rodríguez, M., Sánvhez, A., Urréjola, S. (2010). An Innovative Biodiesel Production. *Chemical Engineering Transactions*, 19, 97-102.

- Mahapatra, D.M., Chanakya, H.N., Ramachandra, T.V. (2012). Euglena sp. as a suitable source of lipids for potential use as biofuel and sustainable waste water treatment. Visitado el 17/01/2015 en: http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/water/paper/jap_euglena/jap_euglena.pdf
- Mallick, N., Mandal, S., Singh A.K., Bishai M., Dash, A. (2011). Green Microalga *Chlorella vulgaris* as a Potential Feed stock for Biodiesel, *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 87:137-145.
- Nagaraja, Y.P., Biradar, C., Manasa, K.S. , Venkatesh, H.S. (2014). Production of biodiesel by using microalgae (*Botriococcus braunii*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 3: 851-860.
- Olmedo, F. (2009). Biodiésel de Algas. Proceso de producción de biodiésel utilizando algas. Visitado el 06/01/2015 en: <http://www.biodisol.com/biocombustibles/biodiesel-de-algas-proceso-de-produccion-de-biodiesel-utilizando-algas-energias-renovables-biocombustibles-cultivos-energeticos/>
- Organización Latinoamericana de Energía (2012). Biocombustibles a partir de algas marinas. Visitado el 14/01/2015 en: [.http://www.olade.org/sites/default/files/coordinaciones/observatorio/BIOCOMBUSTIBLES%20A%20PARTIR%20DE%20ALGAS%20MARINAS-2.pdf](http://www.olade.org/sites/default/files/coordinaciones/observatorio/BIOCOMBUSTIBLES%20A%20PARTIR%20DE%20ALGAS%20MARINAS-2.pdf)
- Otero, C. (2011). Producción de nuevos biocombustibles para automoción. Cuadernos de la fundación general. CSIC. Visitado el 11/01/2015 en: http://www.fgcsic.es/lychnos/es_es/articulos/produccion_de_nuevos_biocombustibles_para_automocion
- Penelas, S. (2011). Vigo lidera un proyecto europeo de cultivo de algas para limpiar zonas degradadas y obtener biodiesel. Visitado el 10/01/2015 en: <http://www.farodevigo.es/gran-vigo/2011/02/04/vigo-lidera-proyecto-europeo-cultivo-algas-limpiar-zonas-degradadas-obtener-biodiesel/515305.html>
- Plata, V., Kafarov, V., Moreno, N. (2009). Desarrollo de una metodología de transesterificación de aceite en la cadena de producción de biodiesel a partir de microalgas. *Prospect*, 7:35-41.
- Rico, J. (2014). Biodiesel y biogás a partir de microalgas más eficientes (resultados del proyecto Energreen). Visitado el 15/01/2015 en: <http://biodiesel.com.ar/8300/biodiesel-y-biogas-a-partir-de-microalgas-mas-eficientes>
- Roldan, J. (2012). Energías renovables. Lo que hay que saber (segunda edición). S.A. Ediciones paraninfo.
- Rubianes, J. (2011). Estudio técnico-económico de producción de biodiesel mediante algas. ICAI-Universidad pontificia Comillas. Madrid.
- Ruiz Del Árbol, M. (2012). Algas + porquería = ¿biocombustible? Visitado el 11/01/2015 en: http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/03/13/actualidad/1331642599_735363.html
- Scott, C.J., Varun, B. (2010). Modeling Algae Grown in an Open-Channel Raceway. *Journal of Computational Biology*, 17:895-906.
- Twenergy. (2011). Biodiesel ventajas y desventajas. Visitado el 15/01/2015 en: <http://twenergy.com/a/biodiesel-ventajas-y-desventajas-196>
- Universidad de Alicante (2013). Investigadores de la UA diseñan un fotobiorreactor para producir biocombustible con algas marinas. Visitado el 16/01/2015 en: <http://web.ua.es/es/actualidad-universitaria/2013/mayo2013/mayo2013-20-26/investigadores-de-la-ua-disenan-un-fotobiorreactor-para-producir-biocombustible-con-algas-marinas.html>
- Valera, D. (2013). Las microalgas marcan la pauta en innovación. Visitado el 08/01/2015 en: http://www.all-gas.eu/Documents/2013.01.29_Las_microalgas_Innovam%C3%A1s_.pdf

Año 2015

Anuario de la Facultad de Biología	1
Trabajos Académicos	
▶ Proyecto de aprovechamiento micológico sostenible en el monte de cotres (Arcos, Pontearreas). Hugo Fernández Ricón	28
▶ Contaminación por parásitos zoonóticos de origen canino en parques públicos del ayuntamiento de Vigo. Sandra M ^a Gallego Pereira	37
▶ Aplicación de la ilustración científica en el campo de la micología. Alexandra Skinner	48
▶ Palinoteca: Unha colección de referencia a partir da flora do campus de As Lagoas- Marcosende. Alberto Castro Parada	58
▶ Biotecnología ante os retos alimenticios da Humanidade. Rubén González Miguélez	68
▶ Aproveitamento Mico-pedagógico do Monte da Picaraña (Pontearreas): Deseño dun roteiro micolóxico e un centro de interpretación complementario. Gabriel Pérez Torrón	74
▶ Desarrollo de un método analítico para la determinación de toxinas acuáticas de origen natural. Jorge Giráldez Fernández	84
▶ Conservación de aprendizaje de planarias después de sufrir decapitación y regeneración del tejido nervioso: Una revisión de la controversia y perspectivas para el futuro. Juan Gefaell Borrás, Héctor Fernández Nieto, Brais Piñeiro Fernández	96
▶ Hierbas medicinales: uso en la Cultura Gallega. Ermitas Cabaleiro Soutullo, Carmen Ferrer Muñoz, Rosa Martínez Pazó, Rosa Molares Alonso, M ^a José Rodríguez Boente	105
▶ Plantas en relación co folclore Galego: Uso máximo. Gabriela García Blanco, David Gutiérrez Rial, Lois Regueira Marcos, Andrés Reigosa Alonso	113
▶ Briófitos : Para algo más que para el Belén. Francisco Javier Cabaleiro Piñeiro, Carlos Eireos Quintero, Anxo Méndez Villar, Marta Ruiz Arribas	121
▶ Tiras cómicas para ilustrar "La evolución de los amniotas". María Jesús Iglesias Briones y alumnos	130
▶ Cultivo de algas para la producción de biocombustibles. Ana Arce Bastos, Javier Echave Álvarez, Jéssica Groba Represa, Anxo Méndez Villar, Marta Ruiz Arribas, Ana Rus Bouzón.	138