

Número VIII

REVBIGO

Revista da Facultade de Bioloxía. Universidade de Vigo



Homenaxe a

Francis Crick

- 2016 -

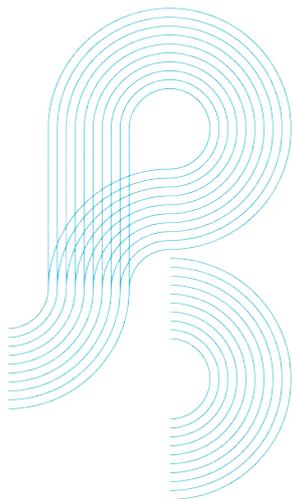
REV B IGO

Revista da Facultade de Bioloxía. Universidade de Vigo

2016 ANUARIO

Volume VIII

HOMENAXE
FRANCIS CRICK
1916 - 2004



Facultade de Bioloxía

Universidade de Vigo

Esta publicación foi financiada con fondos procedentes da Facultade de Bioloxía da Universidade de Vigo. Todos os dereitos quedan reservados o equipo editor. Calquera reprodución total ou parcial sen permiso será considerado plaxio.

bioloxía.uvigo.es

REVBIGO

Revista da Facultade de Bioloxía. Universidade de Vigo

CONSELLO EDITORIAL

Marisa 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 egresado do Grao en Bioloxía

COLABORADORES

Marisa 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.
Mercedes Gallardo Medina	Profesora Titular da Área de Fisioloxía Vegetal. 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.

Manuel Ángel Pombal	Profesor Titular da Área de Bioloxía Celular. Dpto. de Bioloxía Funcional e CC. da Saúde
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.
Humberto Quesada	Profesor Tirular da Área de xenética. Dpto. de Bioquímica, Xenética e Inmunoloxía.
Marcos A. López Patiño	Profesor Titular da Área de Fisioloxía. Dpto. de Bioloxía Funcional e CC. da Saúde.

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

Os segredos da Bioloxía	1
Francis Crick, ADN e a linguaxe da vida	3
Unha porta aberta á Bioloxía	6
Conferencia inaugural do ano académico Emilio Rolán	8
Actividades de San Alberte 2015	
Conferencia Pedro Revilla	13
III Exposición de cogomelos	15
Concurso de Fotografía	16
Concurso de debuxo	18
Cineforum Bioloxía	20
Olimpiada de Bioloxía	
Fase Nacional	24
Proxecto DivulGATE	33
II Xornada de especies Invasoras- DivulGATE	34
A experiencia do "Incuvi- Emprende" 2016	36
Acto de Graduación da Promoción 2012/2016	
Foto	38
Discurso madrina	38
Discurso padrino	41
Orla	43

Traballos Académicos

- ▶ **Determinación de los niveles de melatonina presentes en frutas y zumos de frutas habituales de la dieta.** Verde Rodriguez, A. 45
- ▶ **Uso tradicional de las plantas en el ayuntamiento de tui (Pontevedra).** Alonso Rivero, A. 55
- ▶ **Respuesta del sistema circadiano hepático al estrés en la trucha Arco Iris.** Prito Vázquez, L; Naderi, F. 66
- ▶ **Polinización en Lepidopteros nocturnos.** Estévez Caride, P. 75
- ▶ **Cuantificación de la longitud y volumen de la red vascular a partir de secciones.** García Oliveira, P. 83
- ▶ **Polimorfismo del color de las conchas en poblaciones naturales de *Littorina fabalis* del mar blanco (Rusia).** González Conde, M. 92
- ▶ **Metaanálisis del sistema olfativo como diagnóstico precoz en Parkinson y Alzheimer.** De la mata Pazos, M. 102
- ▶ **Estudio de la flora leñosa del campus Universitario de Vigo.** Rojo Martínez, S. 111
- ▶ **Claves dicotómica de las especies leñosas del campus universitario de Vigo.** Rojo Martínez, S.; Castro, M. 122
- ▶ **Actualización del checklist de líquenes y hongos liquenocolas de Galicia.** Crespo Pardo, E. 137
- ▶ **Galicia, un paraíso vexetal.** Álvarez Rodríguez, S.; Caride Pérez, A.; Carpeno Rodríguez, M.; Rivas Ferreiro, M.; Tajés Morenza, A. 146
- ▶ **Descubriendo a verdade sobre as plantas transxénicas.** Álvarez Rena, J.R.; Camiña Gómez, B., González Costas, A., Torres Gonzçalves, M.; Viéitez Lorenzo, A. 155
- ▶ **!Fruticulturizate!.
Panabiano Barreiro, A.; Pastro Heranz, I.; Piñeiro Fernández, B.; Rafael Vidal, C. 162**
- ▶ **Que fal unha árbore como ti nun sitio como este?.** Blanco González, S.; Gallego García, M.P.; Novo Giménez, I.; Sánchez Sánchez, P. 171
- ▶ **Ernst Mayr. Una filosofía desde la biología. Brevisimo Repaso a sus aportaciones.** Gefaell Borrás, J. 178
- ▶ **Delicias culinarias "Artropodianas".** Iglesias Briones, M. J. y alumnos. 188

OS SEGREDOS DA BIOLOXÍA

Moi apreciados lectores de Revbigo,

Un ano máis se presenta un novo número da revista Revbigo, que nesta ocasión está dedicado a un dos investigadores máis influentes na bioloxía do século XX e na historia da ciencia en xeral, Sir Francis Crick. As súas achegas están chamadas a ser unha base fundamental dos avances de maior impacto nas nosas vidas e das xeracións futuras. O descubrimento hai 60 anos da estrutura do ADN polos doutores James Watson e Francis Crick (coas innegables achegas da Dra. Rosalind Franklin) e a súa importancia para a transferencia da información na materia viva, foi o punto de partida do estudo do xenoma, o que levou a un avance vertixinoso en novos campos da investigación xenómica cun impacto enorme para a humanidade. Tal é o caso do desenvolvemento das técnicas de enxeñería xenética que supuxeron unha ferramenta fundamental para a produción de proteínas recombinantes tales como a insulina artificial para diabéticos ou a hormona de crecemento, a obtención de vacúas recombinantes contra enfermidades como a hepatitis B ou a rabia, e a obtención de plantas resistentes a virus, bacterias ou insectos, entre outros moitos avances.

A partir deste descubrimento tamén se puido avanzar rapidamente na secuenciación do ADN, en particular en base ás achegas de Frederic Sangers, un dos poucos científicos que recibiu o nobel en dúas ocasións, creando tecnoloxía capaz de ler os xenes de cada individuo, ata conseguir descifrar o xenoma completo. Este foi o obxectivo co que partiu o chamado “proxecto xenoma humano” que concluíu en 2003, abrindo enormes expectativas en estudos de xenética clínica e biomedicina, mellora do coñecemento de enfermidades pouco estudadas, e desenvolvemento de novas medicinas e diagnósticos máis fiables e rápidos. A revolución xenética é xa un feito consumado e a humanidade enteira espera as súas achegas para a vida cotiá. Pero non debemos esquecer que todo iso é consecuencia dun longo, lento e a

miúdo tedioso proceso en busca de “os segredos da vida”, como orixinalmente referiuse Francis Crick ás súas achegas sobre a teoría da dobre hélice. Ao seu lado e no seu percorrido posterior, este camiño implicou e implica na actualidade, a miles e miles de investigadores que poñen todas as súas capacidades para que o avance do coñecemento da vida sexa unha realidade cun devir imparabile.

O desenvolvemento dunha sociedade en liberdade está baseado no coñecemento, cuxa base real son os niveis de investigación e cuxa punta de lanza é o avance tecnolóxico e a capacidade de innovación. A Universidade confórmase así como un lugar idóneo para fomentar os potenciais dos novos estudantes, un espazo idóneo para investigar e para comprender mellor qué somos e cómo interaccionamos coas demais especies vivas e co medio natural, contribuindo ao desenvolvemento sustentable que tanto necesita o noso planeta. O mundo globalizado actual esixe constantes transformacións, tamén da Universidade, tanto a nivel organizativo como a nivel tecnolóxico, que teñen que ir enfocadas a resolver os problemas da humanidade, facéndoa máis xusta, con maiores oportunidades para todos os seus habitantes e máis respectuosa co medio ambiente.

A bioloxía debe ser a disciplina científica dos novos tempos, pola cantidade de aplicacións que pode ofrecer: enxeñería xenética, biotecnoloxía, microbioloxía, ecoloxía, e un longo etcétera. É por iso que os poderes públicos, as institucións que nos gobernan, deben prestar unha maior atención á formación dos nosos mozos científicos e fomentar medidas que favorezan a súa inserción laboral. Nestes anos de crise económica, a mellor solución debe pasar por rentabilizar a Universidade e apostar polos mozos e mozas formados ao amparo de títulos universitarios actualizados, que garanten unha sólida formación. A nosa Facultade de Bioloxía debe ser un referente nese obxectivo, debemos ser capaces de renovarnos e

adaptarnos de forma constante, tanto no plano das metodoloxías docentes como no da investigación, debemos coidar os nosos títulos para que ofrezan contidos actualizados e que atraian aos estudantes con vocación e ilusión, en definitiva para formar os futuros científicos. E tamén habemos de dar unha maior importancia á divulgación científica, que é clave para contactar coa sociedade e facela participe dos nosos avances. Só así lograremos os apoios tan necesarios para que os nosos egresados teñan

mellores expectativas laborais e poidan poñer todo o seu potencial en beneficio da sociedade. Leste debe ser tamén o papel da nosa querida Revbigo, construír un punto de partida para que os estudantes poidan iniciarse na divulgación do coñecemento científico e dos segredos da Bioloxía.

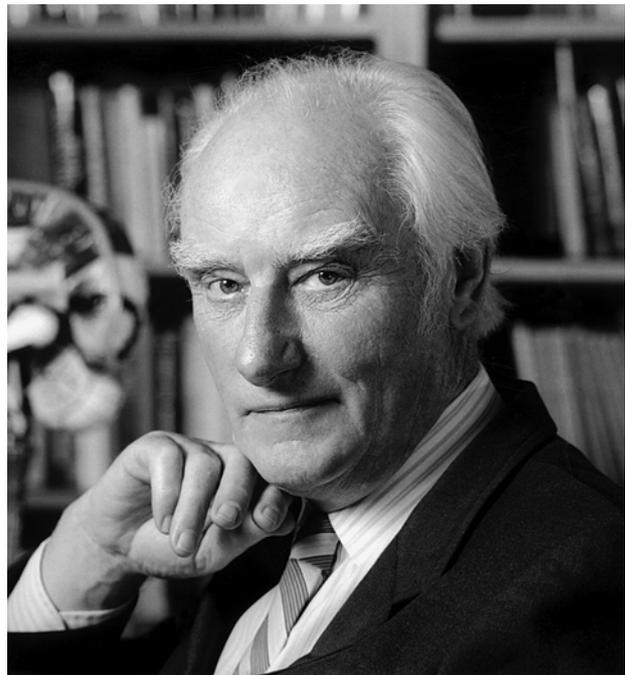
Jesús M. Míguez Miramontes

Decano

FRANCIS CRICK, ADN Y EL LENGUAJE DE LA VIDA

Celebramos en el año 2016 el centenario del nacimiento de Francis Crick, uno de los científicos más influyentes de su época. El descubrimiento en el año 1953 por parte de James Watson y Francis Crick de la estructura en doble hélice de la molécula de ADN supuso un punto de inflexión en el ámbito de las ciencias de la vida, generando una explosión de creatividad científica que conduciría 13 años más tarde al total desciframiento del código genético, una tarea en la que el propio Crick o científicos de su círculo inspirados por él desempeñaron un papel fundamental. Entre las muchas contribuciones de Crick se encuentra el aportar un nuevo marco conceptual donde la información desempeña un papel crucial: el ADN almacena la información genética, que se transfiere a la secuencia de aminoácidos de las proteínas a través del ARN. Esta concepción cambió el rumbo de la bioquímica dando lugar al origen de la biología molecular, y es considerada por muchos como su principal aportación científica.

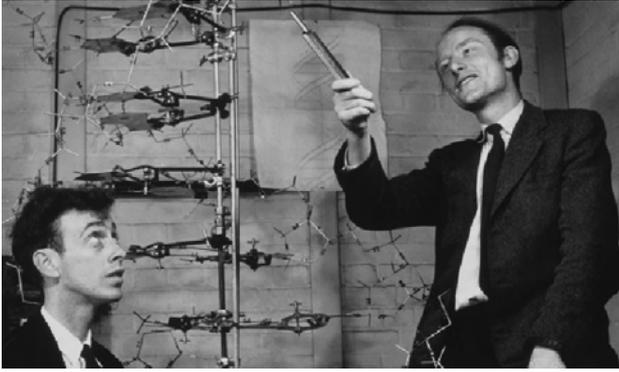
Crick era fundamentalmente un teórico, y solo en raras ocasiones estuvo directamente implicado en el trabajo experimental. Físico de formación, representa un ejemplo de la generación de físicos que se interesaron por la investigación biológica en la década de 1940-50 tras la lectura del libro seminal "Qué es la vida", escrito por el padre de la física cuántica Erwin Schrödinger. Su gran curiosidad se encontraba en sintonía con una gran originalidad de pensamiento, lo que le permitió obtener respuestas a problemas biológicos fundamentales, habitualmente en colaboración con otras mentes brillantes como James Watson, Sydney Brenner, Leslie Orgel, o Christof Koch. Francis Crick fue siempre muy selectivo en la elección de sus temas de trabajo, abordando sólo problemas científicos de importancia trascendental. Dos temas le producían una especial fascinación: la línea que separa lo vivo de la materia inanimada, y el funcionamiento del cerebro y la conciencia. Dedicaría gran parte de su vida a la primera cuestión, mientras que la



Francis H.C. Crick (1916-2004)

segunda la abordaría después de cumplir los 60 años.

Resulta difícil imaginar hoy en día el enorme esfuerzo intelectual y la formidable intuición científica que condujeron a descifrar la estructura del ADN y el código genético. En la década de 1940-50, las ideas que circulaban sobre los conceptos de gen y proteína y de sus naturalezas químicas eran sumamente vagas. Las proteínas eran consideradas como moléculas amorfas carentes de una secuencia de aminoácidos específica. El ADN no fue visto como una molécula de interés genético hasta el año 1944, cuando Oswald Avery y sus colaboradores presentaron las primeras evidencias de que el ADN podría ser el material hereditario. Crick, en aquel momento un estudiante de doctorado de 35 años en la Universidad de Cambridge, se encontraba centrado en el estudio de la estructura molecular de las proteínas. Su vida, y con ella la biología, experimentarían un cambio revolucionario con la llegada a Cambridge de un joven James Watson de solo 23 años. La sinergia que se produjo entre ambos investigadores, y la apasionante historia que condujo a la elucidación de la estructura del



Modelo de ADN: J. Watson y F. Crick junto a uno de sus modelos del ADN en el laboratorio Cavendish en la Universidad de Cambridge en 1953 /Universidad de Cambridge

ADN gracias a la construcción de modelos moleculares y las imágenes de difracción de rayos X aportadas por Maurice Wilkins y Rosalind Franklin, se encuentran espléndidamente reflejadas en el relato que el propio Watson realizó posteriormente en su libro “La doble hélice”.

El descubrimiento de la estructura molecular del ADN por Watson y Crick fue el elemento definitivo que acabó de convencer a la

comunidad científica de que el ADN era el material genético. La estructura en doble hélice del ADN formada por dos cadenas que discurren en direcciones opuestas unidas por bases complementarias revelaba en sí misma el mecanismo de la herencia. Cada cadena servía como molde para la síntesis de la cadena complementaria, formando así dos nuevas dobles hélices idénticas. El modelo no imponía ninguna restricción en el orden de las bases y tanto Watson como Crick rápidamente comprendieron que las diferencias en secuencia explicaban la diversidad de los genes. La estructura propuesta por Watson y Crick fue aceptada casi de inmediato, no solo por su electrizante belleza, sino también porque mostraba cómo la biología, la evolución y, en última instancia el origen de la vida, podían ser explicadas en términos físicos y químicos. Se aportaba así la base molecular de la transición entre la materia inanimada y animada, proporcionando una explicación materialista y racional de la vida, una visión que ya Darwin había avanzado un siglo antes.



Premios Nobel 1962. De izquierda a derecha: Maurice Wilkins (Fisiología y Medicina), M. Perutz (Química), Francis Crick (Fisiología y Medicina), J. Steinbeck (Literatura), James Watson (Fisiología y Medicina), J. Kendrew (Química) / Cold Spring Harbour Laboratory

Crick una vez más se adelantó a su tiempo al darse cuenta de que la información genética almacenada en el ADN se disponía de forma lineal, bajo un código que determinaba la secuencia también lineal de los aminoácidos de las proteínas, y que a su vez determinaba la estructura tridimensional de las mismas. La síntesis proteica, por tanto, era fruto de un flujo unidireccional de materia, energía e información desde el ADN a las proteínas. En sus esfuerzos por comprender cómo se codifica y transfiere la información, Crick demostró que la unidad de cifrado debía ser el triplete de nucleótidos. Predijo la existencia de una molécula adaptadora de doble especificidad (el ARNt) que permitía el acoplamiento entre los tripletes y los aminoácidos, y propuso la lista de los 20 aminoácidos presentes en los organismos vivos. Una vez descifrado el código, propuso la hipótesis del tambaleo para explicar la degeneración encontrada en él. La universalidad del código y la ausencia de una interpretación obvia para la asignación de tripletes a aminoácidos le condujeron a sugerir que surgió de forma accidental, y que una vez establecido en nuestro ancestro universal, se ha mantenido prácticamente congelado hasta nuestros días. Estos descubrimientos capitales proporcionaron el marco adecuado para comprender el lenguaje y el flujo de la información genética, y definieron las principales características de todos los sistemas vivos a nivel molecular.

En el año 1977, Crick cambia el foco de su investigación y tras trasladarse al Instituto Salk en La Jolla (California) se centra en el estudio de otro de los temas que consideraba como uno de los grandes retos pendientes de la ciencia: la comprensión de los mecanismos cerebrales responsables de la conciencia. Como él mismo reconoció, su objetivo no era tanto resolver las grandes cuestiones pendientes como inspirar a otros en su resolución, en una época donde la conciencia no era considerada un tema susceptible de ser sometido a la investigación científica. Crick, en colaboración con Christof Koch, convirtieron el misterio de la conciencia en un problema abordable empíricamente, alentando a una nueva generación de neurocientíficos al estudio de esta cuestión. Francis Crick vivió a caballo entre el estudio del ADN y la conciencia. El monumental legado de su obra deja una profunda impronta en nuestra comprensión de cómo funciona el lenguaje de la vida.

Humberto Quesada
Profesor da Área de Xenética
Facultade de Bioloxía
Universidade de Vigo

UNHA PORTA ABERTA Á BIOLOXÍA

VEN A COÑECERNOS.

Entre as moitas actividades que ten a Facultade de Bioloxía de cara á súa difusión e divulgación está a visita a Colexios e Centros da ESO que solicitan información, tanto no referente aos títulos que se imparten na Facultade como a algún que outro tema sobre bioloxía.

Neste caso un profesor/a, en xeral membro do Equipo Decanal, desprázase ao centro e imparte unha pequena charla sobre o Grao en Bioloxía. Aproveita para explicar de qué vai, cómo se imparte, qué se estuda, que posibles saídas laborais ten, etc. Nalgún caso, cos alumnos máis novos desenvólvese algunha charla de divulgación que lles axude a entender mellor o seu entorno.

É importante desmitificar a idea social de que un biólogo é un ecoloxista ou un naturalista que sae ao campo ver plantas e bichiños, etc. Esta titulación ten moitas outras posibilidades relacionadas coa investigación na área de xenética, de bioquímica, da saúde, ... e, polo tanto a diversidade laboral tamén é grande. Neste marco, durante o curso 2015-16 visitáronse varios centros de Educación Secundaria Obrigatoria.

Outra das actividades é a de permitir coñecer a “nosa” Facultade a alumnos de diversos centros

do contorno. Estas visitas xestionáronse polo SIOPE e/ou polo Decanato directamente (email, teléfono). Nesta modalidade, durante o curso 2015-2016, visitaron a Facultade de Bioloxía un total de 341 alumnos, procedentes de 18 Centros de Vigo: Colexio San Miguel 2, Colexio Bouza Brey, Colexio Amor De Dios, Colexio Santa Cristina, Colexio Salesianos, IES Santa Irene, IES A Guía e IES República Oriental do Uruguai, ademais do IES de Mós, IES de Beade, IES Val do Tea (Ponteareas), IES de Tomiño, IES As Barxas (Moaña), CEMAR de Mondariz, IES do Val Miñor (Nigrán), IES Pedro Floriani (Redondela), Colexio Los Sauces (Pontevedra) e IES de Sabón (Arteixo).

Un dos seus obxectivos era que os alumnos contactaran de forma directa coa «Bioloxía con maiúsculas», coa Ciencia Biolóxica de cara a elección do próximo Grao que van estudar. Estaremos a falar de futuros biólogos? Quen sabe...

Para os rapaces e rapazas é un día de asueto no que visitan a Universidade, non tanto para os profesores que con toda dedicación os acompañan á Universidade, ese lugar que ven tan lonxe e tan próximo ao mesmo tempo.

Con estas visitas teñen a oportunidade de ver a, e mesturarse con, alumnos universitarios, estar cos seus profesores e técnicos de laboratorio, ...

Os visitantes, principalmente alumnos de 1º e 2º de Bacharelato, figuran entre os que mostran un especial interese polo ámbito científico e están desexosos de ver que pode haber máis aló



dese limiar do que habitualmente ouven falar, pero o que nin sempre se ten a oportunidade de cruzar antes de presentarse á selectividade. É unha estupenda operación de achegamento da universidade aos futuros universitarios.

Despois de ser recibidos e informados sobre o Grao de Bioloxía, en todos os seus aspectos: docentes, formativos, laborais, ... por parte da dirección do centro, diríxense a algún laboratorio onde poden realizar algunha pequena experiencia, manexar un microscopio, visualizar preparaci3ns histolóxicas, observar aos animais de experimentaci3n vivos e ver como funciona algún dos aparatos usados no día a día do desenvolvemento da investigaci3n e da docencia en bioloxía. É fascinante ver como esta xente tan nova sente o laboratorio como algo seu.

Son días que na Facultade se nota moito rebumbio e alegría con tanto "sangue novo" desprazándose polos corredores, falando en voz alta e comentando as coleccións zoolóxicas e botánicas que se sitúan en cadanseu corredor, en tanto van para os laboratorios. No fondo, esperamos que no futuro algún destes alumnos interesados pola ciencia chegue a ocupar as nosas aulas.

A terceira actividade asociada á difusión do centro e da súa formaci3n é a Xornada de Portas Abertas (2/5/2016), na que ten unha maior implicaci3n a Facultade, xa que o convite para a visita parte desde o Decanato. Normalmente ten bastante éxito, de feito, este ano participaron 141 alumnos de diversos centros de Educaci3n Secundaria Obrigatoria, entre eles o IES Politécnico e IES Coruxo (Vigo), IES Carlos Casares (Viana do Bolo) e IES María Soliño (Cangas).

Durante esta xornada o Decano presentou a Facultade aos visitantes, facendo especial finca pé nas titulaci3ns que se imparten nela. A continuaci3n os invitados realizaron unha visita guiada a laboratorios docentes de 8 áreas de coñecemento (Bioloxía Celular, Botánica, Edafoloxía, Fisioloxía Animal, Fisioloxía Vexetal, Xenética, Parasitoloxía e Zooloxía), nos que profesores desas áreas e técnicos de laboratorio participaron explicando un pouco para que se utilizan, tanto desde o punto de vista

Facultade de Bioloxía

2 de Marzo de 2016

www.bioloxia.uvigo.es

Búscanos tamén en:

decanatobiologia@uvigo.es

Facultade de Bioloxía UVigo

XORNADA DE PORTAS ABERTAS na Facultade de Bioloxía

PARA CENTROS DE EDUCACI3N SECUNDARIA

PROGRAMA

10:30 - 10:45 h. Recepci3n

10:45 - 11:30 h. Presentaci3n do centro e das titulaci3ns a cargo do Decano

11:30 - 11:50 h. Descanso

11:50 - 13:30 h. Visita guiada polos laboratorios da Facultade e demostraci3ns científicas

13:30 h. Despedida

Universidade de Vigo

investigador e docente como divulgativo, por exemplo, no laboratorio de Botánica visualizaron varios dos vídeos realizados polo grupo Divulgare, en Zooloxía tiveron a oportunidade de gozar coas coleccións de animais, en Bioloxía Vexetal, visualizaron preparaci3ns microscópicas, etc.

Por último, en Pontevedra, organizado pola Asociación de Empresarios da Pequena e Mediana Empresa, celebrouse do 17 ao 19 de febreiro a feira EDUGAL, un salón da oferta de educaci3n e formaci3n de Galicia. É unha feira que pretende funcionar como unha guía para a toma de decisi3n dos rapaces e rapazas «nun momento importante das súas vidas», en palabras de D. José Manuel Pinal, Director Xeral de Centro e Recursos Humanos da Xunta de Galicia.

Nesta V edici3n participaron 38 centros que ofrecían un amplo abano de informaci3n sobre a educaci3n e a formaci3n que imparten. Entre eses centros estaba a Facultade de Bioloxía, mostrando documentaci3n sobre o Grao e os máster que se desenvolven nela. Representando á Universidade de Vigo na inauguraci3n estivo D. Ernesto Pedroso, presidente do Consello Social.

Outras actividades desenvolvidas na Facultade de Bioloxía, tamén abertas ao público, como o concurso de fotografía, conferencias, a exposici3n micolóxica, etc., realizadas durante a semana dedicada ao seu patr3n, San Alberto Magno, coméntanse noutros apartados.

M. Fuencisla Mariño e Marisa Castro
Profesoras da Facultade de Bioloxía

CONFERENCIA INAGURAL DO ANO ACADÉMICO

Emilio Rolan

EL SENTIDO EVOLUTIVO DE LA DIVERSIDAD PARA EL COLOR

Desde los vistosos despliegues de los machos de muchas aves a los artísticos patrones de distintos gasterópodos, el color ha causado una gran fascinación en la biología. Concretamente las causas de tal diversidad ha sido el objeto de múltiples estudios. En este trabajo revisaremos las distintas causas y los mecanismos responsables de la diversidad para el color entre y dentro de especies. Daremos también algunos de los resultados de un estudio en curso sobre el polimorfismo de color en la especie *Littorina fabalis*, atendiendo principalmente al mecanismo de apareamiento asociativo.

Dende os coloridos despregues dos machos de moitas aves ós artísticos patróns de distintos gasterópodos, a cor é causa de gran fascinación en bioloxía. Concretamente as causas de tal diversidade son obxecto de múltiples estudos. Neste traballo revisaremos as distintas causas e mecanismos responsables da diversidade da cor entre e dentro de especie. Daremos tamén algúns dos resultados dun estudo en curso sobre o polimorfismo da cor na especie *Littorina fabalis* atendendo principalmente ó mecanismo de emparellamento

La biodiversidad (siempre que presente una base hereditaria) es la materia prima sobre la que actúa la evolución. Por ende, todos aquellos caracteres que presenten gran variabilidad son objeto de interés evolutivo. Tal vez uno de los caracteres más espectaculares sea el propio color de los organismos. La manifestación del color se debe a la proyección (reflectancia) de una longitud de onda en respuesta a la luz y es interpretada por los organismos vivos gracias a un sistema nervioso más o menos sofisticado. En función de tal sistema nervioso, el color es "visto" de una u otra forma por cada organismo y gracias a esto el color puede llegar a cumplir diferentes funciones adaptativas.

Cómo surge el color en poblaciones naturales es de gran interés para conocer las interacciones con el medio y otros congéneres. La variación del color puede deberse, principalmente, a (1) efectos ambientales, a (2) una herencia neutra de los caracteres o a (3) causada por selección natural. Podemos explicar con un poco más de detalle cada mecanismo.

1- La especie *Pseudochromis fuscus*, es un pez coralino que presenta dos colores (amarillo y marrón) que varía mediante plasticidad fenotípica en función del hábitat y del color de las presas (Figura 1). Un color similar al que poseen las presas permitiría acercarse a éstas de forma más efectiva y un color similar al hábitat permitiría evitar ser depredados a su vez.



Figura 1. Fotografías de individuos oscuro y amarillo de *P. fuscus* (a y b respectivamente) y fotografías de individuos oscuro y amarillo de *Pomacentrus moluccensis* (c y d respectivamente). *P. fuscus* depreda individuos juveniles de *P. moluccensis* y la similitud en color y en forma a éstos, algo que pueden cambiar a voluntad, les concede una ventaja adaptativa.

Otros efectos ambientales se dan cuando la coloración de alguna estructura en los animales está influida por la alimentación.

2- Aunque un determinado polimorfismo para el color pueda resultar adaptativo en una especie, con el tiempo esta situación puede llegar a cambiar y dicho polimorfismo puede

llegar a ser neutro o incluso maladaptativo. Cualquier variante neutra que se transmita a las generaciones sucesivas sufrirá un cambio errático del gen responsable del carácter. En este caso, la historia evolutiva de cada especie dará como resultado una variación del color entre especies causado por la deriva genética. Otro caso de evolución aleatoria por deriva es el caso de las poblaciones que sufren cuellos de botella, es decir una reducción drástica aunque temporal del número de reproductores.

3- Cuando el color influye en la eficacia biológica para una determinada especie, esto es, cierta variante de color faculta a sus portadores a dejar mayor número de descendientes en la generación siguiente, y el color tiene una base genética, variará en la población como consecuencia de la acción de la selección natural. La selección natural divergente (actuando a favor de colores diferentes en diferentes ambientes) puede llegar a diferenciar dos poblaciones. La selección también puede ser direccional fijando un color y eliminando el resto. Por ejemplo con la evolución del color del oso polar, *Ursus maritimus*. La idea más aceptada es que el color del pelaje blanco surgió como mutación ventajosa sobre los individuos de pelaje castaño a la hora de cazar en la nieve (Figura 2). Pasado un número de generaciones el carácter castaño desaparecería de las regiones árticas y el oso polar seguiría adaptándose al entorno.



Figura 2. Ilustración del éxito adaptativo del pelaje blanco del oso polar, *U. maritimus*, sobre el pelaje oscuro del oso pardo, *U. arctos*, en el ártico. Esta mutación proporcionó una mayor ventaja evolutiva a la hora de cazar mientras que los individuos oscuros, más conspicuos en la nieve, morirían por inanición.

La tercera fuerza, la selección natural, puede actuar de diversas formas. Por ejemplo, puede mantener un polimorfismo cuando los

genotipos heterocigotos tienen una mayor ventaja que sus respectivos homocigotos (heterosis), o bien en ciertos casos en los que la eficacia biológica del color depende de la frecuencia de los genotipos. Por ejemplo, en una población con determinadas variantes de color (causadas por genotipos específicos), los depredadores cazarán aquella forma que sea más frecuente o familiar debido al mayor número de encuentros y a la formación de una "imagen de búsqueda". Cuando este tipo de selección es mediada por depredadores recibe el nombre de selección apostática, y la consecuencia práctica de la misma es que los predadores pueden mantener las frecuencias de los genes de color en frecuencias intermedias, impidiendo que desaparezcan. Otra forma de producir un mecanismo parecido es mediante la existencia de apareamiento asociativo negativo. En una población en la que el apareamiento asociativo sea negativo, esto es, se formen parejas entre variantes distintas de un carácter (Figura 3), se produce un patrón de selección sexual dependiente de las frecuencias negativas, capaz de mantener la variabilidad para el color en el tiempo.

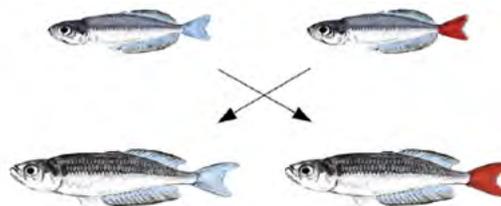


Figura 3. Esquema de apareamiento asociativo negativo en el pez arcoíris, *Rhadinocentrus ornatus*. Las hembras tienen mayor preferencia (dirección de las flechas) por aquellos machos con coloraciones distintas a las propias.

El gasterópodo intermareal *Littorina fabalis* posee un amplio polimorfismo de color, existiendo individuos amarillos, castaños e incluso rojos. Las poblaciones de *L. fabalis* suelen ser pequeñas y en invierno sufren cuellos de botella. Sin embargo, el polimorfismo de color parece que se mantiene estable en el tiempo. El porqué del origen de la variación del color y el mecanismo responsable de su mantenimiento aún son desconocidos. En nuestro grupo venimos estudiando una población de *L. fabalis*

del intermareal gallego desde hace años, con el fin de demostrar el papel del apareamiento asociativo en el mantenimiento del color. A continuación resumiremos los principales resultados obtenidos hasta el momento por nuestro grupo en este sistema modelo.

Materiales y métodos

Los muestreos se llevaron a cabo en verano en Abelleira, Ría de Muros y Noia. Esta zona contiene una gran cantidad de algas del género *Fucus* y así mismo contiene una población densa de *L. fabalis*. En la zona alta del intermareal se encuentran en mayor frecuencia individuos de la especie gemela *L. obtusata*, que también se pueden encontrar, aunque de forma más esporádica, en la zona baja. Se recogieron cópulas de *L. fabalis* en la zona baja del intermareal. Junto con la cópula se recogieron los 4 individuos más cercanos no apareados (entre 10 y 15 cm de radio de distancia). Las muestras se llevaron al laboratorio y se conservaron a -20°C hasta antes de su procesado.

En el laboratorio las muestras identificadas individualmente se inspeccionaron y diseccionaron para identificar los caracteres color y sexo. Aquellos individuos pertenecientes a la especie *L. obtusata* se identificaron por caracteres sexuales y se descartaron de los análisis. El color se estimó usando un patrón impreso (Figura 4) y el sexo se estimó mediante disecciones atendiendo a la presencia de los órganos reproductores (Figura 5).



Figura 4. Conchas de *L. fabalis* de los distintos colores presentes en la población de Abelleira, Ría de Muros, y patrón impreso empleado para su identificación.



Figura 5. Aparato reproductor femenino (izquierda) y aparato reproductor masculino (derecha) diseccionados de individuos adultos de *L. fabalis*.

A partir de los datos obtenidos se realizaron estimas de apareamiento asociativo usando el estimador IPSI. Este estimador mide el grado de apareamiento asociativo de igual forma que el coeficiente de correlación de Pearson (rango de -1 a 1), pero está diseñado para caracteres cualitativos exclusivamente. La significancia se estimó mediante un remuestreo por ordenador o bootstrapping de las frecuencias observadas del carácter en las clases de apareados, usando el software JMATING V 1.0.8. Las estimas de apareamiento asociativo se realizaron para el total de la población y para grupos discretos creados en función del porcentaje de amarillos en cada muestra de cópula más individuos no apareados (1- 0-33%; 2- 34-66%; 3- 67-100%). Se realizó la media ponderada de las estimas de apareamiento de los grupos discretos para cada año y se calculó su significancia mediante un test t de dos colas. Se calculó también la media de éstas y la media de las estimas del total de la población. En el año 2012 el tamaño de muestra del grupo 1 fue demasiado pequeño para poder realizar la estima.

Resultados

Se recogieron 1582 individuos en total con un n cercano a 500 en cada año (Tabla 1).

Dada la prevalencia de los colores castaño y amarillo en la población de Abelleira ($> 85\%$ de los casos), los análisis se realizaron empleando éstos. El apareamiento asociativo en la población de Abelleira es negativo. La estima para grupos discretos es más significativa y más negativa que la estima total (Tabla 2).

Tabla 1. Tamaños de muestra recogidos de individuos de *L. fabalis* de la población de Abelleira

Año	N total	Hembras		Machos	
		Castaño	Amarillo	Castaño	Amarillo
2011	495	133	140	118	104
2012	570	94	258	81	137
2013	517	126	164	99	128

Tabla 2. Estimaciones de apareamiento asociativo (IPSI) calculadas usando datos de cópulas de *L. fabalis* de Abelleira, Ría de Muros, desde el año 2011 hasta el 2013, y promedio de las medias de apareamiento asociativo para grupos discretos y de las estimaciones de apareamiento asociativo totales. La estimación total está calculada a partir de todas las parejas encontradas, mientras que las estimaciones de los grupos homogéneos están calculadas a partir de las parejas distribuidas en función del porcentaje de amarillos: 1- de 0 a 33%; 2- de 34 a 66%; y 3- de 67 a 100%. Todas las estimaciones indican más o menos la desviación estándar.

Año	Grupos homogéneos			Promedio	Total
	1	2	3		
2011	-0,43 ± 0,40	-0,36* ± 0,15	-0,45 ± 0,41	-0,39* ± 0,05	-0,06 ± 0,12
2012	---	-0,53** ± 0,16	-0,32 ± 0,16	-0,39 ± 0,12	-0,15 ± 0,12
2013	-0,47 ± 0,43	-0,19 ± 0,16	-0,52* ± 0,15	-0,35 ± 0,20	-0,12 ± 0,11
Promedio				-0,37** ± 0,02	-0,11 ± 0,05

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Discusión y conclusiones

En la población de *L. fabalis* de Abelleira existe un polimorfismo de color que se ha mantenido estable a lo largo de varios años. Como en todo estudio evolutivo las principales fuerzas que se barajan manteniendo este polimorfismo son la selección natural y la deriva genética (hipótesis nula), especialmente porque en este caso se puede descartar efectos ambientales, ya que el polimorfismo tiene una clara base genética. En un contexto de selección natural, el color tendría que tener alguna ventaja adaptativa bien mediante mecanismos extrínsecos o intrínsecos a la especie.

El apareamiento asociativo negativo es un mecanismo por el cual las frecuencias de un determinado polimorfismo se pueden mantener en el tiempo de forma constante ya que favorece la formación de heterocigotos. La idea más aceptada es que no se trata de un mecanismo habitual en las poblaciones naturales y que en aquellos casos en los que se detecta puede ser

debido a errores de muestreo. Ante este argumento, Rolán-Alvarez y colaboradores demostraron en 2015 que en muchos casos las estimaciones de apareamiento asociativo podrían estar sesgadas hacia valores positivos debido a la diferencia entre la escala de muestreo y la escala real de elección de pareja de la especie en hábitats heterogéneos. Aquí presentamos los resultados de ese trabajo donde la estimación para el total de la población es mucho más positiva que la estimación tomada a una escala menor (en torno a 20 cm de diámetro). Esto confirma la existencia de un fuerte apareamiento asociativo negativo en esta especie.

La existencia de un mecanismo de apareamiento asociativo negativo en esta población, que mantendrá el polimorfismo en valores intermedios de frecuencia de los colores permite una serie de reflexiones. La primera es que este mecanismo no tiene que existir en exclusividad, de hecho se ha propuesto la

existencia de selección apostática para explicar las frecuencias de color intermedias existentes en muchas de sus poblaciones. Sin embargo, todavía no existe una confirmación experimental concluyente de dicha posibilidad. Ambos mecanismos, de coexistir, trabajarían en la misma dirección favoreciendo niveles intermedios del polimorfismo. Segundo, y no menos importante, deja abierta la necesidad de una explicación de por qué existe o se ha generado dicho mecanismo de preferencia durante los apareamientos por ejemplares de colores distintos. Es decir, la existencia de una preferencia representa un coste en la búsqueda de parejas por parte de los machos, pues puede hacer que en un momento dado se retrase la posibilidad de aparearse por no encontrar el color adecuado y, por lo tanto, se hace necesario buscar alguna ventaja colateral que equilibre dicha desventaja inicial. Una posibilidad sería que la preferencia para el color tenga como finalidad favorecer los apareamientos entre individuos poco emparentados (con el objeto de disminuir la consanguinidad de sus hijos), en una especie que sufre cuellos de botella anuales y presenta censos efectivos relativamente bajos. Por otra parte, la preferencia para el color también podría servir para minimizar los efectos negativos de la selección apostática, que presuntamente podría existir en este sistema modelo. Por último, se podría barajar la posibilidad de que la preferencia haya

evolucionado por sesgo sensorial, es decir, como subproducto de alguna capacidad no relacionada con la búsqueda de pareja. Por ejemplo, el color amarillo se consigue mediante derivados de los carotenoides, que forman parte de su dieta habitual (se alimentan de *Fucus* y microalgas que crecen sobre ellos). Por lo tanto se podría proponer como hipótesis de trabajo la posibilidad de que exista una preferencia hacia los carotenoides, desarrollada por selección natural durante su búsqueda habitual de alimento, y que dicha preferencia alimentaria podría "interferir" en su búsqueda de parejas. Quizás dicha posibilidad favorezca que exista una preferencia por sesgo sensorial para los machos que siguen a hembras con un cierto sabor parecido al de la comida. Esta hipótesis predice una preferencia fija, de machos de ambos colores, hacia las hembras amarillas.

En estos momentos no sabemos cuál puede ser la mejor explicación de entre todas las alternativas anteriores, pero lo que no deja lugar a dudas es que el estudio de los polimorfismos del color puede resultar clave para mejorar nuestro entendimiento de cómo funciona la evolución. Esperamos que nuestros esfuerzos durante los próximos años nos permita identificar la verdadera causa de este polimorfismo.

ACTIVIDADES SAN ALBERTE 2015

Conferencia de Pedro Revilla

LA INVESTIGACIÓN EN MEJORA GENÉTICA VEGETAL EN GALICIA.

La investigación agraria en Galicia y en España se inició con la creación de la Misión Biológica de Galicia (MBG) en 1921. La MBG fue fundada por Cruz Gallástegui dentro de la Junta para la Ampliación de Estudios que presidía Santiago Ramón y Cajal. Actualmente la MBG pertenece al área de Ciencias Agrarias del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, que es la mayor institución de investigación de España y la tercera de Europa, con más de 130 centros, que se agrupan en ocho áreas científicas.

La MBG se creó para salvaguardar y utilizar los recursos fitogenéticos agrarios y forestales de su entorno y favorecer el desarrollo de una agricultura sostenible generando nuevos conocimientos sobre mejora genética vegetal y obteniendo variedades con mayor calidad, adaptación y resistencia a estreses, plagas y enfermedades. Los cultivos principales en los que trabajamos actualmente son maíz, legumbres (judías y guisantes), brásicas (como repollos, nabizas o grelos), vid y pinos; si bien incidimos ocasionalmente en otros cultivos. En consonancia con estos cultivos, hay cinco grupos de trabajo que se dedican a cada uno de esos cultivos principales.

Cada cultivo incluye varios usos, así dentro de las leguminosas se trabaja con judía grano, judía reventona, judía de verdeo, guisante seco, guisante vaina, altramuz forrajero, altramuz grano y caupí. La colección de germoplasma incluye varios miles de entradas de especies cultivadas y silvestres emparentadas, siendo las variedades tradicionales de judía (*Phaseolus vulgaris*) el grupo más numeroso. La investigación se centra en la adaptación de variedades de judía a distintas condiciones y sistemas de cultivo, incluyendo la simbiosis con rizobios, la evolución de las poblaciones de judía de Europa, el proceso de domesticación de la judía, el uso de leguminosas en la recuperación

de suelos degradados y la secuenciación del genoma y el transcriptoma de judía.

Las brásicas se cultivan para producir hojas, como las berzas y el repollo; brotes florales como el nabicol y los grelos; flores, como la coliflor y el brécol; hipocotilos, como el nabo y la rutabaga; tallos, como el colirrábano; o semillas, como la nabina y las mostazas. Se trabaja principalmente en tres especies que son Brassica oleracea, con 250 variedades de berzas, repollos y asa de cántaro, *B. napus*, con más de 200 variedades de berzas, y *B. rapa*, con unas 50 variedades de nabicol. Se estudia la base genética de la biodiversidad, se llevan a cabo programas de mejora genética de la resistencia a plagas de lepidópteros y enfermedades fúngicas y bacterianas, y se realiza la evaluación de la calidad nutritiva (contenido en glucosinolatos, fenoles y antioxidantes) de las partes verdes.

En el ámbito de la viticultura, se mantiene una colección de vides gallegas y asturianas, habiendo recuperado importantes variedades regionales a partir de cepas centenarias. Este grupo selecciona clones de las variedades de vid, llevando a cabo un exhaustivo estudio de estas variedades desde perspectivas tan diversas como la ampelográfica o su aptitud para producir alimentos funcionales. El grupo de viticultura posee un notable impacto socioeconómico porque facilita el cultivo de clones certificados de variedades de vid.

El grupo forestal es el más joven de la MBG y trabaja fundamentalmente con *Pinus pinaster*. Es el único que no tiene colección propia de germoplasma y no maneja productos alimenticios. Las líneas de investigación incluyen genética y ecología de las estrategias defensivas de los pinos frente a insectos, dendrocronología como registro histórico de la adjudicación de recursos a crecimiento y defensas y mejora genética de especies forestales.

El grupo de maíz es el más antiguo del centro. Mantenemos una importante colección de variedades de maíz autóctonas gallegas y españolas, así como variedades de latitudes similares, principalmente americanas. Investigamos sobre las causas de la heterosis, llevando a cabo programas de selección a largo plazo e identificando regiones del genoma relacionadas con la heterosis; maíz para usos especiales, que incluye los factores genéticos que afectan a la estabilidad de los mutantes de maíz dulce, la adaptación de germoplasma y los factores gametofíticos del maíz de palomitas, los factores genéticos y ambientales relacionados con la producción y calidad del maíz panificable y el maíz para producción de energía. Buscamos genes de resistencia a las plagas del taladro (*Sesamia nonagrioides* y *Ostrinia nubilalis*) y estudiamos los mecanismos de defensa, los factores genéticos y ambientales relacionados con la infección con *Fusarium* y la contaminación con micotoxinas, así como los mecanismos genéticos de la respuesta al frío y a la sequía y las fuentes de tolerancia a la sequía.

Para ilustrar la investigación actual en la MBG, expongo los tres temas que mejor conozco por ser mis líneas principales:

1) Regulación genética de la viabilidad del mutante *sugary1* de maíz dulce: hemos determinado que la regulación de la viabilidad de un mutante depende del entorno genético y del ambiente, que estos factores afectan tanto al desarrollo vegetativo como al reproductivo, siendo algunos efectos estables en varios ambientes y genotipos y otros específicos, y algunos genes podrían contribuir a la viabilidad del mutante compensando su carencia funcional con efectos aditivos o epistáticos.

2) Mejora de la tolerancia a la sequía en maíz: en colaboración con el grupo de Agrobiología Ambiental, Calidad de Suelos y Plantas de la Universidad de Vigo, buscamos fuentes de tolerancia a la sequía, mejoramos la tolerancia a la sequía *in situ* en Argelia, seleccionamos variedades tolerantes a la sequía en Honduras y estudiamos los mecanismos de tolerancia a la sequía. En este programa llevamos a cabo desde estudios anatómicos y fisiológicos hasta programas de mejora genética aplicada, pasando por evaluaciones agronómicas y morfológicas.

3) Mejora del maíz para panificación: estudiamos la calidad organoléptica y nutritiva de variedades tradicionales de maíz panificable y las mejoramos para la producción de productos de panadería mediante el incremento de su producción, calidad y valor nutritivo, centrándonos en las sustancias antioxidantes, sus efectos y su procesamiento.

En consecuencia, en la MBG afrontamos los problemas de la agricultura gallega para favorecer su conversión en un sistema productivo sostenible, con mayor valor añadido y respetuoso con el medio ambiente. Para ello conservamos y evaluamos el germoplasma autóctono y lo ponemos en valor en programas de investigación y mejora orientados a la sostenibilidad, la calidad y la seguridad alimentaria.

Pedro Revilla.

*Investigador científico. CSIC.
Misión Biológica de Galicia*

III Exposición Micolóxica Facultade de Bioloxía

Na semana do 16 ao 20 de Novembro de 2015 realizouse na entrada do Edificio de Ciencias a «III Exposición Micolóxica da Facultade de Bioloxía», coordinada pola profesora Marisa Castro e coa colaboración dalgúns alumnos do Grao de Bioloxía, como Alberto Castro, Hugo Fernández Ricón, Gabriel Pérez Torrón, Mauro Rivas e Sergio Rojo e algún egresado como Alexandra Skinner; así como varios membros do Grupo Micolóxico Galego.

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



Vista xeral das mesas con boletais, cogomelos con poros sobre troncos de piñeiro

A exposición constou de varios carteis didácticos sobre normas de apanha e lexislación vixente en Galicia, unha colección de láminas relacionadas con micoloxía do ilustrador Luis Davila, unha colaboración desinteresada da Asociación de Veciños do Casco Vello de Vigo e 95 coleccións de especies diferentes, colocadas sobre cepos de madeira, perfectamente identificadas, etiquetadas e ordenadas taxonomicamente por varias mesas.

Tanto os carteis como a exposición complementáronse coas imaxes liofilizadas, realizadas en resina e/ou secas dispostas, durante todo o ano, nas vitrinas do primeiro andar do pavillón A (Botánica - Fisioloxía Vexetal) e o magnífico cartel «Cogomelos



Detalle dunha das mesas con cogomelos

comestibles e tóxicos semellantes» pintado por Alexandra Skinner.

A exposición foi visitada por alumnado y profesorado de Ciencias, así como por numeroso público doutras facultades e incluso da cidade de Vigo. Destacou, como tódolos anos, a presenza dos alumnos do Programa Universitario de Maiores.



Detalle dun exemplar de *Xeracomus subtomentosus*

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

Como os 11 anos anteriores a Facultade de Bioloxía convocou o Concurso de Fotografía Biolóxica, encadrado nas actividades do patrón, S. Alberto Magno, dirixido á comunidade universitaria. Como todos os anos a participación foi numerosa, a calidade moi boa e o xurado tivo difícil a elección das fotografías premiadas. Os premiados foron os seguintes:

Primer premio



Primer premio do concurso. : «Ex-exoesqueleto» de Óscar Martínez Troncoso (alumno Doutorado en Bioloxía)

Segundo premio



Segundo premio do concurso. «Fotosíntesis y respiración» de José Lozano García (alumno Doutorado en Bioloxía)

Accesit



Accésit do concurso. «En guardia» de Sarai Carrera González (alumna Grao en Bioloxía).

Manuel Ángel Pomba

Concurso de debuxo biolóxico

Debuxos premiados

Durante o curso escolar 2015/2016, a Delegación de Alumnos da Facultade de Bioloxía “Lynn Margulis” organizou o II Concurso de Debuxo Biolóxico.

Esta segunda edición, igual que a primeira, busca como obxectivo principal a participación da maior porcentaxe posible da comunidade universitaria na elaboración e publicación de obras artísticas de temática biolóxica, nas que se destaquen diferentes aspectos da natureza.

Para a realización elaboráronse unhas bases de participación que recollían os requisitos mínimos das obras, os prazos de entrega e exposición, e as características do xurado. Os tres mellores debuxos son:

Primer premio



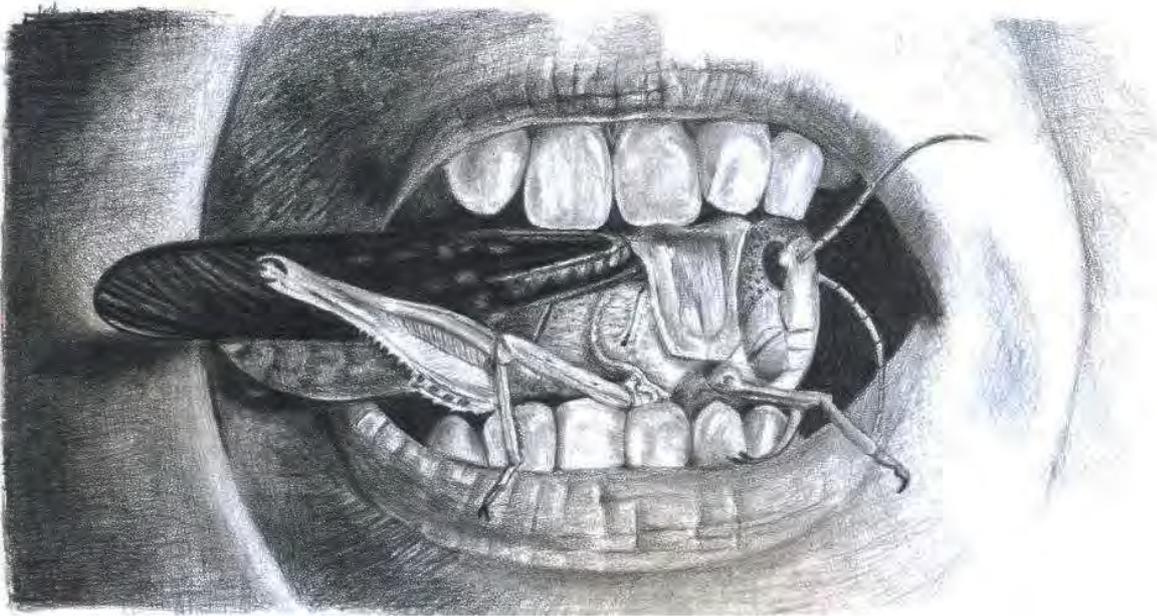
Primer premio do concurso. Autora: Adriana Arbizu Peteiro

Segundo premio



Segundo premio do concurso. Autora: Ana Pereira Iglesias

Terceiro premio



Terceiro premio do concurso. Autor: Alberto Rodríguez Moreira

Ademáis, como promoción do concurso foron elaboradas carpetas co debuxo gañador serigrafiado que lles foron entregadas aos alumnos a principios do curso 2016/2017, ao igual que se fixo tras o I Concurso de Debuxo Biolóxico.



Carpetas co debuxo dixitalizado

Julio C. Alonso Rial
Presidente da Delegación de Alumnos

ACTIVIDADES CULTURALES

“CINEFORUM DE BIOLOXÍA: El cine a debate”

La utilización del cine constituye una de las actividades más comúnmente empleadas para analizar contenidos de diversa índole. Se emplea tanto en clubs de cine como en entornos laborales y docentes con el fin de analizar el material audiovisual, sea didáctico o no.

En el curso 2015-2016 se organizó la 6ª Edición del Cineforum de Biología con el objetivo de enfrentar a los alumnos, que cursan las diferentes titulaciones de la Universidad de Vigo, a algunas de las problemáticas que nos rodean en la vida cotidiana y someterlas a una valoración crítica por parte del público presente.

Las tres coordinadoras de esta actividad son profesoras de la Facultad de Biología y pertenecen a áreas de conocimiento distintas, lo que les permite aportar distintos puntos de vista y experiencias a esta iniciativa multidisciplinar. Conseguir que esta actividad tenga la suficiente calidad requiere un gran esfuerzo organizativo con bastante antelación que implica la selección del material audiovisual, la visualización previa del mismo, documentarse sobre la crítica publicada y la selección de las temáticas a debatir y de los expertos en las mismas que permitan al auditorio aclarar las dudas que puedan surgir durante el debate así como incrementar sus conocimientos.

Otra tarea organizativa que requiere bastante tiempo es tratar de encajar la programación de las sesiones en el calendario docente de las distintas titulaciones con el fin de asegurar la máxima audiencia y poder disponer de una sala óptima para realizar las proyecciones.

SELECCIÓN DE LAS PELÍCULAS Y DE LOS EXPERTOS

Para elegir un material audiovisual adecuado, que vaya más allá del puro entretenimiento, es necesario realizar una búsqueda exhaustiva de títulos que con frecuencia no son fácilmente accesibles, ya que las hemerotecas de las Universidades no siempre disponen de una filmografía extensa. Por ello, las coordinadoras

de esta actividad exploraron de forma exhaustiva la publicidad en revistas, los videoclubs y realizaron búsquedas en internet para encontrar aquellos títulos que permitiesen abordar temáticas distintas, fuesen científicas o no. Una vez hecha una primera pre-selección se procede bien a su adquisición gracias a la financiación recibida del Vicerrectorado de Extensión Universitaria o bien a su préstamo (intercambio bibliotecario).

A continuación se procede a la visualización de cada una de ellas para buscar aquellas películas que traten los temas con suficiente calidad y profundidad. La duración de la proyección es otro criterio que tiene un peso importante en la decisión de si una determinada película es adecuada para la actividad planteada. No puede ser ni muy corta ni demasiado larga para evitar que la atención y el interés no decaigan. Consideramos que una duración entre 85 y 120 minutos es adecuada, sobre todo cuando se trata de documentales que tratan temas muy específicos, en los que se aporta gran cantidad de información pero no existe un gran número de efectos especiales que creen una gran expectación como los que abundan en las películas comerciales.

Una vez seleccionados los filmes se contacta con los expertos en cada una de las temáticas y se publica toda la información en el blog de la actividad: <http://cibernau.blogspot.com.es/>

Además, se elaboran trípticos para entregar en las conserjerías de los Centros y delegaciones de alumnos y se envían a diversas instituciones (por ejemplo, el COBGA) y a periódicos digitales (DUVI). También se diseñan diapositivas anunciando cada una de las películas, hora y lugar de proyección para que las direcciones de los centros las proyecten en sus pantallas. Finalmente, el día anterior y las horas previas a cada una de las sesiones se envían masivamente anuncios gráficos a la comunidad universitaria para fomentar la

participación.

Para la celebración de la 6ª edición se eligieron cuatro películas cuyas temáticas a debatir titulamos de la siguiente manera (Fig. 1):

- El arte de curar: oficio y beneficio: La película elegida fue “First do no Harm (1997) dirigida por Jim Abrahams. Cuenta la historia de una familia que tiene que enfrentarse no sólo a la idea de que su hijo pequeño, Robbie, tiene epilepsia, sino también a todos los efectos secundarios de los distintos fármacos que los médicos del filme decidieron experimentar y que casi acaban con su vida.

El título de la película en español es *Juramento Hipocrático* que hace referencia al juramento público que pueden hacer las personas que se gradúan en medicina. Fue actualizado por la Declaración de Ginebra de 1948 pero en países anglosajones se utiliza la versión redactada en 1964 por el Doctor Louis Lasagna, Decano de la Facultad de Medicina de la Universidad de Tufts. En uno de sus párrafos se indica: “Aplicaré todas las medidas necesarias para el beneficio del enfermo, buscando el equilibrio entre las trampas del sobretratamiento y del nihilismo terapéutico.” Por lo que el debate se centró en contrastar con el experto invitado si hay manera de evitar la impotencia con la que se sienten los enfermos frente a los profesionales de la medicina y si las potentes industrias farmacéuticas son las que dictan que el médico pauten un determinado medicamento.

- El cautiverio como entretenimiento: Para esta temática se eligió la película “Blackfish” (2013) dirigida por Gabriela Cowperthwaite. Es un documental estadounidense que tiene como protagonista a una orca llamada Tilikum, la cual saltó a las noticias porque fue responsable de la muerte de tres personas, entre ellas una experimentada entrenadora. Pero la película ofrece el resto de la historia de este gran definido, que fue capturado cuando contaba 2 años de edad, separado de su grupo familiar y sometido varios años al acoso de sus compañeros de cautiverio.

Ofrece la oportunidad de cuestionar la pertinencia de estos grandes acuarios y parques temáticos que retienen estos animales en tanques que no reúnen las condiciones para su supervivencia por el simple entretenimiento de los humanos.

- ¿Una partícula = varios universos?: Se eligió otro documental estadounidense con el título en español “Locos por las partículas” (2013) dirigida por Mark Levinson y que sigue los avances de distintos proyectos llevados a cabo en la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) hasta la demostración de las teorías clave para entender la estructura de la materia como la de la Supersimetría o el Multiverso, que podrían ser contrarias entre ellas en función de la estabilidad del bosón de Higgs – “la partícula de Dios”, como lo denominaron en su libro los premios Nobel Lederman y Teresi –.

Al contar con un experto en física nos fue posible entender el alcance de este descubrimiento, que no sólo cuestiona los estudios de muchos de los profesores que se ven en la película, sino también de dónde venimos y a dónde vamos.

- ¿Comer carne contribuye a destruir el planeta?: Para ilustrar los objetivos del lobby de la industria de la carne se proyectó el documental “Cowspiracy” (2014) dirigida por Kip Andersen y Keegan Kuhn. Investiga el efecto tienen las ganaderías extensivas en el medio ambiente y el papel de las diferentes asociaciones ecologistas.

Permite debatir si el consumo de carne es sostenible a largo plazo y si somos inducidos por las industrias cárnicas para consumir proteína animal que, en término de uso de recursos, cuesta tanto producir. Esto lleva a plantearse si sería mejor para el planeta volverse vegano y en último caso si este cambio de dieta proporciona los nutrientes suficientes para el ser humano.



Figura 1. Cartel publicitario de la 6ª Edición del Cineforum de Biología.)

EL DÍA DE LA PROYECCIÓN

El lugar elegido para la visualización de la película debe tener las condiciones ambientales óptimas (sonido e iluminación) y el equipo de proyección en buen funcionamiento. Como en ediciones anteriores hemos elegido el Salón de Actos del Edificio de Ciencias Experimentales, al ser el único espacio del centro que cuenta una amplia pantalla de proyección y de una sala anexa de control del equipo de video, del volumen y de las luces, así como micrófonos inalámbricos disponibles.

La entrada al recinto se hace ordenadamente y se solicita a los asistentes el registro de entrada mediante la firma en la hoja de asistencia.

La sesión comienza con una introducción o presentación de la película por una de las coordinadoras, en la que se indica brevemente el título de la película, su duración y la temática a abordar.

Una vez finalizada la proyección, comienza el debate. Dos de las profesoras coordinadoras

actúan de moderadoras y son las que realizan la presentación formal del experto invitado ese día y dirigir la discusión, mientras que la tercera se encarga de acercar el micrófono inalámbrico a los asistentes que deseen formular una pregunta al experto o realizar algún comentario. Es frecuente que las moderadoras tengan que iniciar el proceso “rompiendo el hielo”, bien realizando las primeras preguntas o bien incitando a la audiencia mediante el relato de sentimientos o vivencias, que previsiblemente hayan provocado la película.

Con la ayuda del experto se analizan los contenidos de la película, la calidad de la fotografía, el lenguaje, el simbolismo utilizado, y los conflictos éticos si los hubiese.

Esta etapa no suele durar más de una hora, aunque depende mucho del grado de participación del público y finaliza con las conclusiones alcanzadas.

ACTIVIDADES POSTERIORES

Una vez cerrado el ciclo de cine se les propone a los asistentes participar en un concurso bien a título personal o en grupo y que consiste en presentar una contribución en un único archivo de imagen digital con “jpg” y que incluya una o varias imágenes, con o sin texto. Se trata de diseñar un cartel original y atractivo en el que deben aportar un mensaje, idea, opinión, etc. sobre los temas debatidos en las películas proyectadas.

Una vez finalizado el plazo las profesoras coordinadoras se reúnen para elegir la mejor contribución y se le comunica al agraciado(a) que ha resultado ganador(a) del concurso para que haga efectivo su premio: un bono para compra de material de papelería.

La resolución y el cartel premiado se publican en el blog de la actividad. En la Fig. 2 se muestra la contribución ganadora del último concurso celebrado en mayo de 2016.

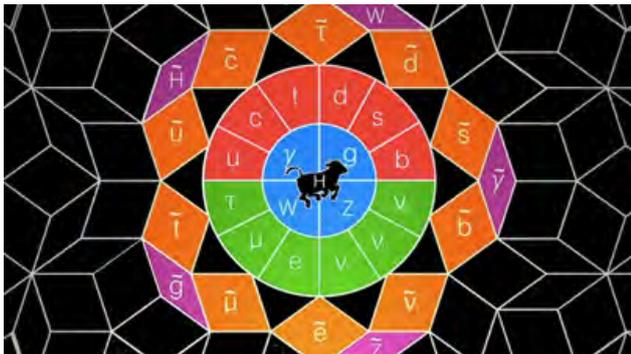


Figura 2. Contribución ganadora de la 6ª Edición del Cineforum de Biología. Autor: Antonio Serrano Hernández

CONCLUSIONES

Con esta actividad, que facilita debates abiertos sobre distintos temas, no sólo permitimos que los alumnos de nuestras titulaciones adquieran conocimientos nuevos y/o aclaren conceptos, sino que además fomenta su capacidad de análisis y de valoración crítica de contenidos muchas veces alejados de la doctrina académica.

Los títulos proyectados forman parte de la hemeroteca de la Universidad de Vigo, por lo que están al servicio de toda la comunidad universitaria.

El esfuerzo de coordinar esta actividad es arduo pero la respuesta de la audiencia y de los expertos que asistieron ha sido muy positiva. Aunque nos gustaría que la participación fuese mayor, somos conscientes que la ubicación del campus y los horarios hace muy difícil, no sólo que nuestros propios alumnos puedan asistir, sino tremendamente complicado que otros sectores de la sociedad (trabajadores de empresas del entorno, alumnos y profesores de secundaria, etc.) puedan sumarse a esta iniciativa.

**María Jesús Iglesias Briones
Rosa Álvarez Otero
Encarna de Miguel Villegas**

OLIMPIADA DE BIOLOGÍA

Olimpiada Española de Biología, una oportunidad bien aprovechada

Fase Nacional 2016

Uno de los objetivos que deben que afrontar decididamente las Facultades de Biología y en general los centros del ámbito científico, es la mejora de la forma en que se traslada a la sociedad el conocimiento que deriva de la investigación y que es tan importante para el futuro de la humanidad en aspectos tales como la salud y la lucha contra las enfermedades, la mejora de los sistema productivos, la preservación del medio ambiente, etc. En este sentido, merecen especial consideración y apoyo por parte de todos nosotros las iniciativas que impulsan las vocaciones científicas entre los jóvenes que están en situación de elegir una carrera universitaria, a fin de que puedan encontrar en nuestras Facultades las alternativas de formación que mejor se adapten a sus deseos y que les permitan iniciarse en la ciencia del mañana.

La Olimpiada de Biología es una de las herramientas valiosas con las que contamos en el ámbito de la biología para despertar la vocación científica entre los estudiantes de bachillerato. Por ello, la Facultad de Biología ha aceptado con enorme placer, pero también con gran responsabilidad, la posibilidad de acoger la fase final de la XI Olimpiada Española de Biología, siendo esta la primera vez que ha sido organizada en Galicia. Conjuntamente con la Asociación-OEB y el COBG asumimos la organización de esta Olimpiada desde su planificación inicial en el año 2015, y en este momento, ya pasado el evento, debemos expresar nuestra total satisfacción por haber podido culminarlo con notable éxito.

Se trataba en este caso de que jóvenes con una sólida formación en Biología, ya reconocida en las Olimpiadas autonómicas que se celebran en los primeros meses del año, pudiesen demostrar su valía compitiendo en el plano del

conocimiento. Se trataba también de desafiar y estimular su vocación científica y de que tomaran conciencia de la importancia creciente de la Biología en nuestra sociedad, también como profesión y con un gran futuro en aspectos tales como la preservación de la naturaleza y la biodiversidad, las bases moleculares y celulares de la vida, las aplicaciones a nivel biomédico, biotecnológico, bioinformático, etc. En definitiva, se trataba de una apuesta que también exigía de la Facultad implicarse de lleno en el acogimiento de los estudiantes y el desarrollo de las múltiples actividades que componen un evento de estas características.

Durante los cuatro días que duró la Olimpiada (4-7 abril), la Facultad vivió un ambiente especial marcado por la presencia de 61 estudiantes provenientes de todas las comunidades autónomas del estado español, así como 34 personas acompañantes entre profesores de los distintos centros de secundaria participantes, delegados de la OEB, estudiantes colaboradores, etc. Como decano de la Facultad debo reconocer que fue muy satisfactorio el poder compartir buenos ratos con todos los participantes, estudiantes y profesores. Los magníficos resultados alcanzados por los participantes en las pruebas de la Olimpiada son un reconocimiento a su esfuerzo y dedicación a la preparación de las mismas, a su interés por la Biología y, como no, a la magnífica labor de tantos y tantos profesores de biología que trabajan apasionadamente en la enseñanza secundaria para inculcar a sus estudiantes un amor por la naturaleza y el conocimiento de la vida. Además, estos días han servido también para que estos alumnos pusiesen de manifiesto entre ellos los valores de convivencia y amistad, más allá de la sana competición, lo que también supone un aporte importante para su plena

formación personal.

No cabe duda de que la realización de las diferentes pruebas teóricas y prácticas supuso un gran reto para las personas que estamos en la dirección de la Facultad, aunque esta labor fue más sencilla y satisfactoria al poder contar con la colaboración desinteresada de profesores, técnicos de laboratorio y estudiantes. Todos ellos, junto con los miembros del equipo decanal, aportaron muchas horas extra de trabajo para dar apoyo en la organización y desarrollo de las actividades. ¡Qué importante es contar con personas ilusionadas, dispuestos a afrontar proyectos y retos por arduos que sean! Mercedes Gallardo, Paloma Morán, Aida García, Eduardo Gallardo, Fuencisla Mariño, Juan Carlos Bolaño, Esther Barreal, Marcos López Patiño, Jonatan Reboredo, Montserrat Pestaña, Antía Verde, Vicenta Martínez Zorzano, etc, etc..., todos vosotros habéis demostrado con creces vuestra pasión por la biología. Gracias por la enorme ilusión con la que habéis permitido realizar una gran Olimpiada.

Quisiera hacer referencia al deseo que ya he expresado de forma reiterada en los diferentes actos celebrados durante la Olimpiada, de que todos los participantes hayan disfrutado de la estancia en nuestra Facultad, así como en nuestra ciudad y su maravilloso entorno. Así me lo han transmitido en el acto de despedida y ello me llena de satisfacción y orgullo. Y también de que la experiencia vivida entre todos ellos y con la gente de la organización les haya resultado de gran utilidad, ya que ese también es un gran objetivo de esta Olimpiada.

También quisiera expresar mi agradecimiento, en nombre de la Facultad de Biología, a las demás entidades implicada en la organización de la Olimpiada, en especial al Colegio Oficial de Biólogos de Galicia y a su delegado, Pablo Fernández, sin cuya dedicación difícilmente se

hubiesen alcanzado los objetivos perseguidos. Y por supuesto también al delegado de la OEB en Galicia, Pedro Nozal, motor incansable de las Olimpiadas en nuestra comunidad y principal artífice de que este evento de carácter nacional haya venido a nuestra casa. También a la propia OEB y a su presidenta, María José Lorente, por habernos confiado esta gran tarea. Por último, quiero dejar constancia de mi agradecimiento a todas las instituciones públicas colaboradoras: el Concello de Vigo, la Consellería de Educación y la Consellería del Mar de la Xunta de Galicia, la Universidad de Vigo, etc., así como a las entidades privadas que, de una forma u otra, han permitido disponer de los medios económicos y materiales necesarios para la organización de la Olimpiada.

Si hacemos propio el dicho de que la mejor inversión es la que se aplica a la formación de nuestros jóvenes, esta Olimpiada ha sido un ejemplo de buena inversión. Ellos deben ser el motor para que nuestra sociedad sea más justa y equitativa, más solidaria. Ellos son los que en un futuro próximo han de tomar las riendas y marcar el camino a seguir, también en el ámbito de la biología y la ciencia. Está claro que Olimpiada ha demostrado sobradamente que es un medio óptimo para despertar en los jóvenes la ilusión y vocación, y por eso debe contar con todo nuestro apoyo, también para futuras ediciones.

Y por último, quisiera terminar esta reseña con mi más cordial enhorabuena a los ganadores de la Olimpiada, que hemos sido Todos.

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

OLIMPIADA DE BIOLOGÍA

Gran éxito de la XI Olimpiada Española de Biología celebrada en la Facultad de Biología de la Universidad de Vigo

Fase Nacional 2016. Vigo, 7-10 de abril de 2016

Después de diez años de celebración de la Olimpiada Española de Biología (OEB), con éxito frecuente de los representantes gallegos, Galicia pudo, por fin, acoger una Fase Nacional de la OEB que se desarrolló en Vigo entre el 7-10 de abril de 2016. Hay que agradecer de modo especial a D. Jesús Manuel Míguez Miramontes, Decano de la Facultad de Biología de la Universidad de Vigo, el entusiasmo con que se prestó a acoger en su centro esta difícil tarea, y a todo su equipo decanal y profesorado que pusieron gran entusiasmo y mucho trabajo en la preparación de dicho evento.

La primera Olimpiada Española de Biología tuvo lugar en el año 2005 en las Islas Canarias, promovida por un grupo de profesores de Enseñanza Secundaria que constituyeron la Asociación Olimpiada Española de Biología, como entidad sin ánimo de lucro, a la que pueden pertenecer aquellas personas que tengan interés en el desarrollo de los fines de la Asociación, estando integrada principalmente por docentes de secundaria, docentes universitarios, Colegios de Biólogos y otras entidades científicas como la Sociedad Española de Historia Natural (SEHN). También existen convenios con la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (SEBBM) y la Sociedad Española de Neurociencia (SEN).

En la actualidad ya se organizan fases autonómicas de la Olimpiada de Biología en todas las Comunidades Autónomas y en los centros españoles en el extranjero. Los estudiantes mejor clasificados en las pruebas autonómicas son invitados a participar en la fase nacional, que se conforma así como una actividad anual muy sólida en la que compiten estudiantes con un alto nivel de cualificación y una gran dosis de entusiasmo por la biología.

Asimismo, los estudiantes mejor clasificados en las pruebas de la Olimpiada Española participan en Olimpiada Iberoamericana de Biología (OIAB) que se celebra en países de Latinoamérica, así como en la Olimpiada Internacional de Biología (IBO), siempre con la intención de promover el intercambio de experiencias formativas entre estudiantes de diferentes culturas que demuestran una gran capacidad para formarse y progresar en el ámbito de la Biología.

La importancia de este evento queda puesta de manifiesto en los estatutos de la OEB que, en su capítulo 3, recogen lo siguiente: "Esta asociación tiene como finalidad fomentar los estudios relacionados con la Biología y promover el interés en la investigación entre los estudiantes del sistema educativo español". Esta idea es la que motivó a los organizadores de la Olimpiada Española en todas las ediciones celebradas hasta el momento, en colaboración con centros universitarios de distintas ciudades de España: Las Palmas de Gran Canaria (2006-2009), Valencia (2010), Granada (2011), Murcia (2012), Madrid (2013), Zaragoza (2014), León (2015) y Vigo (2016). Los resultados de estos diez años son más que evidentes: además de numerosas medallas y menciones en las olimpiadas internacionales, de las olimpiadas han salido ya varios doctores e investigadores en diversas universidades españolas y extranjeras.

En paralelo a los eventos de la Olimpiada de Biología, la ECOEB (Asociación de antiguos participantes en las olimpiadas de biología) promueve encuentros científicos anuales entre sus miembros, en los que se presentan trabajos desarrollados en sus actividades investigadoras de diversos niveles. Por otro lado, en relación con las pruebas de la Olimpiada cada año se promueven estancias científicas en centros del

CSIC, de una semana de duración, para los ganadores autonómicos, lo que incrementa su interés por la investigación, colaborando durante esos días en los diversos proyectos punteros de I+D+I que se desarrollan en los centros.

Actividades llevadas a cabo en la OEB celebrada en Vigo

En la fase final de la XI Olimpiada de Biología celebrada en Vigo entre los días 7 y 10 de abril de 2016 participaron 61 estudiantes de las diferentes CCAA del estado español. Además se contó con la presencia de 34 personas más en calidad de delegados, profesores acompañantes y monitores. A continuación se detallan las actividades llevadas a cabo durante los cuatro días en los que se desarrolló la fase final de la Olimpiada.

- Jueves 7 abril: Recepción oficial y visita al Parque de Castrelos

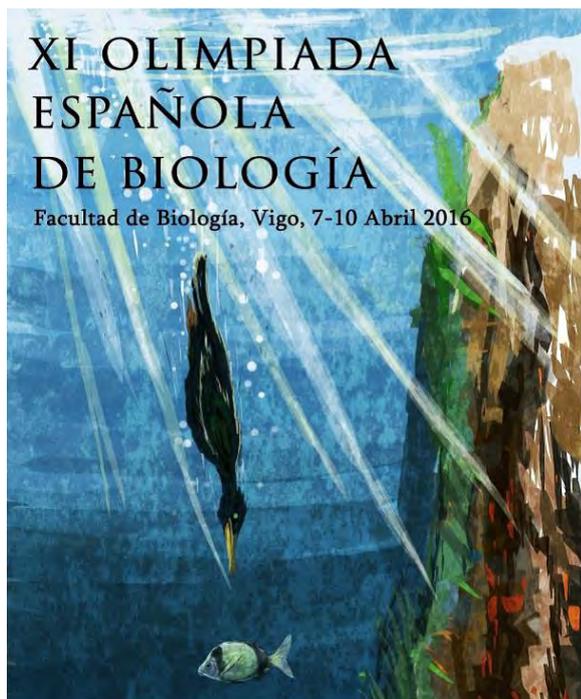
La fase nacional de la XI Olimpiada Española de Biología se inició el jueves 7 de abril de 2016 con el acto solemne de recepción de los estudiantes participantes, profesores delegados de la OEB que los acompañaban y miembros de la organización, en el Pazo de Castrelos de la ciudad de Vigo. Este acto fue patrocinado por el Ayuntamiento de Vigo y tuvo lugar a las 19:30 horas, estando presentes además las siguientes personalidades:

D. Jaime Aneiros Pereira. Concejal del Ayuntamiento de Vigo

Dña. M^a José Lorente Carchano. Presidenta de la Olimpiada Española de Biología.

D. Jesús Manuel Míguez Miramontes. Decano de la Facultad de Biología de la Universidad de Vigo.

D. José Pelayo Míguez Baños. Decano del Colegio Oficial de Biólogos de Galicia.



Organizan:



Facultade de Biología
Universidade de Vigo



Colaboran:





- Viernes 8 abril: Inauguración y pruebas teóricas

A las 9:30 horas se llevó a cabo el Acto de bienvenida e inauguración de la XI Olimpiada Española de Biología en el Salón de Actos de la Facultad de Biología, en el campus Lagoas-Marcosende. El acto fue presidido por el Rector Magnífico de la Universidad de Vigo, D. Salustiano Mato de la Iglesia, el decano de la Facultad, D. Jesús Manuel Míguez Miramontes, la presidenta de la OEB, Dña. María José Lorente y el decano del Colegio Oficial de Biólogos de Galicia (COBGA), D. Pelayo Míguez Baños, quienes dirigieron una breves palabras de bienvenida y de ánimo a los estudiantes llegados desde todas las CCAA de España.

A las 16:00 horas, tras el almuerzo en el comedor de la Facultad de Biología al que los participantes y acompañantes fueron convidados por la Facultad y el Vicerrectorado de Economía, los alumnos realizaron una visita cultural guiada en autobuses turísticos a la ciudad de Vigo bajo el patrocinio del Ayuntamiento de la ciudad.



La cena de ese día tuvo lugar a las 21:00 horas en el CIFP Manuel Antonio, un centro de FP en el que se cursan estudios de restauración y hostelería y que amablemente colaboró con la organización del evento de la Olimpiada, bajo el patrocinio de la Consellería de Cultura, Educación y Ordenación Universitaria.

- Sábado 18 abril: Pruebas prácticas y cena de gala

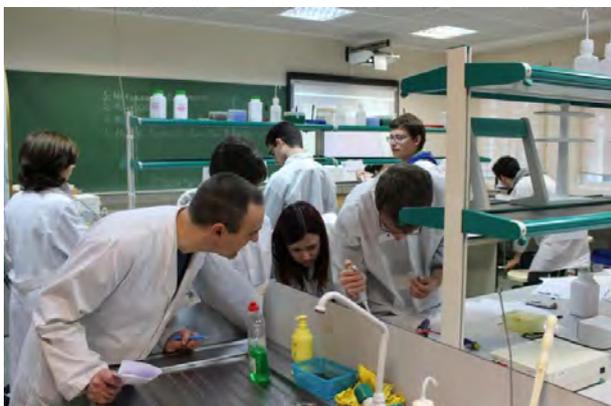
Tras la celebración del acto inaugural, tuvieron lugar las pruebas teóricas de la Olimpiada. En horario de 10:00 a 14.00 horas los participantes realizaron 2 exámenes tipo test de 75 preguntas cada uno, con un descanso de media hora entre las pruebas

A las 9:00 horas los alumnos iniciaron las pruebas prácticas en las que 4 grupos de 15-16 alumnos fueron rotando durante cuatro horas por cuatro laboratorios de la Facultad que

colaboraron en las pruebas: Botánica, Zoología, Genética y Fisiología vegetal. En cada uno de estos laboratorios se contó con la presencia de al menos un profesor universitario especialista de la temática y un técnico de laboratorio, así como con alumnos colaboradores que facilitaron la realización de las experiencias y de las pruebas prácticas por parte de los estudiantes participantes en la Olimpiada.

De 9:00 a 11:15 horas se llevaron a cabo las dos primeras prácticas y, tras un descanso de 30 minutos, de 11:45 a 14:00 horas se desarrollaron las dos restantes. En concreto las cuatro prácticas elegidas para esta Olimpiada fueron:

- 1.-Diseción de un molusco bivalvo: mejillón
- 2.-Separación y cuantificación de pigmentos fotosintéticos mediante cromatografía en capa fina
- 3.-Caracterización de Identificación de Briófitos
- 4.-Análisis del DNA mediante digestión con endonucleasas de restricción y electroforesis



En paralelo a la realización de la fase práctica, los delegados de la OEB y los profesores acompañantes recibieron información en un aula anexa del contenido de las prácticas por los profesores de la Facultad de Biología de la Universidad de Vigo que las habían preparado y pudieron intercambiar opiniones sobre el contenido de las mismas. Posteriormente, a las 10:00 horas, los Delegados de la OEB iniciaron la Asamblea General anual de la “Asociación Olimpiada Española de Biología”

A las 12:45 horas los delegados de la OEB y los profesores acompañantes asistieron a la conferencia “Genómica evolutiva del cáncer” impartida por el reconocido Catedrático de Genética de la Universidad de Vigo, D. David Posada González, uno de los tres mil científicos actuales más importantes del mundo según el listado Thomson Reuters. Todos los asistentes resaltaron el enorme interés de la conferencia que culminó con un debate entre los asistentes y el ponente.

Tras las pruebas prácticas y la conferencia del catedrático David Posada, los alumnos, los delegados y los profesores acompañantes recogieron bolsas con comida y se desplazaron al puerto de la Ciudad de Vigo, donde embarcaron en la Estación Marítima de la Ría, para hacer una visita especial a las Islas Cies. Allí fueron atendidos por los especialistas del Centro de Interpretación del Parque Natural Illas Atlánticas. Pese a haberse anunciado lluvias el día se mantuvo soleado y el mar apacible, facilitando la realización de las actividades previstas y poder contemplar las maravillas del parque natural.

A las 21:00 horas todos los participantes acudieron a la Cena de clausura en el restaurante del Hotel Ciudad de Vigo donde estaban alojados. Posteriormente los alumnos y monitores siguieron la celebración en un ambiente distendido en una sala con música del propio hotel.

- Domingo 19 abril: Acto de clausura con entrega de premios y despedida:



A las 11:00 horas se inició el Acto de Entrega de Diplomas y Clausura de la XI Olimpiada Española de Biología (OEB) y del VI Encuentro Científico de Olímpicos Españoles de Biología (ECOEB) que se había celebrado la semana anterior, del 1 al 3 de abril, en la ciudad de Santiago de Compostela. El acto se realizó en la Sala de Actos de la Sede Afundación, situada en la calle Policarpo Sanz de Vigo.

La mesa del acto clausura estaba constituida por las siguientes personalidades:

Sr. D. Salustiano Mato de la Iglesia, Excmo. Rector de la Universidad de Vigo.

Sr. D. Román Rodríguez González, Conselleiro de Cultura, Educación y Ordenación Universitaria de la Xunta de Galicia.

Sr. D. Jaime Aneiros Pereira, Conselleiro del Ayuntamiento de Vigo (en representación del Alcalde de Vigo).

Sra. Dña. M^a José Lorente Carchano, Presidenta de la Olimpiada Española de Biología.

Sr. D. Jesús Manuel Míguez Miramontes, Decano de la Facultad de Biología de la Universidad de Vigo.

Sr. D. José Pelayo Míguez Baños, Decano del Colegio Oficial de Biólogos de Galicia

Sr. D. Juan Mesonero Gómez, Jefe de Sección del Centro Nacional de Innovación e Investigación Educativa (CNIIE) del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Sr. D. Juan Carlos Maneiro Cadillo, Director General de Pesca, Acuicultura e Innovación Tecnológica. Consellería do Mar de la Xunta de Galicia

Al inicio de la sesión intervino D. Javier Fernández-Portal, secretario de la OEB, que informó acerca de los datos de participación en las fases autonómicas de la XI Olimpiada Española de Biología, en las cuales realizaron pruebas de conocimiento unos 2.700 alumnos pertenecientes a unos 750 centros en los que se imparte Bachillerato. Estos alumnos fueron seleccionados entre un total de unos 50.000 estudiantes. Así mismo, informó sobre otras actividades ligadas a las Olimpiadas de Biología, además de las pruebas teóricas y prácticas, tales como estancias científicas en centros del CSIC y Olimpiadas a nivel de Educación Primaria y ESO en algunas comunidades.

Posteriormente, se refirió al Encuentro Científico de antiguos participantes en las Olimpiadas Españolas de Biología (ECOEB) indicando que España es el único país en el que se lleva a cabo esta actividad que consiste en un congreso con presentación de numerosas ponencias. Por último informó que este año se había realizado la semana previa en la ciudad de Santiago de Compostela y procedió a dar los nombres de los tres ganadores de la categoría Junior y de los tres ganadores de la categoría Sénior del V ECOEB.

A continuación los miembros de la mesa de clausura dirigieron individualmente unas breves palabras a todos los asistentes al acto. En general se hizo especial mención al significado de las olimpiadas como eventos generadores de ilusión y estímulo entre los estudiantes de bachillerato y futuros alumnos universitarios, resaltando además el valor del esfuerzo y la sana competición como elementos esenciales

para la excelencia. En su alocución, el decano de la Facultad de Biología D. Jesús M. Míguez, hizo mención expresa al buen ambiente que reinó en el centro durante las jornadas previas en las que los alumnos realizaron las pruebas teóricas y prácticas, demostrando con sus resultados una gran solidez en su formación, todo ello dentro de un gran ambiente de compañerismo. Asimismo hizo referencia al papel tan importante que tienen los profesores de secundaria que acompañaron a estos alumnos y que son una pieza clave para fomentar en ellos la pasión por la biología. Por último, agradeció a los organizadores el haber realizado la Olimpiada en la Facultad de Biología, y a los miembros de las diferentes instituciones públicas y privadas que contribuyeron de diferentes maneras a la organización de las actividades de la Olimpiada.

A continuación la Vicepresidenta de la OEB, Dña. Carmen Díaz Santana, nombró a los cuatro alumnos medalla de plata, por orden alfabético de apellidos, que son los que representaron a España en la X Olimpiada Iberoamericana de Biología 2016 (OIAB 2016) que se celebró en Brasil el mes de septiembre de 2016.

Los ganadores fueron:

Pablo Cifuentes Sánchez, del IES Los Olmos de Albacete (Castilla-La Mancha)

Jordi Garriga Puig, del Institut La Segarra de Cervera (Cataluña)

Cesar Palacios Cuella, del Colegio Ntra. Sra. del Buen Consejo de Madrid.

Alberto Pezonaga Torres, del Liceo Monjardín de Pamplona (Navarra)

En segundo lugar, Dña. Carmen Díaz Santana, nombró a los cuatro alumnos medalla de oro de la fase nacional de la OEB, por orden alfabético de apellidos, que también fueron nombrados como representantes de España en la XXVII Olimpiada Internacional de Biología 2016 (IBO 2016), celebrada en Vietnam durante el mes de julio. Los ganadores fueron:

Claudia Lombardo Díez, IES Ramiro de Maeztu de Madrid.

Alberto Maurel Serrano, Colegio Sámer Calasanz de Valdemoro (Madrid)

Jorge Tarancón Díez, IES Pedro de Ursua de Pamplona (Navarra).

Tania Penas Iglesias, IES Pontepedriña de Santiago de Compostela (Galicia).

A continuación Doña Carmen Díaz Santana anunció y presentó la XII Olimpiada española de Biología 2017 (OEB 2017) que se celebrará en la ciudad de Pamplona (Navarra).

Acto seguido el Decano de la Facultad de Biología de la Universidad de Vigo, D. Jesús M. Míguez, hizo entrega del testigo, en forma de una bandeja de plata grabada, al Vicedecano de Profesorado, Investigación y Posgrado de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Navarra, D. Rafael Miranda Ferreiro.

Finalmente D. Salustiano Mato de la Iglesia, Rector de la Universidad de Vigo, clausuró el acto y los presentes fueron invitados a un aperitivo-degustación.



Olimpiadas Internacionales

Como destacábamos al principio, parte del éxito de la X Olimpiada Nacional de Biología celebrada en Vigo fue la buena selección realizada con los ganadores que nos representaron en las Olimpiadas Internacionales: la International Biology Olympiad (IBO) que se celebró en Hanoi (Vietnam) entre los días 17-24 de julio de 2016 y en la que participaron estudiantes representantes de 68 países, y la Olimpiada Iberoamericana de Biología (OIAB), que tuvo lugar en Brasilia (Brasil) entre el 11-16 de septiembre de 2016 con la participación de estudiantes olímpicos de 12 países.

En estos eventos internacionales, los alumnos

ganadores en la Olimpiada Nacional obtuvieron de forma brillante varios premios, en concreto una medalla de plata, cinco de bronce y una mención de honor. En definitiva, un gran éxito de nuestros Olímpicos.

Pablo Fernández

Delegado de la OEB (Galicia)-COBGA

Pedro Nozal

Delegado de la OEB (Galicia)

*Junta Directiva Olimpiada Española de
Biología*

PROXECTO DivulGATE 2016

"A falar apréndese falando"

Actividades de todos para todos.

Un dos elementos máis importantes na formación dos estudantes é a transmisión de ideas e conceptos dun xeito efectivo. Existen multitude de cursos que pretenden potenciar as capacidades de expresión oral dos asistentes, achegando as bases teóricas e esquecendo levar á práctica todos eses contidos.



Figuro 1. Logotipo do proxecto

A diferenza destes cursos de formación e comunicación, o Proxecto DivulGATE: "A falar apréndese falando", pretende achegar as bases da exposición aos estudantes da Facultade de Bioloxía, facilitándolles os medios para que realicen exposicións ante un público máis ou menos amplo.

Así, e seguindo algunhas das mecánicas concibidas durante os cursos 2013-14 e 2014-15, a delegación de Alumnos da Facultade de Bioloxía "Lynn Margulis" decidiu levar a cabo durante os días 5, 6 e 7 de abril tres sesións para que os alumnos puidesen expoñer traballos desenvolvidos con anterioridade ou pequenos fragmentos sobre o seu traballo fin de grao.

Como complemento ás exposicións orais dos alumnos, durante esa semana realizouse unha saída na que se deron a coñecer as principais plantas invasoras presentes no Campus de Vigo e a súa problemática. Nesta liña realizáronse as II Xornadas de Especies Exóticas Invasoras do proxecto DivulGATE, que remataron cunha saída teórico-práctica nas Illas Cíes os días 4 e 5 de Xuño.

Delegación de alumnos de Bioloxía

DIVULGATE 2016

A falar apréndese falando

<p>Día 5 de abril</p> <p>16:00H Presentación das xornadas</p> <p>16:15H "¿La presencia de <i>Carpobrotus edulis</i> afecta al comportamiento del caracol de las dunas <i>Theba pisana</i>?"</p> <p>Alba Ferreiro Martínez</p> <p>16:45H "Efecto del cambio climático en la interacción entre <i>Unio delphinus</i> y <i>Corbicula fluminea</i>"</p> <p>Laura Fandiño Paramos</p> <p>17:15H "Plantas que defienden su hogar de invasiones"</p> <p>Brea Bernardo Carrillo Rodríguez</p>	<p>Día 6 de abril</p> <p>16:00H "¿Invasora, quién? Evaluación de la interacción entre <i>Carpobrotus edulis</i> y <i>Theba pisana</i> bajo condiciones controladas."</p> <p>Mariasole Calbi</p> <p>16:30H "Polimorfismo de concha en poblaciones naturales de <i>L. fabalis</i> del mar Blanco."</p> <p>Miriam González Conde</p> <p>17:00H Saída polo campus para observar especies invasoras.</p>
--	--







II JORNADAS DE ESPECIES INVASORAS -DIVULGATE 2016

Actividades de todos para todos.

Considéranse especies invasoras aos animais, ás plantas ou a outros organismos, introducidos polo home fora da súa área de distribución (exóticas, foráneas), que se establecen e dispersan provocando un impacto negativo sobre o ecosistema e/ou as especies autóctonas.

A súa introdución e propagación é facilitada polo comercio (moitas veces ilegal), as viaxes, o transporte de mercancías, etc. Por iso, son un problema global que require da acción e da cooperación internacionais. De feito, son, despois do cambio climático, a segunda causa de extinción de especies.

Os obxectivos das xornadas eran:

- Coñecer cales son as especies invasoras máis frecuentes no noso entorno.
- Incidir na problemática dos organismos invasores nos seus aspectos económicos, ecolóxicos e sociais.
- Divulgar a investigación e acción relacionadas con estes nas que participan científicos da Universidade de Vigo.



Figuro 1. Participantes na saída ás Illas Cíes atendendo ás explicacións da profesora

Nas II Jornadas de Especies Invasoras DIVULGATE realizáronse 2 tipos de actividades: conferencias, saída guiada para coñecer especies exóticas invasoras do Campus de Vigo e das Illas Cíes. Nesta localidade fixéronse prácticas de xeolocalización e visita a parcelas de plantas

invasoras, arrancando margarida do Cabo (*Arctotheca calendula*) e descortizando acacia negra (*Acacia melanoxylon*).

PROGRAMA

6/04/2016: Saída guiada polo CUVI, aberta a todos os participantes ata un máximo de 30 persoas. Monitores Sergio Rojo e Brea Carrillo.

7/04/2016: Conferencias: moderadas por Sergio Rojo, Brea Carrillo e Julio Alonso-Rial

- ▶ *Localizando especies invasoras: Viaxe ao longo da costa de Galicia.* Yaiza Lechuga (Plant Ecophysiology Group: Invasive Plants, Univ. de Vigo).
- ▶ *Ecoloxía invasiva da ameixa asiática "Corbicula fluminea".* Noé Ferreira-Rodríguez (Laboratorio de Limnoloxía, Departamento de Ecoloxía e Bioloxía Animal, Univ. de Vigo)
- ▶ *Cambios nos servizos ecosistémicos causados por especies invasoras.* Jonatan Rodríguez (Plant Ecophysiology Group: Invasive Plants, Univ. de Vigo).
- ▶ *Novos rexistros de especies de peixes mariños por tropicalización das augas: o caso galego.* David Barros García (Dep. de Bioquímica, Genética e Inmunoloxía. Univ. de Vigo)
- ▶ *A gran travesía: desde las Antípodas ata Portugal pasando por Sudáfrica. Crónica do biocontrol de "Acacia longifolia".* F. Alejandro López (Centre for Functional Ecology. Dep. of LifeSciences. Univ. de Coimbra)

Aviso: As conferencias deste ano e as do ano anterior foron gravadas por UVIGO TV e pódense consultar en <http://tv.uvigo.es/es/serial/2307.html> (2015) e <http://tv.uvigo.es/es/serial/2733.html> (2016).

4-5/06/2016: Saída guiada ás Illas Cíes

DESENVOLVEMENTO DAS ACTIVIDADES

O primeiro día realizouse unha ruta (2,5 km) con 8 paradas, nas que se viron falsa acacia (*Robinia pseudoacacia* L.), caranguexo americano (*Procambarus clarkii* Girard, 1852), mimosa (*Acacia dealbata* Link), carrizo da Pampa (*Cortaderia selloana* (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn) e cana común (*Arundo donax* L.), herba do burro (*Oenothera glazioviana* Micheli), acacia negra (*Acacia melanoxylon* R.Br.), margarida do Cabo (*Arctotheca calendula* (L.) Levyns) e por último, observóuse a capacidade de invasión da acacia negra e do poligonum do Cabo (*Persicaria capitata* (Buch.-Ham. ex D.Don) H.Gross).

As conferencias do segundo día foron impartidas por alumnos de doutoramento da Facultade de Bioloxía e un alumno egresado, actualmente investigador en Portugal.

E, por último a saída ás Illas Cíes co obxectivo de ir un paso máis alá na experimentación e de amosar ao público os métodos de traballo, identificación e manipulación de especies invasoras, así como a conservación de espazos con casos reais.



Figura 2. Labores de control da margarida do Cabo

No primeiro día ensinouuse a xeolocalizar de especies invasoras e na segunda leváronse a cabo labores de control de margarida do Cabo e de acacia de madeira negra.

Participaron un total de 28 persoas, que pertencían a distintas facultades da Universidade de Vigo: 19 alumnos de Bioloxía, 3 de Ciencias do Mar e 2 de Enxeñaría Industrial e 4 monitores-profesores.



Figura 2. Descascado de acacia negra

Ao finalizar a actividade realizáronse enquisas de avaliación nas que de forma xeral foi satisfactoria, aínda que algún dos asistentes desexaban que esta saída durase máis tempo.

Os organizadores agradecen o financiamento por parte da Vicerreitoría de Extensión Universitaria, a colaboración do Decanato da Facultade de Bioloxía e do Parque Nacional Marítimo Terrestre das Illas Atlánticas de Galicia, así como aos participantes no proxecto, alumnos e profesores.

A EXPERIENCIA DO «INCUVI-EMPRENDE» 2016

Único proxecto da área das Ciencias seleccionado

Os premios INCUVI-Emprende teñen como obxectivo promover e premiar a elaboración dunha idea de negocio orixinal e creativa. Son convocados pola Universidade de Vigo e pola Fundación Universidade de Vigo anualmente dende o ano 2011, e os destinatarios son tanto o alumnado actual coma persoas tituladas pola Universidade de Vigo.

Quen somos e quen temos a intención de ser?

Somos un grupo de graduados en bioloxía que resultaron gañadores da V edición dos premios INCUVI-Emprende, sendo o único proxecto no ámbito científico. Tras un ano daquilo atopámonos inmersos na creación de MycoGalicia, unha empresa dedicada á «formación ambiental, á investigación e ao asesoramento forestal, tendo o seu eixo central no campo da MICOLOXÍA».



Figuro 1. Logotipo do proxecto

Como comezamos?

As ideas e os proxectos ás veces xorden de pequenas charlas ou ocorrencias, e nun comezo non se pensa que poidan chegar a ser nada serio ou, polo menos, nada tan importante coma o que ao final rematan sendo.

No noso caso, unha proposta que pouco tiña que ver co proxecto que agora estamos desenvolvendo, mais aló de estar vinculada coa micoloxía, foi a que deu lugar a este proxecto.

Cales foron os primeiros pasos cara a presentación ao INCUVI-Emprende?

Pouco despois de que a idea inicial comezase a tomar forma e pensásemos en presentala ao concurso de ideas emprendedoras da Universidade de Vigo, houbo que buscar o que se precisaba para presentar un proxecto deste tipo.

O primeiro paso foi redactar un resumo da idea de negocio que, a verdade, visto agora resulta bastante idílico e mostra a pouca idea que tiñamos sobre o mundo empresarial. Sen embargo, ese resumo foi o que nos permitiu pasar á seguinte fase: a entrevista persoal.

Na segunda fase do concurso, tivemos que defender a nosa idea de negocio ante as 3 persoas do tribunal avaliador e que ían ser os encargados da formación dos membros dos proxectos gañadores posteriormente. «A priori», aos ollos dos economistas a nosa idea base non resultaba demasiado atractiva, pero tivemos sorte de que no tribunal houbera alguén que comprendese o campo da bioloxía e as posibilidades de que a idea se puidese desenvolver con tempo.

Posto que non soubemos interpretar exactamente como nos fora na entrevista, sorprendeunos o feito de ser un dos grupos seleccionados na V edición do INCUVI-Emprende, entre os 29 proxectos seleccionados do eido da enxeñaría (12), do xurídico social (10), ademais de cadanseu nas artes e humanidades e nas ciencias, así como 5 de carácter multidisciplinar (DUVI, 15 de decembro de 2016).

Que implica ser gañador do INCUVI-Emprende?

Isto permitiu que a Universidade de Vigo proporcionara, de xeito gratuíto, unha oficina con

liña telefónica, internet e climatización a cada grupo (patrocinada por unha empresa ou fundación), que no noso caso está situada na cidade Universitaria do Campus de Vigo.

Ademais, inclúen un ano no que se imparten cursos de formación e titorización personalizada referida ao proxecto para que se poida madurar a idea de negocio e comprobar a súa viabilidade no caso de que se decidise sácala ao mercado.

E a partir de aquí que?

Tras trasladarnos á «nosa» oficina comezamos a traballar no plan de negocio coa asesoría constante dos formadores do programa, BLUBUSINESS, aos que xa coñecíamos por ser os encargados de realizar as entrevistas dos proxectos que pasaran a primeira fase.

É nesta etapa na que a nosa idea inicial de proxecto comeza a «facen augas». Temos que buscar o xeito de desenvolvela e atopar clientes aos que lles poida interesar a nosa oferta. Houbo momentos que reformulamos as ideas previas, intentamos abrir novos camiños e pensar cal era o modo máis axeitado de levar a cabo o proxecto.

Coma diantres imos crear unha empresa?

É preciso ter en conta que o noso grupo está formado por 4 biólogos, dos cales, ningún tiña coñecementos en económicas ou empresariais. Grazas á formación que ofrece o programa INCUVI-Emprende este non foi o maior obstáculo, posto que nos resolveron todas as dúbidas que apareceron e facilitáronnos información sempre que a solicitamos.

Podería dicirse que este é un dos puntos máis importantes desta experiencia, a aprendizaxe que nos proporcionaron, demostrando que, con

formación, non é imposible que xente que non está vinculada directamente cos estudos de empresariais poida tentar levar a cabo unha idea de negocio; aínda que formarse minimamente nestas áreas é imprescindible no momento que un se decide a andar por elas. E, grazas á axuda proporcionada polo INCUVI non nos pareceu tan complicado coma se estivésemos nós solos. Iso si, tampouco foi sinxelo familiarizarse con ese vocabulario técnico que nunca antes empregáramos. Pódese facer pero leva o seu tempo.

E o futuro, como está previsto?

Tras todo isto, sería raro non dicir que esperamos de cara ao futuro próximo que MycoGalicia vote a andar, con maior ou menor atino, aínda que confiamos sexa o maior. A idea ten unha base fundamental, que é que 4 biólogos recentemente graduados poidan traballar naquilo que estudaron, que ao fin e ao cabo é o desexo de calquera persoa que se forma nun determinado campo, que está interesado nel e que quere vivir diso.

María Cabaleiro (m.c.alfaya@gmail.com)

Andrés Cordeiro (anbaco185@gmail.com)

Paula Estévez (pecaride@outlook.com)

Hugo Fernández-Ricón (hugo_fernandez_r@hotmail.com)



ACTO DE GRADUACIÓN 16 de junio de 2016

IV^a PROMOCIÓN DO GRADO EN BIOLOGÍA

Discurso de M^a Cristina Aría
Madrina da promoción

Moitas grazas Sra. Vicerreitora. Benvinda a esta nosa Facultade, sempre a súa Facultade; Sr. Presidente do Colexio Oficial de Biólogos de Galicia, grazas pola súa compañía; Decano, Padriño, profesores, alumnos, Sras. e Sres.

Permitídemme que as miñas verbas estean adicadas dende o comenzo da miña intervención aos protagonistas do acto, os nosos alumnos.

Estamos en un Acto Académico que como tal tiene un protocolo, pero para mí también es un acto entrañable por eso me voy a permitir la licencia de no ser rigurosamente protocolaria a lo largo de mi intervención. Me interesa sobre todo haceros sonreír. Creo que la sonrisa cuesta menos que la electricidad y da más luz.

Cuando algunos de vosotros, vinisteis a mi despacho para preguntarme si quería ser la madrina de vuestra promoción, me hizo mucha ilusión, y más aún cuando me enteré que Raúl, bueno el profesor Iglesias, iba a ser el padrino. E inmediatamente una pregunta ¿qué les voy a decir cuando tenga que hablar?

Con las fotos que me habéis enviado Lara y Adrián y la información de mis espías, Miriam, Noelia y Lucía, creo que he conseguido hilvanar un pequeño Amarcord sobre lo ocurrido durante estos 4 años. Un pequeño Amarcord que no pretende para nada, emular al de Fellini.

Como preámbulo una aclaración y una advertencia. La aclaración, yo hablo antes que el padrino por una doble cuestión alfabética: Mi primer apellido empieza por A y el del padrino por I y la M de madrina, mientras no se demuestre lo contrario, está antes que la P de padrino. La advertencia es que por regla general lo que contamos como cierto podría no haber ocurrido y en cambio podría haber sucedido lo que parece fruto de la imaginación. Dicho esto...

Voy a empezar hablando de los peligros que habéis pasado, porque estoy convencida de que vosotros no lo vais a hacer. El primer peligro quedó reflejado en un ejemplar del Faro de Vigo. Efectivamente, todos estos años, habéis soportado a los gusanos voladores, unha nova compañía Low-cost.

Otro momento peligroso, en este caso, con graves consecuencias para la evolución, fue cuando los profesores de prácticas de Fisiología Vegetal 2 bajo la maléfica dirección del profesor Manuel Rey Fraile intentaron convertirnos en herbívoros.

Por el contrario, otros profesores, de cuyos nombres no debo acordarme, quisieron convertirnos única y exclusivamente en carnívoros.

Pero sin duda alguna las situaciones más peligrosas que habéis vivido en estos 4 años, se produjeron en la inocente y bucólica excursión de Biodiversidad con la profesora Josefina Garrido y el profesor Luis Navarro. Que tranquilos y sonrientes estabais aquí sin sospechar lo que os iba a ocurrir. Primero la profesora Garrido os llevó al interior de una cueva bajo el pretexto de estudiar la fauna cavernícola, cuando en realidad ibais a servir de alimento a los coleópteros hipogeos y a los colémbolos depredadores. Después, el profesor Navarro, en su afán desmedido por incrementar la Biodiversidad del Planeta, os dejó abandonados, a algunos de vosotros, en lo más recóndito del Bierzo para así poder conseguir una nueva especie de hombre lobo.

Gracias a vosotros he descubierto dos nuevas especies de fitoparásitos. Los parasitólogos estamos intentando clasificarlas. Por el momento sabemos que son especies animales, ectofitoparásitos del tronco, no artrópodos pero si con las extremidades articuladas.

También habéis pasado por Buenos momentos, y parece ser que habéis estudiado mucho y ensuciado muchas batas. De esos momentos buenos, hay dos grupos de fotografías que, inmediatamente, me sugirieron algo al verlas. En primer lugar las fotografías del paraguas. Aquí estáis con tesón y fuerza, pinchando y agitando a una pobre especie vegetal, con el paraguas abierto. Bueno, debéis de saber que a lo largo de la vida llueve muchas veces y hay que abrir el paraguas, pero, aún que chova a cachón, nunca penséis que tenéis que abrir el paraguas porque llueve, NO, abrimos el paraguas porque queremos pinchar a las nubes para que no se

queden dormidas.

Y ahora el grupo de las fotografías del agua, que yo creo que son las más bonitas de todas, sobre todo esta última. Cuando la vi, lo primero que pensé fue: "ojalá que a lo largo de su vida, nunca le llegue el agua al cuello, bajo ninguna circunstancia".

Todos estos años habéis estado en contacto con la Ciencia. Habéis ocupado un aula determinada, la última el aula 2, que ahora está así pero que el curso que viene estará ocupada por otros alumnos. Aunque no puedo pedirle al Decano que la deje vacía para siempre, para mí, cuando piense en vosotros, estará siempre vacía.

Os incorporáis al mundo de los adultos, a la vez que unos nuevos elementos químicos y que otros nuevos, estos sí de nombre impronunciable, que aparecerán a finales de año.

Y Ahora os espera el futuro, un futuro que nunca será perfecto, porque el futuro sólo es perfecto como tiempo verbal. No os asustéis por tener un raudal de preguntas para las que no encontráis respuestas. ¡Bienvenidos a la existencia! Quise fijarme en tres palabras para resaltaros su importancia y me encontré con estas tres: Literatura, Comprender, en el sentido de encontrar justificados o naturales los actos o sentimientos de otro y Esperanza.

Literatura, una persona que tiene por compañera a la literatura, es libre y difícilmente manipulable. Todo está en los Clásicos. Teniendo en cuenta que este año celebramos el IV Centenario de la muerte de Miguel de Cervantes, no me puedo resistir a deciros una de las palabras del loco más famoso y entrañable de la Literatura Universal, Alonso Quijano, Don Quijote: Hoy es el día más hermoso de nuestra vida, querido Sancho; los obstáculos más grandes, nuestras propias indecisiones; nuestro enemigo más fuerte, el miedo al poderoso y a nosotros mismos; la cosa más fácil, equivocarnos; la más destructiva, la mentira y el egoísmo; la peor derrota, el desaliento; los defectos más peligrosos, la soberbia y el rencor; las sensaciones más gratas, la buena conciencia, el esfuerzo para ser mejores sin ser

perfectos, y sobre todo, la disposición para hacer el bien y combatir la injusticia donde quiera que estén”.

Comprender. Gerónimo fue el más famoso de los indios apaches. Hace poco tiempo leí un artículo escrito por un joven como yo, que reconocía haber jugado a indios y vaqueros y que el grito Gerónimo le infundía valor y fuerza. Es verdad, porque yo también, a pesar de ser niña, jugaba a indios y vaqueros. Entonces no lo sabía pero hace unos años descubrí, por serendipia, las oraciones de los indios apaches. Y hay una que se refiere a la comprensión hacia los demás

Por último Esperanza. Esperanza no significa esperar y anhelar, no basta con eso, sino que es necesario hacer algo más; ponerse al trabajo y responder, como persona y como profesional, a las exigencias de cada día. “Hemos llegado hasta aquí” es una frase esperanzadora; “Hasta aquí hemos llegado” es justamente todo lo contrario.

Para falar da esperanza temos unhas fermosas verbas do noso poeta Celso Emilio Ferreiro:

*“A realidade existe
porque existe a palabra.
Si non sabes decir longa é a noite
tampouco saberás que existe a alba.
Para ser libre o home
ten que saber decir, creo na esperanza”*

Raparigos, Esperanza no futuro e boa viaxe pola vida

Mª Cristina Arias

Discurso de Raúl Iglesias

Padriño da promoción

Estimados compañeros y familiares, queridos alumnos, antes de nada me gustaría agradeceros de todo corazón que hayáis pensado en mí para ser vuestro padrino de promoción, y para compartir honores con otra parasitóloga.

Confieso que en un primer momento, cuando me lo comunicasteis, me asusté un poco ya que, aunque no tengo hijos, sí tengo 5 ahijados, y después de haberles dicho a familiares y amigos que, por favor, si nacía algún nuevo retoño borrarán mi imagen de su pensamiento, pensé: ¿cómo voy a explicarles ahora este escandaloso incremento en la cuenta de ahijados? Después, me dije, no, Raúl, tranquilízate y vete a las fuentes bibliográficas, como harían tus alumnos.

Así que consulté en el diccionario las diferentes acepciones de la palabra “padrino” para ver qué “competencias” debería asumir como padrino de promoción. Afortunadamente, comprendí enseguida que este nombramiento no respondía ni al típico concepto de “padrino cristiano” ni, por supuesto, al de “jefe de organización mafiosa”, y que la acepción que más se ajustaba a esta situación era la de “persona que acompaña y representa a otra que recibe algún honor, grado, etc.” y, en todo caso, a la de “persona que ampara y protege a otra, y que a veces emplea su poder para facilitarle la consecución de algo”, aunque respecto a esta última, teniendo en cuenta el poder que atesora un humilde profesor de Universidad, entiendo que tal vez esa no haya sido la causa principal de vuestra decisión.

Una vez entendí cuál debía ser mi papel, me tranquilicé y me dije: ¡acepta la invitación!

Pues bien queridos alumnos, para no extenderme mucho, me gustaría, en primer lugar, felicitaros a vosotros y, por supuesto, a vuestras familias, que también han sido muy importantes a lo largo de todos estos años, por haber terminado con éxito este primer peldaño de vuestra formación como profesionales, en el que espero que no sólo yo, sino también el resto de mis compañeros, hayamos estado a la altura. Es verdad que en

algún momento de estos cuatro años nos habréis odiado por tantos informes, memorias de prácticas, trabajos, cuestionarios, exposiciones orales, etc., pero espero que haya valido la pena, y que hayáis notado en vuestra formación como profesionales y como personas la mejoría que pretendíamos.

Después de todo, os recuerdo que la capacidad para aprender autónomamente, trabajar en equipo, organizarse y planificar adecuadamente las tareas, analizar y procesar información, y comunicar de forma eficaz vuestros resultados y conocimientos, son algunas de las competencias mejor valoradas por los empleadores, más allá de los conocimientos teórico-prácticos específicos que hayáis aprendido durante vuestra formación.

Y tal vez al decir todo este listado de aptitudes, algunos hayáis pensando: pues yo la verdad es que todavía me cuesta mucho exponer en público; otros, que todavía estáis redactando el TFG o que ya lo habéis terminado, os habréis dado cuenta de que escribir un texto científico-técnico es más difícil de lo que pensabais y que os está costando u os ha costado un montón redactarlo. Es obvio, que algunos de vosotros tenéis actualmente más dificultades para acometer algunas tareas que otros, pero no os desaniméis.

Ya sabéis que las capacidades se van desarrollando de forma progresiva durante la vida, y aunque es verdad que en algunas personas aparecen más precozmente que en otras, mi consejo es que perseveréis, porque sólo desde el esfuerzo y el tesón podréis superar gran parte de las dificultades que os irán surgiendo durante vuestra vida profesional. Pablo Picasso dijo una vez: “la inspiración existe, pero tiene que encontrarte trabajando” y yo creo que esa frase resume perfectamente, la idea que intento transmitir. Recordad que la vida es un continuo aprendizaje y que de vuestra perseverancia en lo que hagáis dependerá gran parte de vuestro éxito personal.

Y ahora que he pronunciado esa palabra tan determinante en la actualidad, “éxito”, os diré que no tengáis miedo a no alcanzarlo inmediatamente y a equivocaros. Hace poco, no sé si lo habréis oído o leído, porque se ha convertido en una noticia viral en las redes sociales, Johannes Haushoffer, un profesor de psicología de la prestigiosa Universidad de Princeton, publicó un curriculum vitae de “fracasos” en el que reflejaba únicamente las becas, premios, puestos de trabajo, proyectos y artículos de investigación que nunca recibió, o que le fueron denegados o rechazados a lo largo de su carrera, precisamente para intentar desmitificar la importancia del “éxito” o el “fracaso” en la vida, y para recordar que, muchas veces, lo que hace que una iniciativa personal prospere o no, no depende sólo de uno mismo, sino también del propio azar, del diseño adecuado o inadecuado de los formularios de acceso laboral, o simplemente del día que tengan los entrevistadores o responsables de los comités de selección o evaluación de las empresas o instituciones públicas. Y es verdad, cualquiera de los profesores que estamos hoy aquí, y que tal vez seamos unos privilegiados porque, tras una larga carrera de fondo, hemos acabado trabajando en lo que nos gusta, tenemos un curriculum, que siendo más o menos extenso, sólo enumera los éxitos. Es como si todo lo que no hemos conseguido a lo largo de nuestras carreras no hubiese servido para nada, porque de una u otra manera no se identifica con el concepto actual del éxito.

Pues bien, a estas alturas, ya sabréis que no es así, y que de los errores o desilusiones se puede aprender tanto o más que de los aciertos, así que, como sois todavía muy jóvenes y tenéis mucho tiempo para atinar y para equivocaros, yo os animo a arriesgaros, a intentar hacer realidad todas vuestras ilusiones, y, aunque las cosas no estén fáciles ahí fuera, a luchar con todas vuestras fuerzas por conseguir trabajar como biólogos, ya sea aquí, en España, o, por qué no, en otro país donde valoran como se merece la formación académica que habéis recibido y que

tanto esfuerzo nos ha costado a todos. Y respecto a esta última posibilidad, la de irse fuera, me gustaría recordaos las palabras de nuestro querido compañero Pedro Pablo Gallego, que estoy seguro que os diría si estuviera en este estrado, y que más o menos vienen a decir: “hay mundo más allá del Padornelo”.

En fin, queridos biólogos, o cuasibiólogos para los que no hayáis terminado todavía, no me gustaría finalizar esta intervención sin recordaros que el siglo XXI ha sido bautizado por la propia Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) como el “siglo de la bioeconomía” porque se espera que el desarrollo y adaptación de ciertos sistemas y procesos biológicos a los procesos productivos se convierta en la nueva revolución industrial que sirva de motor económico para la humanidad dentro de un contexto de desarrollo sostenible. Si estas pretensiones y predicciones finalmente se convierten en realidad, que la bioingeniería y la biología sintética, por ejemplo, no se conviertan en el pretexto para el desarrollo de una nueva economía tan deshumanizada y poco compatible con el medio ambiente como la actual, dependerá en gran medida de vuestro sentido común y de vuestra honestidad y ética profesional, así que sólo espero de vosotros que, si finalmente acabáis siendo actores principales de estos cambios, estéis a la altura de este enorme reto.

En lo que a vuestro padrino respecta, ojalá tuviera la solución o el poder para colocaros a todos, pero como no es el caso, lo único que puedo ofreceros a partir de ahora, es mi consejo, si es que creéis que os puede servir para algo, y, por supuesto, mi amistad. ¡Qué tengáis muchísima, muchísima suerte en todo lo que hagáis a partir de ahora!, y, por favor, donde quiera que acabéis, mantenedme informado de vuestros progresos, porque por pequeños que estos sean estoy seguro que me harán sentir orgulloso de vosotros.

Raúl Iglesias

Universidade de Vigo



2012



2016

Grao en Biología



Dani Freije

DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE MELATONINA PRESENTES EN FRUTAS Y ZUMOS DE FRUTAS HABITUALES DE LA DIETA

Verde Rodríguez, A.

e- mail: averde@alumnos.uvigo.es

Trabajo Fin de Máster en
Biotecnología Avanzada

Tutores:

- Mercedes Gallardo Medina¹

- Jesús M. Miguez Miramontes²

¹Departamento de biología Vegetal
y Ciencias del Suelo

²Departamento de Biología
Funcional y Ciencias de la Salud
Facultad de Biología
Universidad de Vigo.

Resumen

Este estudio forma parte de un trabajo de investigación cuyo principal objetivo es la detección y cuantificación de los niveles de melatonina presentes en vegetales, más concretamente, en aquellos que forman parte de la dieta humana. Esta molécula que posee un elevado potencial antioxidante, está presente en cantidades relevantes en una amplia variedad de frutas de origen comercial y de producción local, así como en zumos obtenidos de estas frutas, lo que añade más valor funcional a su consumo que puede aportar importantes beneficios para el organismo.

INTRODUCCIÓN

La melatonina (N-acetyl-5-metoxi-triptamina) es una molécula presente en una amplia variedad de organismos, desde bacterias y levaduras, a animales (invertebrados y vertebrados), e incluso en plantas (Hardeland, 2014; Nawaz *et al.*, 2016). Su descubrimiento se produjo en 1958 por Lerner y colaboradores durante un estudio sobre la glándula pineal de mamíferos, siendo considerada durante las siguientes cuatro décadas como una hormona exclusivamente animal. Estudios posteriores adjudicaron a la melatonina un papel clave en el sistema circadiano de los vertebrados, ya que sus niveles circulantes oscilan de forma rítmica a lo largo del ciclo diario de luz: oscuridad, siendo durante la noche cuando se produce de forma casi exclusiva la síntesis de melatonina en la glándula pineal. El ritmo de melatonina se encuentra bajo el control del reloj biológico y se le considera un marcador molecular de la duración de la noche, con posibles efectos en el ajuste de los ritmos circadianos y con implicaciones fisiológicas tanto a nivel diario como estacional (Reiter, 1991). Estudios más recientes también se han centrado en las propiedades antioxidantes de la melatonina, una molécula con gran capacidad para secuestrar los radicales libres y para neutralizar sus acciones dañinas a nivel celular y tisular (Reiter *et al.*, 1994).

La presencia de melatonina en plantas no fue conocida hasta 1995 cuando Van Tassel y colaboradores la descubrieron en la planta ornamental *Ipomea nil*. Coetáneamente, aparecieron estudios que confirmaron su presencia en una gran variedad de plantas comestibles (Dubbels *et al.*, 1995; Hattori *et al.*, 1995). En la última década, la investigación sobre la presencia de melatonina en plantas y productos alimenticios de origen vegetal ha tenido un gran auge, con numerosas contribuciones al conocimiento de sus niveles y de sus posibles papeles fisiológicos, especialmente durante el crecimiento y desarrollo de plantas y como molécula protectora frente a estreses abióticos y bióticos (Arnao y Hernández-Ruiz, 2015; Reiter *et al.*, 2015).

Biosíntesis de la melatonina.

En vertebrados la ruta de síntesis de la melatonina es bien conocida y se inicia con la transformación del aminoácido L-triptófano mediante la enzima triptófano-5-hidroxilasa, dando lugar a 5-hidroxi-triptófano, el cual es inmediatamente convertido en serotonina por la acción de la enzima aminoácido aromático descarboxilasa. La serotonina es el principal precursor de la melatonina, siendo acetilada por una arilalquilamina N-acetiltransferasa para dar lugar a N-acetilserotonina, la cual es posteriormente metilada por la hidroxindol-O-metil transferasa (HIOMT) para formar la melatonina (Reiter 1991; Falcón *et al.*, 2009).

En los vegetales se ha hecho un gran esfuerzo para determinar las características bioquímicas de la síntesis de la melatonina, sugiriéndose distintas rutas posibles. Las más estudiadas son las que se representan en la Figura 1. Por un lado, la presencia de la enzima HIOMT y el alto contenido de serotonina presente en las plantas ha llevado a sugerir que la síntesis de melatonina ocurre de forma similar a la que tiene lugar en vertebrados, usando como sustrato la serotonina (Murch *et al.*, 2009; Tan *et al.*, 2012). No obstante, investigaciones recientes sugieren que existen varias vías de formación de serotonina que incluyen, además de la ya mencionada hidroxilación del L-triptófano, la descarboxilación directa de este aminoácido para formar triptamina, un compuesto que puede ser hidroxilado a serotonina y contribuir así a la formación de melatonina, o bien dar lugar a compuestos intermedios como la 5-metoxi-triptamina cuya función es todavía poco conocida. Del mismo modo, la triptamina puede ser a su vez oxidada a indol-3-acetaldehído, precursor del ácido indol-3-acético (AIA), una fitohormona con importantes funciones en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Hardeland, 2014; Arnao y Hernández-Ruiz, 2015; Zhang *et al.*, 2015). El hecho de que el triptófano actúe como precursor de la melatonina y del AIA, ha sugerido que ambos compuestos puedan tener papeles fisiológicos similares en plantas.

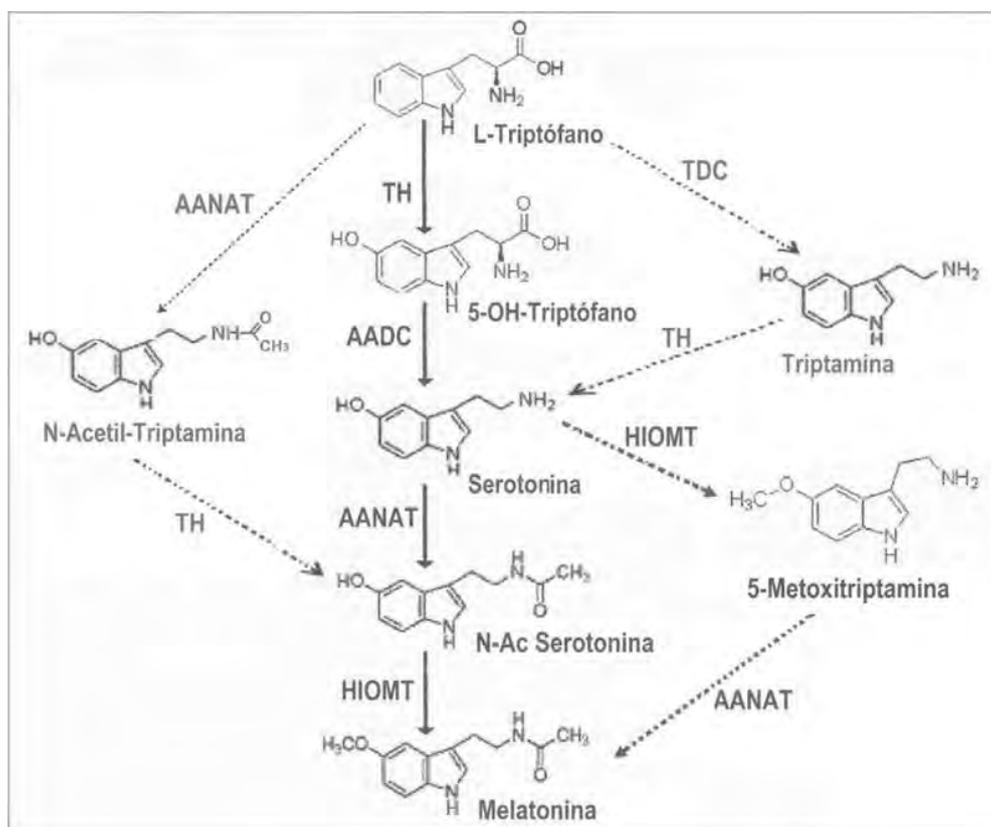


Figura 1: Esquema de la ruta de síntesis de melatonina. En el eje central se muestra el proceso habitual de síntesis que ocurre en vertebrados, mientras que las flechas punteadas laterales marcan las posibles rutas alternativas para la síntesis de esta indol que se postulan en plantas. TH: L-triptófano hidroxilasa; AADC: aminoácido aromático descarboxilasa; AANAT: arilalquilamina-N-acetil transferasa; HIOMT: hidroxindol-O-metil transferasa; TDC: Triptófano descarboxilasa.

Niveles de melatonina en plantas

La existencia de melatonina en plantas superiores es un hecho plenamente constatado y numerosos trabajos cuantificaron los niveles de este compuesto en diferentes tipos de plantas y en sus distintos tejidos (raíz, tallo, semillas, hojas, frutos, etc.). En general los resultados muestran una amplia variabilidad en el contenido de melatonina en plantas, lo que también es corroborado por niveles muy diferentes en los tejidos que las forman, oscilando desde picogramos (pg) a microgramos (μg) por gramo de tejido (Tettamani *et al.*, 2000; Arnao y Hernández-Ruiz, 2006). Según Paredes *et al.* (2009) las mayores concentraciones de melatonina en plantas superiores se encuentran en semillas y hojas, mientras que en los frutos es donde los niveles son menores.

Teniendo en cuenta la importancia de los vegetales en la dieta humana, se ha propuesto que el consumo de alimentos vegetales o sus derivados puede provocar un aumento de los niveles sanguíneos de melatonina, lo que resultaría en un efecto potencialmente beneficioso para el organismo gracias a las propiedades antioxidantes de esta molécula (García-Parrilla *et al.*, 2009; Lamont *et al.*, 2011). Por ello numerosos estudios centraron sus objetivos en el análisis de los componentes de dietas ricas en frutas y verduras caracterizadas por sus propiedades antioxidantes, como es el caso de la dieta mediterránea, demostrándose niveles elevados de melatonina en frutos secos, cereales (arroz, maíz, avena, soja, etc.), algunas frutas (fresa, cereza, manzana, tomate, uva, piña, plátano, kiwi, etc.), legumbres, semillas y hortalizas (remolacha, cebolla, pimiento, espárrago, calabaza, etc.) (Arnao y Hernández-Ruiz, 2014). También se ha detectado melatonina en productos de consumo derivados de vegetales, tales como el aceite de oliva, algunos zumos de frutas, el vino y el vinagre (Paredes *et al.*, 2009; Iriti *et al.*, 2010; Budak *et al.*, 2015). Asimismo, existen estudios en humanos y en roedores que demuestran que la ingesta de estos alimentos supone un aumento de los niveles de melatonina en el organismo (Luzia-França *et al.*, 2010; Sae-Teaw *et al.*, 2012).

A pesar de los estudios citados previamente, existen todavía numerosas incógnitas sobre la presencia y los niveles de melatonina en plantas que son objeto de consumo. En gran parte, este desconocimiento viene dado por las dificultades técnicas de cuantificar la melatonina en muestras vegetales, de gran complejidad en su composición química, lo que podría causar las fuertes diferencias en los niveles detectados en plantas. Por otro lado, la disparidad en los niveles medidos podría responder a otros factores que afectan a las plantas que consumimos, tales la época de recolección, el estado de crecimiento de la planta o de maduración los frutos, las condiciones ambientales, etc. (Tan *et al.*, 2011). Por último, en el caso de las verduras y frutos que se pueden obtener en el mercado para el consumo humano, un factor que puede influenciar las concentraciones de melatonina es el derivado de las propias condiciones de comercialización (almacenaje, temperatura, luz, etc), lo cual ha sido muy poco estudiado.

El presente trabajo forma parte de un estudio más amplio que trata de investigar la presencia de melatonina en diversos productos vegetales y frutas que forman parte de la dieta humana, incluyendo tanto los disponibles a nivel comercial para el consumidor, como aquellos que se pueden obtener directamente de los productores. En relación con ello, el estudio que se presenta tuvo por objetivo detectar y cuantificar los niveles de melatonina en diferentes frutas habituales de nuestra dieta, así como en zumos procedentes de las mismas.

Materiales y métodos

A lo largo del estudio se han utilizado distintos tipos de frutas obtenidas de establecimientos comerciales y de productores locales, en función de su disponibilidad en el momento de realizar los experimentos. Asimismo, la disponibilidad de las frutas condicionó las variedades que se utilizaron para la obtención de los zumos objeto del análisis.

Frutas

Para la determinación del contenido de melatonina en frutas se utilizaron un total de 17 variedades en estado maduro, obtenidas de superficies comerciales del área de Vigo y Pontevedra y de productores locales de la provincia de Pontevedra en el caso de las no comerciales. Las frutas fueron clasificadas en cuatro subgrupos: *a. frutos rojos* (5): fresa (origen Huelva), mora (variedad Loch ness), frambuesa (variedad Lyon), arándano (variedad Duke) y grosella roja; *b. frutas sin hueso* (4): plátano, pera (variedad Conferencia), manzana roja (variedad Starki) y manzana verde (variedad Granny Smith); *c. frutas con hueso* (5): melocotón rojo, nectarina roja, ciruela roja (variedad Red Beauty), albaricoque y níspero (variedad May lop); y *d. frutas cítricas* (3): naranja de zumo (variedad Valencia late) y limón de origen comercial y de producción casera.

Una vez en el laboratorio, las frutas fueron lavadas y secadas, separándose a continuación porciones de 10-20 g de cada tipo de fruta, de forma que en algunos casos se necesitaron varias piezas de frutas (mora, arándano, grosella o frambuesa) y en otros fue suficiente con una única pieza entera (fresa) o una porción de la misma (para cítricos y frutas con hueso y sin hueso). Seguidamente cada muestra (4 réplicas de cada tipo de fruta) fue troceada y homogenizada con 10 mL de metanol puro en un mortero de porcelana mantenido sobre hielo. El homogenado resultante se trasvasó a tubos de centrifuga que permanecieron en un baño ultrasónico (Bransonic M 3510) a 25°C durante 60 min. Transcurrido este tiempo, la suspensión fue enfriada a 4°C y los tubos se balancearon con agitación (Biosan Multibio RS-24) durante 30 min a 4°C (cámara fría). A continuación, las muestras fueron centrifugadas a 4400 rpm (Eppendorf Centrifuge 5702 R) durante 30 min. a 4°C y el sobrenadante resultante fue secado a vacío en un concentrador Speed-Vac (Eppendorf concentrator plus) a 45°C, utilizando un programa de evaporación de alcoholes. Finalmente, el extracto seco obtenido se resuspendió en 2 mL de una solución de acetonitrilo 5% acidificada (ácido fórmico 0.1N, pH final: 2,54) que se utilizó para la posterior extracción de la melatonina con cloroformo.

Zumos de frutas

En el caso de los zumos de frutas, se eligieron 14 tipos de frutas que fueron obtenidas de superficies comerciales del área de Vigo y Pontevedra (variedades comerciales) y de productores locales de Pontevedra (variedades no comerciales). Al igual que en el experimento anterior, las frutas se clasificaron en subgrupos: *a. frutos rojos* (4): fresa (origen Huelva), mora (variedad Loch Ness), frambuesa (variedad Lyon) y arándano (variedad Duke); *b. frutas sin hueso* (4): pera (variedad Conferencia), manzana roja (variedad Starki), piña (variedad Cayena Lisa), granada común (variedad Mollar); *c. frutas con hueso* (1): melocotón rojo; y *d. frutas cítricas* (5): pomelo rojo (variedad Star Ruby), mandarina (variedad Clementina), naranja de zumo (variedades de naranja comerciales y de cosecha propia) y limón fino (cosecha propia).

La extracción del zumo de las frutas se realizó en laboratorio mediante una licuadora de uso doméstico, para los frutos rojos y frutas con y sin hueso, y un exprimidor manual en el caso de los distintos frutos cítricos. Para ello, cada pieza de fruta fue lavada, secada e introducida en su totalidad en la licuadora, a excepción de la pera, melocotón, granada, piña y los cítricos en los que previamente al procesado se retiró la piel.

Se obtuvieron un total de cuatro muestras distintas de zumo a partir de ejemplares diferentes de cada tipo de fruta. Tras su elaboración, una alícuota de 10 mL de cada zumo fue centrifugada a 4.400 rpm a 4°C durante 10 minutos, con el fin de eliminar restos de pulpa que pudiesen estar presentes en el zumo. El sobrenadante obtenido se almacenó a -26°C hasta su posterior análisis.

Extracción de la melatonina

Para la determinación de melatonina en las distintas muestras de fruta o zumos de fruta fue necesaria una extracción previa, para lo que se utilizó cloroformo. Para ello se tomaron 2 mililitros de homogenado o

zumo de fruta a los que se les añadieron 8 mL de cloroformo. Los tubos se agitaron vigorosamente durante 2 minutos y se centrifugaron a 4400 rpm durante 10 minutos, a 4°C. Tras la centrifugación, se retiró la fase acuosa por aspiración, mientras que a la fase clorofórmica restante se le añadió 1 mL de NaOH 0,2 N con el fin de mejorar la limpieza de la muestra para el análisis. Seguidamente se volvió a agitar durante 1 minuto y se centrifugó a 4400 rpm durante 5 minutos. Se eliminó de nuevo la fase acuosa y se midió el volumen de la fase clorofórmica restante que fue posteriormente secado al vacío, a 45°C, durante aproximadamente 50 minutos. Los residuos secos fueron resuspendidos en 100 µL de una solución de acetonitrilo acidificado (5% de ácido fórmico 0.1N, pH 2,54) y filtrados utilizando filtros de 0,45 µm de poro (DISMIC 03JP), almacenándose a -26°C hasta su análisis.

Análisis de la melatonina mediante HPLC con detección de fluorescencia

La cuantificación de melatonina presente en las muestras de frutas y zumos de frutas se realizó mediante cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) en fase inversa con detección de fluorescencia, siguiendo el método descrito para muestras animales por Muñoz *et al.* (2009). El sistema consistió de un HPLC compacto Hewlett-Packard serie 1100 equipado con bomba cuaternaria (módulo HP G1311A) conectada a un sistema de desgasificación en línea (módulo HP G1322A) y a una válvula de inyección de muestra (HP C13228A; 50 µL), acoplados a un detector de fluorescencia (módulo HP G131A) en el que se fijaron las longitudes de onda de 280 nm de excitación y 345 nm de emisión. La separación cromatográfica se realizó empleando una columna de fase estacionaria inversa (Supelco Supercosil LC-18-DB 15cm x 4,6mm, 5µm) que se mantuvo a una temperatura constante de 25°C controlada mediante un horno de columna (Jasco CO-4060). La fase móvil se bombeó a una tasa de flujo de 1 mL/min y consistió en una mezcla programada de dos soluciones independientes: solución A, acetonitrilo:agua (60:40 v:v) y ácido fórmico 0,1%; y solución B, agua acidificada con ácido fórmico 0,1%; que se mezclaron siguiendo la siguiente secuencia (Figura 2).

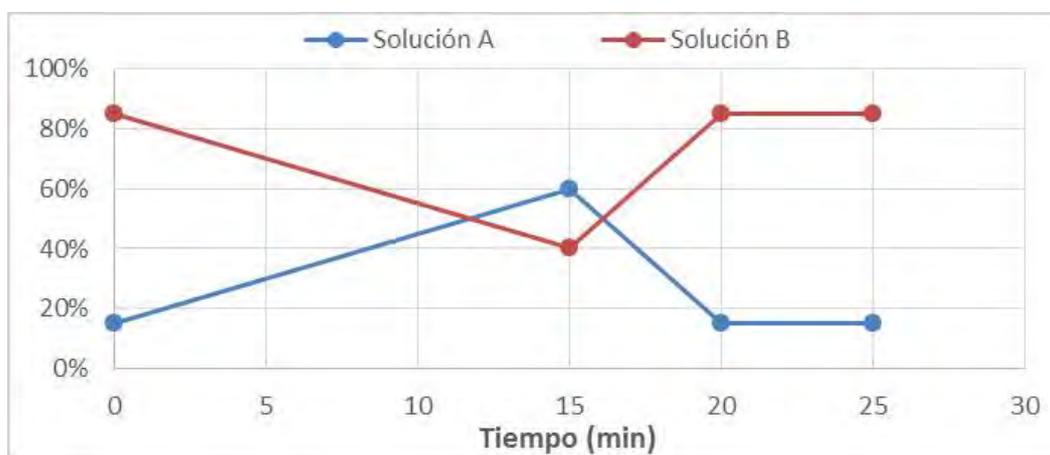


Figura 2: Secuencia de mezclado de las dos soluciones utilizadas para la separación cromatográfica en gradiente.

La señal generada por el detector fue adquirida mediante el sistema informático HP1100 ChemStation. La cuantificación de la melatonina fue realizada por comparación del área integrada del pico de melatonina en cada muestra con la de patrones de concentración conocida de melatonina pura (5 ng/ml) inyectados por triplicado al comienzo de cada día de análisis y repetidos cada 10 muestras analizadas. El límite de sensibilidad para la melatonina bajo estas condiciones fue de 1,5 pg por inyección, estimando una relación señal:ruido de 3:1. La señal generada por la melatonina mostró una respuesta lineal con la concentración en un rango amplio (0,25 ng/mL a 5 ng/mL) que incluyó los valores detectados en las muestras.

Análisis estadístico

En los casos en los que se estimó necesario, se realizó un análisis estadístico de los resultados utilizando el software SigmaStat v11.0. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza de una vía, seguido del test de comparaciones múltiples de Student-Neuman-Keuls. En aquellos casos en los que no se cumplieron las condiciones de igualdad de varianza o de normalidad se utilizó una prueba de análisis de varianza sobre rangos (test Kruskal-Wallis). El nivel de significación se estableció a valores de $p < 0.05$.

Resultados y Discusión

Extracción y detección cromatográfica de la melatonina

Con objeto de evaluar la recuperación y la reproducibilidad del método de extracción empleado se realizaron ensayos por duplicado con diferentes concentraciones de patrones de melatonina que fueron extraídos siguiendo un proceso idéntico al descrito para las muestras. Los datos obtenidos en el análisis fueron contrastados (linealidad de la respuesta y reproducibilidad) con los obtenidos de patrones de melatonina que fueron inyectados directamente en el HPLC (Figura 3), ofreciendo resultados similares a los publicados previamente (Muñoz *et al.*, 2009). Por otro lado, en este procedimiento analítico se optó por utilizar una separación cromatográfica en gradiente con el fin de evitar las posibles interferencias en las muestras de picos de naturaleza conocida con el pico de melatonina, lo que repercutió positivamente en la reproducibilidad de las medidas.

Contenido de melatonina en frutas

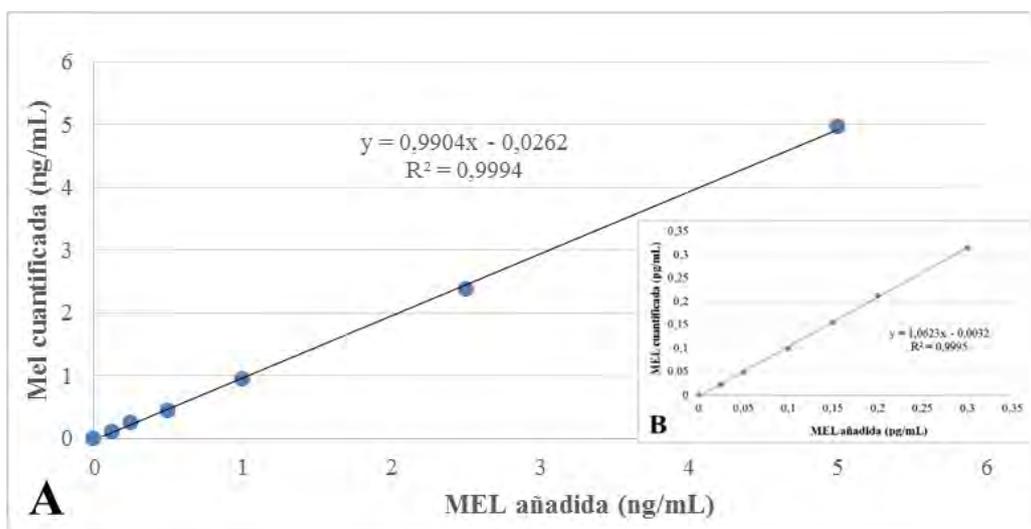


Figura 3: Linealidad de la respuesta cromatográfica. (A) patrones de concentraciones crecientes de melatonina sometidos a extracción con cloroformo. (B) patrones de melatonina de concentraciones crecientes inyectados directamente.

Los niveles de melatonina para las distintas frutas analizadas se muestran en la Figura 4. A efecto de facilitar su visualización, en la gráfica se han agrupado los frutos bajo las categorías de frutos rojos, frutas sin hueso, frutas con hueso y cítricos.

El contenido de melatonina fue muy variable entre los diferentes tipos de frutas, oscilando desde 13,48

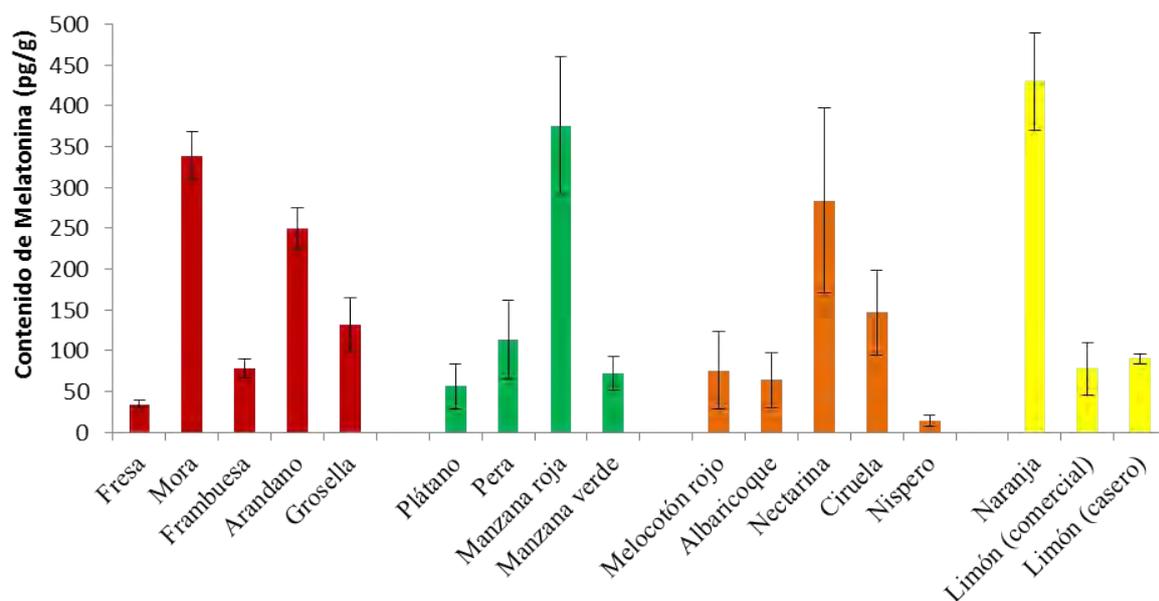


Figura 4: Contenido melatonina (pg/g) en las diferentes frutas estudiadas. Las barras representan las medias \pm EEM de 4 réplicas en todos los casos. Se usaron diferentes colores para agrupar las frutas en las siguientes categorías: frutos rojos (color rojo), frutas sin hueso (color verde), frutas con hueso (color naranja) y cítricos (color amarillo).

pg/g que presentó el níspero hasta los 430,16 pg/g de la naranja. Estos datos coinciden, en líneas generales, con los encontrados en estudios previos. Así, en el caso del plátano, en el cual hemos encontrado una concentración de 53,3 pg/g de muestra, Dubbels *et al.* (1995) cuantificaron alrededor de 47 pg/g de muestra. En otros casos, como la naranja, las concentraciones medias detectadas (430 pg/g) fueron notablemente superiores a halladas previamente por Johns *et al.* (2013) (150 pg/g), pero inferiores a las presentadas por Fernández-Pachón *et al.* (2014) (660 pg/g). Estos datos corroboran la gran variabilidad que presenta la concentración de melatonina entre frutas, así como dentro de cada tipo de fruta dependiendo del estudio.

Por otra parte y aunque la variabilidad entre réplicas fue muy elevada, destacaron por su alto contenido en melatonina la mora (338,74 pg/g) y el arándano (250,03 pg/g), para el caso de los frutos rojos, así como la manzana roja (376,06 pg/g) y la nectarina (283,80 pg/g) como representantes de sus respectivos grupos (frutas sin y con hueso). En el caso de los cítricos fue la naranja, como ya hemos comentado anteriormente la que presenta un mayor contenido. La gran variabilidad observada en los niveles de melatonina podría ser debida en gran parte a la diversidad existente en los ejemplares de cada tipo de fruta analizados, ya que aunque todas ellos fueron de origen comercial, salvo el limón casero, es muy probable que procediesen de plantas distintas y con distinto grado de maduración del fruto en el momento de recolección. Otros factores que podrían estar detrás de estas variaciones son la época de recolección, las condiciones de cultivo o el tipo de sustrato empleado en el cultivo (Tettamani *et al.*, 2000; Arnao y Hernández, 2006; Tan *et al.* 2011), e incluso factores relativos a la comercialización de los frutas (tiempo de almacenamiento, temperatura, humedad, etc).

Contenido de melatonina en los zumos de frutas

La Figura 5 muestra el contenido de melatonina presente en zumos obtenidos a partir de algunas de las frutas relacionadas en el apartado anterior, así como de otras diferentes a las incluidas en el análisis previo. De manera similar a la fruta entera, los niveles cuantificados en los distintos zumos fueron muy variables, destacando en este caso los bajos niveles de melatonina detectados en el zumo de mora (5,97 pg/mL), así como los elevados niveles medidos en el de frambuesa (53,72 pg/mL).

En el grupo de los cítricos se hicieron determinaciones en una amplia variedad de los mismos, ya que

su consumo en zumos es más acusado. En este grupo destacan los altos niveles alcanzados por el zumo de limón (44,54 pg/mL), el pomelo rojo (43,08 pg/mL) y la mandarina (34,05 pg/mL). Cabe destacar también que el zumo de la naranja comercial fue el que presentó los niveles más bajos (8,52 pg/mL), en contraste con la naranja de producción local que tuvo niveles 3 veces superiores (20,99 pg/mL). Por otra parte también se obtuvieron altos niveles de melatonina en el zumo de manzana (45,71pg/mL) y granada (43,41 pg/mL), frutas a las que se le atribuyen grandes concentraciones de antioxidantes (Iriti *et al.*, 2010).

En general la variabilidad presente en los zumos fue menor que la detectada en la fruta entera, lo que

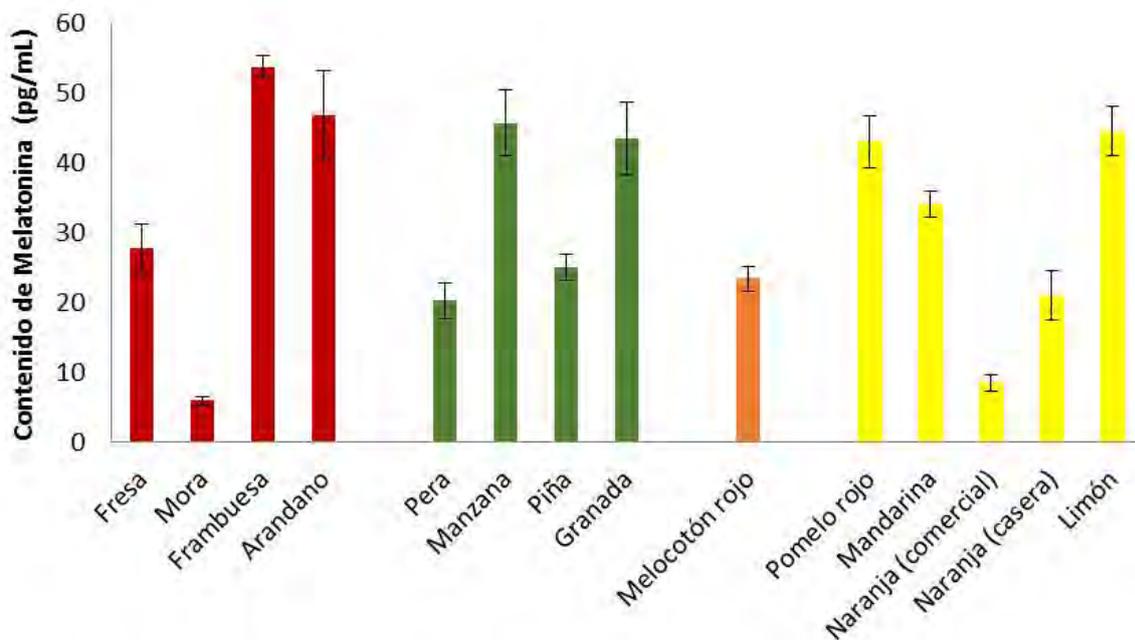


Figura 5: Contenido de melatonina (pg/mL) en los distintos zumos de frutas estudiados. Las barras representan la media \pm error estándar de la media (E.E.M.) de 4 réplicas. Se usaron diferentes colores para agrupar las frutas en las siguientes categorías: frutos rojos (color rojo), frutas sin hueso (color verde), frutas con hueso (color naranja) y cítricos (color amarillo).

contrasta con un contenido aparentemente mayor de melatonina en esta última. Por ejemplo, en el caso extremo de la mora se obtuvo una concentración de melatonina en la fruta de 338 pg/g de muestra, mientras que en el zumo se obtuvieron 5,9 pg/mL de zumo. Estas variaciones pudieron deberse a que el proceso de licuado de la fruta para obtener zumo, no fuese tan eficaz para la extracción de melatonina como la preparación de un homogenado por métodos mecánicos (desmenuzamiento del fruto entero en mortero y posterior inmersión en un baño de ultrasonidos), lo que pudo favorecer la fractura de las células vegetales y la extracción de la melatonina en el solvente orgánico. En este sentido también hemos constatado que una pequeña parte de la melatonina del fruto a partir del cual se obtuvo el zumo, quedó depositada en los restos de pulpa y de la piel que fueron desechados, lo que no sucedió en el análisis de las frutas enteras. De forma similar estudios realizados en uvas mostraron que los niveles más altos de melatonina se encontraron en las pieles y semillas de las uvas (Vitalini *et al.*, 2011), las cuales habitualmente no son aprovechadas en la elaboración de zumos.

Conclusiones

- Se ha confirmado la presencia de melatonina en una amplia variedad de frutas y en zumos naturales, observándose una gran variabilidad en los niveles detectados entre los tipos de frutas e incluso dentro del mismo tipo de fruta.

- Las concentraciones de melatonina medidas en las frutas enteras fueron aparentemente superiores a las de los zumos de frutas, lo que podría estar motivado por una mayor eficiencia del proceso de extracción seguido con la fruta entera en relación con el zumo.
- Estos resultados demuestran que el consumo de frutas supone un aporte significativo de melatonina al organismo. Debido a las características antioxidantes de esta molécula, su presencia en frutas puede contribuir a las propiedades beneficiosas que tienen estos alimentos para la salud humana.

Bibliografía

- Arnao, M.B., Hernández-Ruiz, J. (2014). Melatonin: plant growth regulator and/or biostimulator during stress? *Trends Plant Sci.* 19: 789–797.
- Arnao, M.B., Hernández-Ruiz, J. (2006). The physiological function of melatonin in plants. *Plant Sign. Behav.* 1: 89-95.
- Arnao, M.B., Hernández-Ruiz, J. (2015). Functions of melatonin in plants: a review. *L. J. Pineal Res.* 59: 133-150.
- Budak, H., Khan, Z., Kantar, M. (2015). History and current status of wheat miRNAs using next-generation sequencing and their roles in development and stress. *Brief. Funct. Genomics* 14: 189-19.
- Dubbels, R., Reiter, R.J., Klenke, E., Goebel, A., Schnakenberg, E., Ehlers, C., Schiwara, H.W., Schloot, W. (1995). Melatonin in edible plants identified by radioimmunoassay and high performance liquid chromatography-mass spectrometry. *J. Pineal Res.* 18: 28-31.
- Falcón, J., Besseau, L., Fuentès, M., Sauzet, S., Magnanou, E., & Boeuf, G. (2009). Structural and functional evolution of the pineal melatonin system in vertebrates. *Annals New York Academy Sci*, 1163: 101-111.
- Fernández-Pachón, M.S., Medina, S., Herrero-Martín, G., Cerrillo, I., Berná, G., Escudero-López, B., Ferreres, F., Martín, F., García-Parrilla, M. C., Gil-Izquierdo, A. (2014). Alcoholic fermentation induces melatonin synthesis in orange juice. *J. Pineal Res.* 56: 31-38.
- García-Parrilla, M.C., Cantos, E., Troncoso, A.M. (2009). Analysis of melatonin in foods. *J. Food Comp. Anal.* 22: 177-183.
- Hardeland, R. (2014). Melatonin in plants and other phototrophs: advances and gaps concerning the diversity of functions. *J. Exp. Bot.* 66: 627-646.
- Hattori, A., Migitaka, H., Iigo, M. (1995). Identification of melatonin in plants and its effects on plasma melatonin levels and binding to melatonin receptors in vertebrates. *Biochem. Mol. Biol. Int.* 35: 627–634.
- Iriti, M., Varoni, E.M., Vitalini, S. (2010). Melatonin in traditional mediterranean diets. *J. Pineal Res.* 49:101-105.
- Johns, N. P., Johns, J., Parasuphatana, S. Plaimmee, P., Sae-Teaw, M. (2013). Dietary intake of melatonin from tropical fruit altered urinary excretion of 6-sulfatoxymelatonin in healthy volunteers. *J. Sci. Food Agr.* 61: 913-919.
- Lamont, K.T., Somers, S., Lacerda, L., Opie, L.H., Lecour, S. (2011). Is red wine a SAFE sip away from cardioprotection? Mechanism involved in resveratrol-and melatonin-induced cardioprotection. *J. Pineal Res.* 50: 374-380.
- Lerner, A.B., Case, J.D., Takahashi, Y. (1958). Isolation of melatonin, a pineal factor that lightens melanocytes. *J. Am. Chem. Soc.* 80: 2057-2058.
- Luzia-França, E., Conde-Maynié, J., Conde-Correa, V., Rodrigues-Pereira, U.C., Batalini, C., Bucalen- Ferrari, C.K., Honorio-França, A.C. (2010). Immunodulatory effects of herbal plants plus melatonin on human blood phagocytes. *Int. J. Phytomelatonin* 2: 354-362.

- Muñoz, J.L.P., Ceinos, R.M., Soengas, J.L., Míguez, J.M. (2009). A simple and sensitive method for determination of melatonin in plasma, bile and intestinal tissues by high performance liquid chromatography with fluorescence detection. *J. Chromatogr. B* 977: 2173-2177.
- Murch, S. J., Alan, A. R., Cao, J., & Saxena, P. K. (2009). Melatonin and serotonin in flowers and fruits of *Datura metel* L. *J. pineal res.* 47: 277-283.
- Nawaz, M. A., Huang, Y., Bie, Z., Ahmed, W., Reiter, R. J., Niu, M., Hameed, S. (2015). Melatonin: current status and future perspectives in plant science. *Front plant sci.* 6.
- Paredes, S.D., Korkmaz, A., Manchester, L.C., Tan, D.X., Reiter, R.J. (2009). Phytomelatonin: a review. *J. Exp. Bot.* 60: 57-69.
- Reiter, R.J. (1991). Pineal melatonin: cell biology of its synthesis and of its physiological interactions. *Endocr. Rev.* 12: 151-180.
- Reiter, R.J., Tan, D.X., Poeggeler, B., Menendez-Pelaez, A., Chen, L., Saarela, S. (1994). Melatonin as a free radical scavenger: Implications for aging and age-related diseases. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 719: 1-12.
- Sae-Teaw, M., Jonhs, J., Johns, N.P., Subongkot, S. (2012). Serum melatonin levels and antioxidant capacities after consumption of pineapple, orange, or banana by healthy male volunteers. *J. Pineal Res.* 55: 58-64.
- Tan, D.X., Hardeland, R., Manchester, L.C., Korkmaz, A., Ma, S., Rosales-Corral, S., Reiter, R.J. (2011). Functional roles of melatonin in plants, and perspectives in nutritional and agricultural science. *J. Exp. Bot.* 20: 1-21.
- Tan, H., Qurashi, A., Poidevin, M., Nelson, D.L., Li, H., Jin, P. (2012). Retrotransposon activation contributes to fragile X premutation rCGG-mediated neurodegeneration. *Hum. Mol. Genet.* 21: 57-65.
- Tettamani, C., Cerabolini, B., Gerola, P., Conti, A. (2000). Melatonin identification in medicinal plants. *Acta Phytother.* 3: 137-144.
- Van Tassel, D., Roberts, N., O'Neill, S. (1995). Melatonin from higher plants: isolation and identification of N-acetyl-5-methoxytryptamine. *Plant Phys.* 108:101.
- Vitalini, S., Gardana, C., Zanzotto, A., Simonetti, P., Faoro, F., Fico, G., Iriti, M. (2011). Melatonin occurrence in grapevine (*Vitis vinifera* L.) berry tissues. *Journal of Pineal Research.* *J. Pineal Res.* 51: 311-337.
- Zhang B, Yu Q, Jia C, Wang Y, Xiao C, Dong Y, Xu N, Wang L, Li M. (2015). The actin-related protein Sac1 is required for morphogenesis and cell wall integrity in *Candida albicans*. *Fungal Genet. Bio.* 81: 261-270.

USO TRADICIONAL DE LAS PLANTAS EN EL AYUNTAMIENTO DE TUI (PONTEVEDRA)

Alonso Rivero, A.

e- mail: azucena-tuy@hotmail.com

Trabajo Fin de Grado

Tutora:

-Marisa Castro

Departamento de Biología

Vegetal y Ciencias del Suelo

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

Este trabajo presenta los resultados y conclusiones de la investigación etnobotánica realizada en el ayuntamiento de Tui. Para ello se han efectuado entrevistas semi-estructuradas a 18 informantes de la zona, con el objetivo de recopilar el conocimiento, uso y manejo de plantas silvestres y cultivadas referidas a ella.

INTRODUCCIÓN

El NO Ibérico en general, y Galicia, en particular (“*terra de meigas*”), es una región donde la orografía montañosa y el aislamiento de la población hasta épocas recientes han permitido que la tradición y el saber popular permanezcan en sus ciudadanos, especialmente los que tienen mucho contacto o viven todavía en el medio rural, y tienen edad avanzada.

Una parte fundamental de este patrimonio inmaterial, de inmensa e incalculable riqueza, se refiere a los diversos y numerosos usos que las personas otorgan a las plantas cultivadas o silvestres de su entorno (Castro *et al.*, 2001, Romero Franco *et al.*, 2013).

La ciencia que estudia esta relación es la Etnobotánica (Blanco Pérez y Morales, 1994) y abarca tanto el uso de plantas medicinales como otras utilizadas en su día a día (Argüello, 2003). De hecho, desde el mobiliario de las casas, la agricultura y la pesca o los tintes hasta los medicamentos eran extraídos, casi exclusivamente, a partir de las plantas (Castro *et al.*, 2001).

Se trata de un conocimiento que se ha sido transmitido oralmente de generación en generación. Sin embargo, los grandes cambios ocurridos en la sociedad desde el principio de la era industrial han provocado una ruptura progresiva en la transmisión de este conocimiento tradicional, de manera que podría llegar a perderse si no se recopila y se deja esa información escrita (Schultes y von Reis, 1995). Es importante el rescate de este patrimonio inmaterial ya que además podría ser utilizado por diversas industrias (Marín-Corba *et al.*, 2005), para la obtención de nuevos compuestos y/o medicamentos. Por otra parte, puede ayudar en el desarrollo sostenible de poblaciones con escasos recursos (Lagos *et al.*, 2011).

La Etnobotánica en sus inicios fue desarrollada por etnógrafos y antropólogos que recopilaron el conocimiento de pueblos indígenas de Sudamérica, África y Oceanía (Schultes y von Reis, 1995), pero al no ser botánicos y utilizar sólo nombres populares no siempre es posible saber a que organismo se refieren tanto usos como plantas (Castro *et al.*, 2001). Por ello, en la actualidad esta ciencia presenta un fuerte componente interdisciplinar, ya que su estudio abarca un ámbito difusamente limitado entre el medio cultural y el natural, el humanístico y el científico, usando herramientas tanto de ciencias sociales como naturales (Menéndez, 2015).

Los métodos de trabajo utilizados en esta disciplina son muy diversos según los investigadores implicados y han sido compilados y evaluados en diversos manuales (Martin, 1995; Alexiades, 1996; Höft *et al.*, 1999), y publicaciones especializadas (Blanco, 1996b); Vogl *et al.* (2004); Edwards *et al.* (2005) y Tardío y Pardo-de-Santayana (2008), etc.).

De manera general en Europa y, en particular España, la etnobotánica se ha desarrollado en menor medida que en otros continentes.

Las poblaciones europeas, más modernizadas que las de los pueblos indígenas, le ha otorgado menor atención (Blanco, 1996b) y los trabajos de investigación en esta área han sido menospreciados, casi denostados, por la comunidad de botánicos taxonomistas hasta períodos recientes (Blanco y Morales, 1994, Pardo de Santayana y Gómez, 2003; Morales *et al.*, 2011, Pardo de Santayana *et al.*, 2015) y a varias tesis doctorales, alguna de ellas en el NO Ibérico (Blanco 1996, Carvalho, 2010).

La importancia de este conocimiento se ve reflejado en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, en la que se recoge que «los conocimientos populares relevantes para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, con especial atención a los conocimientos etnobotánicos, deberán preservarse, mantenerse e inventariarse» e indica que estos inventarios se integrarán en el Inventario Español de Conocimientos Tradicionales. Debido a esta importancia, el objetivo general de este trabajo consiste en recopilar el conocimiento, uso y manejo tradicional tanto de plantas silvestres como cultivadas en el Concello de Tui.

El municipio de Tui está localizado dentro de la comarca natural del Baixo Miño (Pontevedra), limita al sur con el río Miño, al este con los de Salceda de Caselas y Salvaterra de Miño, al noroeste con el de O Porriño y al suroeste, con el de Tomiño (Pereira, 2006). Presenta una extensión de 68,3 km², distribuidos en doce parroquias: Ribadelouro, Malvas, Pazos de Reis, Rebordáns, Guillarei, Paramos, Baldranes, Caldelas, Pexegueiro, Areas, Randulfe y Tui, la capital (Fig. 1). Tiene una densidad media de población de 247,2 hab/km² y un total de 17.013 habitantes.



Figura 1: Mapa de Tui con sus respectivas parroquias

La comarca del Baixo Miño se encuentra en una zona con climatología privilegiada, ya que son escasas las heladas y las temperaturas veraniegas son suaves, además de verse favorecida por los vientos húmedos procedentes del atlántico (ombrotipo húmedo o subhúmedo). Según Rodríguez Guitián y Ramil Rego (2007) presenta un macroclima templado típico y se puede considerar incluida en el piso bioclimático mesotemplado inferior.

METODOLOGÍA

1. Recopilación de información

Previa selección de la zona de estudio es necesario localizar personas que utilizan plantas silvestres en su vida diaria, tanto en uso medicinal como cualquier otro. Esta selección se realizó siguiendo la metodología habitual (Blanco, 1996a y Carvalho, 2010), dirigiéndose a personas, que de oídas, se sabía hacían uso de plantas desde antiguo.

Durante las primeras visitas éstas nos indicaron otras a las que conocían y usaban plantas. Esta recomendación fue muy importante, ya que no resulta fácil a una persona desconocida entrar en ese “mundo críptico” y que compartan con ella información. Probablemente ésta es la razón por la que únicamente se han conseguido informantes de las parroquias de Caldelas de Tui y Baldranes, debido también a la existencia de cierta relación familiar con la zona.

Realizado este primer paso se plantearon las entrevistas, que en la mayoría de los casos, se hicieron de forma individual y en ambiente informal, como la vivienda del entrevistado, siguiendo el criterio de López (2004) y Aceituno (2010) mediante entrevistas semi-estructuradas por ser las que permiten un equilibrio perfecto para obtener información y dejar libre la memoria del entrevistado, consiguiendo que hile unos temas con otros, al mismo tiempo que se puede guiar la conversación para cubrir los apartados en los que estamos interesados (Fig. 1). Es importante mostrar curiosidad y desconocimiento, sin prejuicios previos, para que el/la informante expliquen ampliamente las respuestas sin pensar que como no tienen estudios pueden estar diciendo cosas incoherentes.

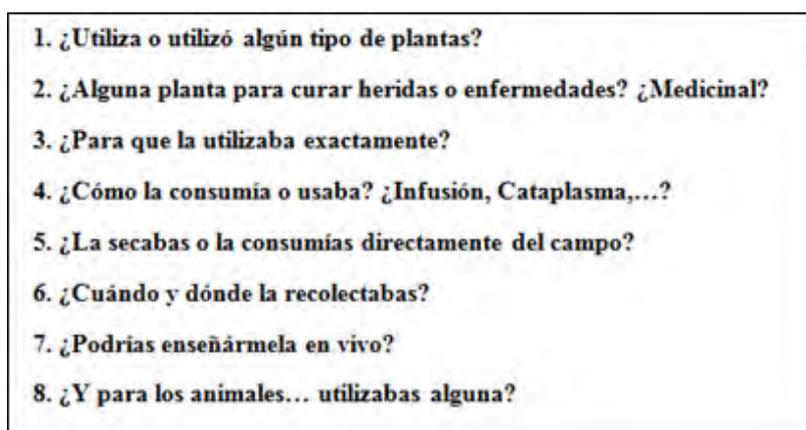
- 
1. **¿Utiliza o utilizó algún tipo de plantas?**
 2. **¿Alguna planta para curar heridas o enfermedades? ¿Medicinal?**
 3. **¿Para que la utilizaba exactamente?**
 4. **¿Cómo la consumía o usaba? ¿Infusión, Cataplasma,...?**
 5. **¿La secabas o la consumías directamente del campo?**
 6. **¿Cuándo y dónde la recolectabas?**
 7. **¿Podrías enseñármela en vivo?**
 8. **¿Y para los animales... utilizabas alguna?**

Figura 2: Preguntas realizadas durante la entrevista

Las entrevistas, con el consentimiento del informador, se han grabado, al mismo tiempo que se tomaban notas escritas para facilitar el trabajo y solventar la incomprensión de algunos vocablos locales. Y, se ha procurado que el informante mostrara en el campo la planta a recolectar. Este procedimiento resultó interesante, ya que al ver otras plantas se acordaba de más cosas y mejoraba la información.

2. Recogida de muestras

La recolección de ejemplares es fundamental para dotar de rigor científico al trabajo. Se ha procurado obtener al menos un espécimen de todas las plantas mencionadas por los entrevistados. Después se han prensado e identificado siguiendo los procesos habituales (Fernández Carvajal y Díaz González, online). En algunos casos sólo se ha podido recolectar con el/la informante la parte vegetativa, lo que ha obligado a realizar varias visitas al lugar para recolectar flores y frutos que permitieran confirmar la identificación mediante el uso de floras (Merino, 1980; García Rollán, 2005; García, 2016; entre otros).

3. Elaboración de la base de datos

Con la información recogida durante las entrevistas se ha procedido a su procesamiento. Se tuvo especial cuidado en no abusar con las entrevistas a una misma persona y, nunca se ha repetido, sin haber procesado toda la información anterior, con el fin de evitar cansar al colaborador y para preparar mejor el segundo encuentro.

La Base de Datos se ha organizado en una tabla Excel (Excel2012) colocando en la primera columna el nombre científico del taxón, seguido del nombre popular de la especie dado por el informante, la indicación de si es espontánea o cultivada en Galicia, la categoría del uso, desglosando las medicinales según la enfermedad para la que se utiliza, la forma de aplicación, la parte utilizada, la forma de aplicarla (fresca o seca) y el código del informante.

En un primer momento las posibles utilidades se agruparon en las siguientes categorías: alimentación, industria y artesanía, tóxico, medicinal y mágico. Tal como sospechábamos los usos medicinal y comestible fueron los más difíciles de organizar, y los más frecuentes, por ello se han subdividido en: humana y animal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la realización del trabajo se consiguió contactar con un total de 28 personas que usaban plantas silvestres en su vida cotidiana; pero tras una preselección se han seleccionado 18, ya que el resto aportaba escasa información y poco relevante. Con los datos obtenidos se ha confeccionado el documento Excel denominado ETNOBOTUI.xlsx.

Las edades de los informantes oscilan entre los 47 y 91 años: 5 tienen menos de 60 años, 5 están en la década de los 60 - 70 años, 3 se encuentran entre los 70- 80 años y los 5 restantes superan los 80 años (figura 3). La media de edad está en 69,33 años y como se confirma en otros estudios las personas de mayor edad son las que albergan mayor cantidad de información etnobotánica (Rossato *et al.*, 1999, Ladio, 2001).

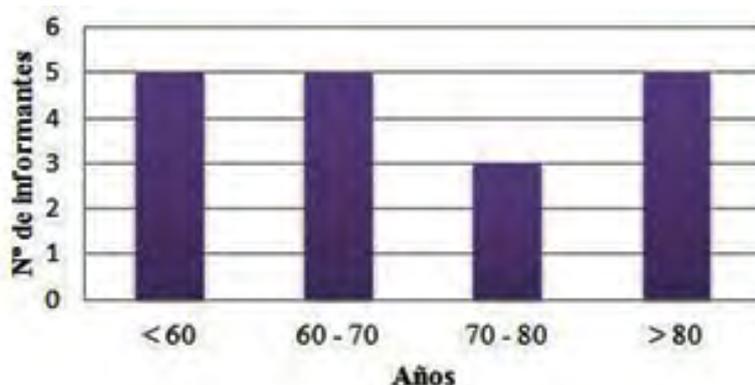


Figura 3: Distribución de los informantes en rangos de edad

Entre los informantes los que conocen mayor número de plantas y más aplicaciones son las mujeres (78%) frente a los hombres (22%). Algo semejante ocurre en países mejor estudiados de Centro y Sudamérica (Ocegueda *et al.*, 2005, Rodríguez-Echeverry, 2010, Gonzáles y Morales, 2005). Probablemente, desde la antigüedad las mujeres fueron las encargadas de las labores del hogar, así como de cuidar y proteger a la familia, por eso eran las que poseían un mayor conocimiento relacionado con plantas comestibles y remedios medicinales (McDade *et al.*, 2007, San Miguel, 2004).

Se ha conseguido identificar la totalidad de las plantas mostradas y elaborar un catálogo de 97 especies pertenecientes a 47 familias (Catalogue of Life, online). Las mejor representadas son Lamiaceae

con 14 especies, al igual que ocurre en Castellón (Muleto, 1991), Asteraceae con 7 y Fabaceae con 6 (Fig. 4), lo que parece lógico, ya las labiadas y las compuestas comprenden la mayor parte de las plantas aromáticas utilizadas en cocina y medicina y, las leguminosas son ampliamente usadas en la vida doméstica para multitud de aplicaciones.

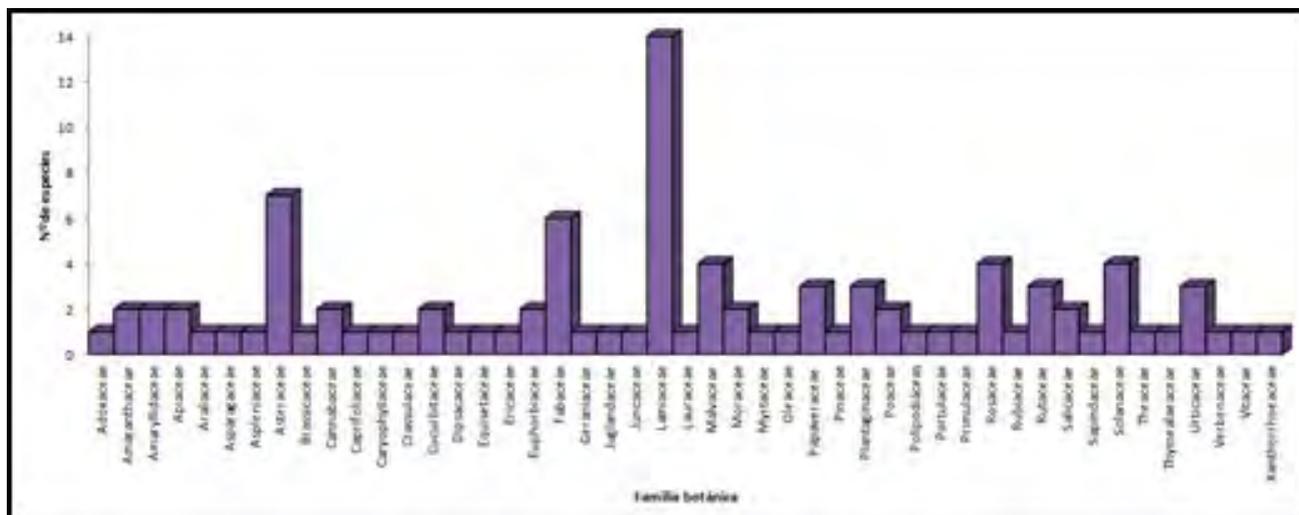


Figura 4: Número de especies por familia

Las 97 especies se han subdivido en 2 grupos: cultivadas (52%) y silvestres autóctonas y naturalizadas (48%), debido a que las personas que utilizan “hierbas” no diferencian silvestres autóctonas de introducidas, y además, el término espontáneo hace referencia a especies vegetales que se desarrollan sin ser cultivados, ni cuidados por el ser humano, englobando ambas categorías (Schneider 2007). Varios de los informantes potencian la aparición de muchas especies silvestres cultivándolas en sus huertas.

Identificación de especies y nombres populares

Uno de los grandes problemas que presentan los trabajos etnobotánicos está relacionado con la nomenclatura popular de las plantas. Por un lado, se usan nombres muy locales como «chícharo verde» para *Umbilicus rupestris* (Salysb.) Dandy, «cenizo» para *Saponaria officinalis* L. o «herba das empinxas» para *Chelidonium majus* L. Por otra parte, se emplean varios nombres para la misma planta, según el informante o la aldea, a la última planta citada también se le denomina «celidonea» y «herba cerulla», y a *Fumaria muralis* Sodn. se le conoce como «pé de ghalíña» o «matafogos».

En ocasiones, el mismo nombre es usado para plantas muy diferentes como «xarsa» que se aplica a *Salvia officinalis* L. y, posiblemente por error, a *Stachys arvensis* (L.) L. y *Stachys officinalis* (L.) Trevis (con propiedades diferentes).

A veces los nombres aplicados a una especie determinada en el resto de Galicia se refieren aquí a otras, por ejemplo «carqueixa» se aplica a *Ruscus aculeatus* L., mientras que «carqueixa» debería referirse a *Genista tridentata* L.

Otro ejemplo es el referido a la árnica, que en Tui no se refiere a *Arnica montana* L. sino a *Helichrysum foetidum* (L.) Cass., que tiene propiedades semejantes sobre la piel.

Existen casos claros de galleguización del nombre latino como «epidium» para *Lepidium latifolium* L. o «marcurialis» para *Mercurialis annua* L., o «politania» para *Parietaria judaica* L. Probablemente ocurre cuando la información llega a la persona “de oído”, a través de algún conocido que consulta libros de plantas medicinales. Al resultar difícil la nomenclatura latina, de forma natural, se populariza.

Al estar próximos a Portugal se nota influencia del portugués, por ejemplo «rosmadiño» dado a *Lavandula stoechas* L. semejante a «rosmaninho» utilizado en algunas zonas del norte de Portugal, o el de «hortelán» dado a *Mentha pulegium* L., ya que el género *Mentha* en el país vecino se conoce como «hortelã».

Toda esta problemática lingüística obliga a que sea necesaria la recolección de la planta, con ayuda del informante, para proceder a su identificación en el laboratorio, lo que no resulta fácil, ya que muchas veces sólo se dispone de la parte vegetativa o de la planta seca (entera o fragmentada).

Uso medicinal de plantas

En cuanto a las 5 categorías de uso establecidas (medicinal, tóxica, uso industrial y artesanal, alimentación y magia o folclore) resulta que 77 se relacionan con la medicina, 10 con toxicidad, 18 con industria y artesanía, 11 con alimentación y únicamente 4 con usos mágicos o folclóricos (Fig. 5). Muchas son utilizadas para varios fines, por eso la suma supera el total de 97 especies.

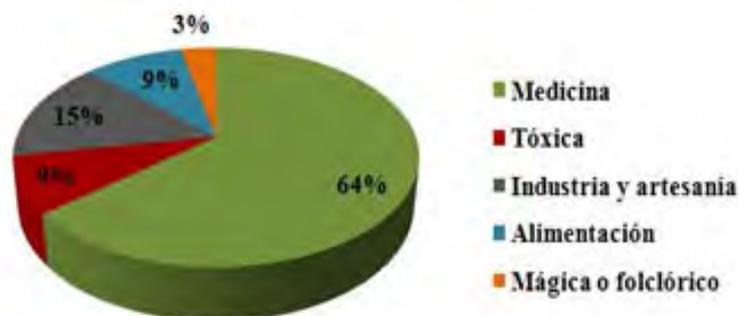


Figura 5: Porcentajes de plantas usadas en las diferentes categorías

En trabajos de etnobotánica realizados en Toledo (Rojo, 2011) y

Madrid (Aceituno, 2010) se observa mayor información relacionada con plantas alimenticias; sin embargo, los del Parque Natural Sierra de Cazorla, Segura y las Villas (Fernández, 2000) y sierra de O Courel (Blanco, 1996) coinciden con las apreciaciones obtenidas en Tui, donde predomina el uso medicinal. Entre las medicinales se emplean únicamente para personas el 84%, sólo para animales el 3% y el 13% restante se aplica indistintamente a ambos, algo semejante a lo observado en Cataluña (Bonet y Vallés, 2007) y en la sierra Norte de Madrid (Aceituno, 2010).

Al ser las usadas en medicina humana las más frecuentes, se han clasificado según la parte del organismo para la que se emplean: sistemas circulatorio, respiratorio, nervioso y metabólico, aparatos digestivo, excretor, locomotor y reproductor, piel y sentidos (fig.6).

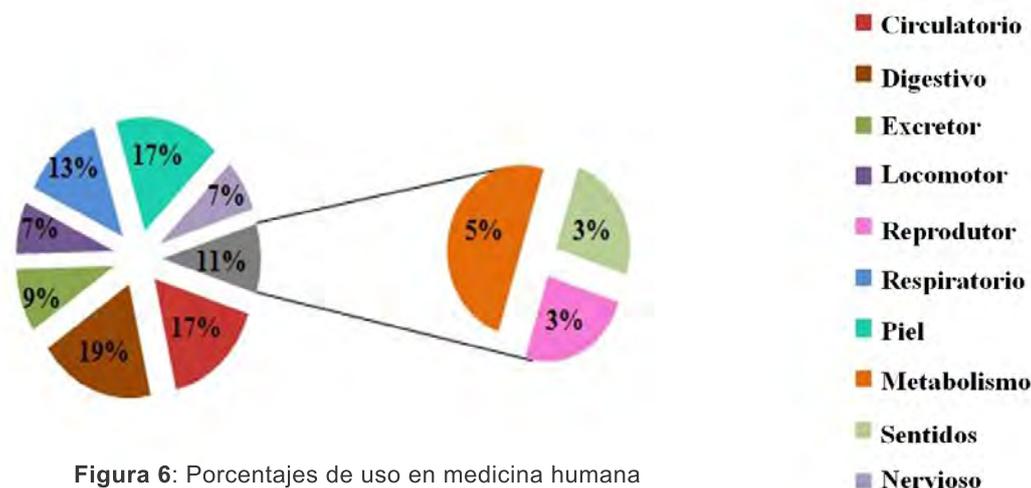


Figura 6: Porcentajes de uso en medicina humana

Aunque son utilizadas para paliar o curar síntomas y/o enfermedades en casi todos los órganos, en este trabajo las patologías tratadas con más frecuencia se refieren al aparato digestivo (19%), al sistema circulatorio (17%), a la dermis (17%) y al sistema respiratorio (13%) coincidiendo con otros estudios (Menéndez-Baceta, 2015, Latorre, 2008, San Miguel, 2004), a excepción del sistema circulatorio que no es mencionado por otros investigadores. Algo semejante ocurre con el uso en veterinaria.

A la vista de los resultados, es fácil deducir que son las patologías crónicas: reuma, hipertensión, estreñimiento, hemorroides, etc. y, también, las patologías agudas de poca gravedad: cicatrización de

heridas, dermatitis, maduración de abscesos, catarros, problemas digestivos, etc. las que son tratadas mediante el uso de plantas (Latorre, 2008).

En la medicina natural se observa que la aplicación más frecuente es por vía interna (61%), frente a su uso de manera externa (39%), a pesar de que en la actualidad la mayor parte de la población está siendo medicada por productos farmacéuticos sintéticos de gran pureza, que pueden presentar efectos antagonistas con los naturales obtenidos a partir de plantas (Abebe, 2002, Oliveira y Dalla, 2004, Tomás Guillena *et al.*, 2006, Cano Carmona y Cano Ortiz, 2009).

La principal forma de preparación y aplicación de los remedios por vía interna es mediante infusión (54 especies). De hecho, el método de extracción idóneo para obtener los elementos activos, cuando las partes de la planta son blandas y/o frágiles, es en infusión (Fernández, 2000). Por vía externa, destacan tres formas de hacerlo: aplicación de la planta fresca (17 especies), lavados con el agua de cocción (13 especies) y cataplasmas (8 especies) (Fig. 7).

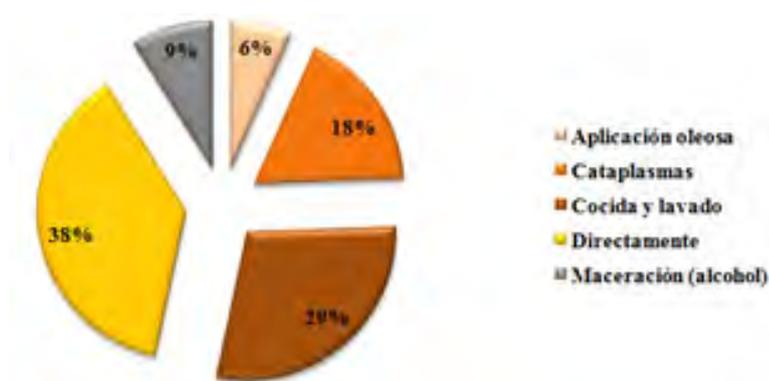


Figura 7: Porcentajes de los métodos de aplicación externa

La tendencia general en nuestros informantes es consumir planta fresca, aunque muchas veces las conservan secas para los períodos del año en los que resulta difícil recolectarlas. El hecho de consumirla fresca parece más lógico ya que muchos de los componentes con efecto medicinal son volátiles (Moré y Melero, 2013).

Las partes más comúnmente utilizadas son las hojas (36%), seguidas de las flores (29%) y, en menor medida, tallos (16%) (Fig. 8), ya que son las partes más fáciles de recolectar y conservar y las que facilitan la identificación (Parada *et al.*, 2009). Además, son las que presentan mayor facilidad para obtener los elementos activos en infusión.

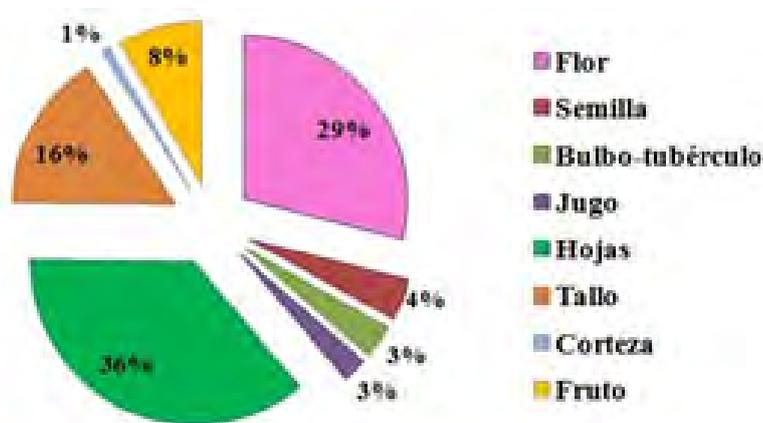


Figura 8: Porcentajes de las partes de las plantas utilizadas.

Uso mágico de plantas

Otras plantas con hipotético uso medicinal se han incluido en el apartado de plantas mágicas. No se trata de hierbas con uso enteógeno o con aplicaciones en brujería tradicional, sino que siguiendo el criterio de Menéndez-Bacet (2015) son especies aplicadas en rituales mágicos, en los que la planta es más un vector para canalizar una fuerza simbólica o energética que un conjunto de compuestos químicos, que puedan actuar sobre alguna enfermedad, por ello en ocasiones usan refranes y rezos (católicos) para potenciar su efectividad, por ejemplo el realizado por Ilda Troncoso para “curar o aire” (herpes, dermatitis,...) mediante el uso de hinojo, *Foeniculum vulgare* Mill. (Fig. 9).

El enfermo, en ayunas, recoge el hinojo aún con rocío y agua fresca de fuente.

La curandera, también en ayunas, al tenerlo delante recita este refrán:

-Ana, ónde veis Ana?
-Veño da fonte de buscar agua fresca e fiuncho do monte para cortar herpes e andropesías (= hidropesías?) pola gracia de Dios e a Virgen María. Rezar un padrenuestro y un avemaría. Gloria al Padre, al Hijo y al Espiritu Santo...

Al final del refrán se sumerge la planta en agua fresca, haciendo simultáneamente ambos la señal de la cruz.

Se retira la planta del agua y se pasa por la zona afectada. Colocándola nuevamente sobre la mesa. A continuación, se repite todo el proceso 9 veces.

Para contabilizar las veces que mentalmente lo recita, y no olvidarse ninguna, la curandera usa 9 habas, que va separando sobre la mesa, a medida que lo va haciendo.

Al final de la novena repetición se reza un Credo y una Salve a la Virgen María. Gloria al Padre, al Hijo y al Espiritu Santo...

Figura 9: Ejemplo de ritual.

Obsérvese en el refrán la mezcla de castellano y gallego y la reiterada influencia de la religión católica, probablemente para evitar que fuera asociado con brujería, y los consiguientes problemas con poderes eclesiásticos. Además, el 9 es un número mágico usado desde la antigüedad en ritos medicinales, porque representaba la triple síntesis: corporal, intelectual y espiritual (3+3+3) (Sánchez Medina, online).

Sobre este grupo de plantas no resulta fácil obtener información, ya que al estar relacionadas con ritos paganos, supersticiones, etc. son consideradas por los curanderos como algo secreto, que no debe contarse, ya que si se hace la planta puede perder sus propiedades.

CONCLUSIONES

1. Son las personas de mayor edad, sobre todo mujeres, las que poseen conocimiento etnobotánico. Esto supone un factor de riesgo para la inminente pérdida de información.
2. Se han catalogado 97 taxones, encuadrados en 47 familias botánicas, entre las que destacan Lamiaceae con el 14,4% de las especies y Asteraceae con el 7,2%. El 48% de las especies son silvestres. Destacan «herba luisa» (*Aloysia citriodora* Palau), «celidonea» (*Chelidonium majus* L.) y «ruda» (*Ruta chalepensis* L.)
3. La categoría de uso más importante y con mayor número de especies registradas es la medicina humana (64%). La mayoría se usan para patologías crónicas o agudas de escasa gravedad en el aparato digestivo, sistema circulatorio, dermis y sistema respiratorio. La mayor parte de las veces se preparan frescas en infusión, dando prioridad a hojas, seguidas de flores y tallos.
4. Al tratarse de una zona fronteriza (Galicia-Portugal) con tres lenguas vivas, se observa una riqueza de nombres vernáculos muy importante.

BIBLIOGRAFÍA

- Abebe, W. (2002) Herbal medication: potential for adverse interactions with analgesic drugs. *J. Clin. Pharm. Ther.* 27(6): 391-401.
- Aceituno, L. (2010) Estudio etnobotánico y agroecológico de la Sierra Norte de Madrid. Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado el 13 de Abril de 2016 de http://bibdigital.rjb.csic.es/PDF/Aceituno_Estud_Etnobot_Sierra_N_Madrid_2010.pdf.
- Alexiades, M.N. (1996). *Selected Guidelines for Ethnobotanical Research: A Field Manual*. Advances in Economic Botany. New York: The Botanical Garden.
- Argüello van de Putte, J. (2003) Estudio Etnobotánico de la "Serra do Açor (Portugal)". Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado el 7 de Mayo de 2016 de <http://www.etnobotanica.uevora.pt/2004%20Arguello%20Estudio%20etnobotanico%20Serra%20do%20Acor.pdf>.
- Blanco, E. (1996a). El Caurel, las plantas y sus habitantes. A Coruña. Fundación Caixa Galicia.
- Blanco, E. (1996b). Ideas metodológicas relativas al trabajo de campo etnobotánico. *Monografías Jard. Bot. Córdoba* 3:89-91.
- Blanco, E.; Morales, R. (1994). Etnobotánica. *Rev. Dialectología y Tradiciones Populares* 49: 295-322.
- Bonet, M.Á.; Vallés J. (2007) Ethnobotany of Montseny biosphere reserve (Catalonia, Iberian Peninsula): plants used in veterinary medicine. *Journal of Ethnopharmacology* 110: 130-147.
- Castro M.; Lorenzo P.; Martins F.X.; Varela X. (2001) *Etnobotánica sin Fronteras/ Etnobotânica sem fronteiras*. Vigo: Artes Gráficas Vicus.
- Cano Carmona, E.; Cano Ortiz, A. (2009) Plantas prohibidas o restringidas por su toxicidad: flora psicotrópica. *Boletín Instituto de Estudios Giennenses* 200:73-123.
- Carvalho, A. (2010). Plantas y sabiduría popular del Parque Natural de Montesinho. Un estudio etnobotánico en Portugal. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Catalogue of Life (2016) *Catalogue of Life: 2016 Annual Checklist*. Recuperado el 18 de mayo de 2016 de <http://www.catalogueoflife.org/>
- Edwards, S.; Nebel, S.; Heinrich, M. (2005). Questionnaire surveys: Methodological and epistemological problems for field-based ethnopharmacologists. *J. Ethnopharmacology* 100: 30-60.
- Fernández A. (2000). Estudio Etnobotánico en el Parque Natural de la Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas. Investigación química de un grupo de especies interesantes. Universidad de Jaén. Recuperado el 18 de Junio de 2016 de <http://ruja.ujaen.es/handle/10953/326>.
- Fernández-Carvajal, M.C.; Díaz González, T.E. (online). Guía para la elaboración del herbario escolar. Recuperado el 12 de febrero de 2016 de <http://www.unioviado.es>.
- Font Quer, P. (2014, reed.). *Plantas medicinales. El Dioscórides renovado*. Barcelona: Ediciones Península.
- García, X.R. (2016). *Guía das plantas de Galicia*. Vigo: Edicións Xerais.
- García Rollán, M. (2005). *Atlas clasificatorio de la flora de España peninsular y balear*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Gonzáles, S.; Morales, S. (2004). Plantas medicinales utilizadas en comunidades rurales del Chubut, Patagonia-Argentina. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 3:58-62.
- Höft, M.; Barik, S.K.; Lykke, A.M. (1999). *Quantitative Ethnobotany. Applications of multivariate and statistical analyses in ethnobotany*. Paris: People and Plants Initiative, Division of Ecological Sciences.
- Radio, A. (2001). The maintenance of wild edible plant gathering in a Mapuche community of Patagonia. *Economic Botany* 55:243-254.
- Lagos-Whitte, S.; Sanabria Diago, O.L.; García, R. (eds.) (2011) *Manual de herramientas etnobotánicas relativas a la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales*. Santiago de Chile: Red Latinoamericana de Botánica.

- Latorre, J. A. (2008) Estudio etnobotánico de la provincia de La Coruña. Universitat de València. Recuperado el 14 de Marzo de 2016 de http://bibdigital.rjb.csic.es/PDF/Latorre_Estud_Etnobot_La_Coru%C3%B1a_2008.pdf
- Marín-Corba, C.; Cárdenas-López, D.; Suárez- Suárez, S. (2005). Utilidad del valor de uso en etnobotánica. Estudio en el departamento de Putumayo (Colombia). *Caldasia* 27:89-101
- McDade, T.; Reyes-García, V.; Blackinton, P.; Tanner, S.; Huanca, T.; Leonard, W. (2007). Ethnobotanical knowledge is associated with indices of child health in the Bolivian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104:6134-6139.
- Menéndez-Baceta, G. (2015). Etnobotánica de las plantas silvestres comestibles y medicinales en cuatro comarcas de Araba y Bizkaia. Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado el 26 de Mayo de 2016 de https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/667855/menendez_baceta_gorka.pdf?sequence=1
- Merino, B. (1980, reedición). Flora descriptiva e ilustrada de Galicia. 3 vols. A Coruña: La Voz de Galicia.
- Morales, R.; Tardío, J.; Aceituno, L.; Molina, M.; Pardo de Santaya, M. (2011). Biodiversidad y Etnobotánica en España. *Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat.* 2ª éd. 9:157-207
- Moré, E.; Melero, R. (2013) Transformación de plantas aromáticas y medicinales. Centre Tecnol Gic Forestal de Catalunya. Recuperado el 3 de Julio de 2016 de <http://apsb.ctfc.cat/docs/ficha%20TRANSFORMACION%20PAM.pdf>
- Mulet-Pascual L. (1991). Estudio Etnobotánico de la provincia de Castellón. *Natura Medicatrix* 37-38: 22-29.
- Ocegueda, S.; Moreno E.; Koleff, P. (2005). Plantas utilizadas en la medicina tradicional y su identificación científica. *Biodiversidad* 62:12-15.
- Oliveira, A. L.; Dalla, T. (2004). Interações Farmacocinéticas entre as Plantas Mediciniais *Hypericum perforatum*, *Gingko bilobae*, *Panax ginseng* e fármacos tradicionais. *Acta Farm. Bonaerense* 23:567-578.
- Parada, M.; Carrió, E.; Bonet, M.; Vallès, J. (2009). Ethnobotany of the Alt Empordà region (Catalonia, Iberian Peninsula). *J. Ethnopharmacology* 124: 609-618.
- Pardo de Santayana, M.; Gómez Pellón, E. (2003). Etnobotánica: aprovechamiento tradicional de las plantas y patrimonio cultural. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 60:171-182.
- Pardo de Santayana M.; Quave C.; Soukand R.; Pieroni A. (2015). Medical Ethnobotany and Ethnopharmacology of Europe. *Ethnopharmacology* 29:343-355.
- Pereira, M. (2006). Inventario Arquivo do Concello de Tui. Patrimonio documental de la Provincia de Pontevedra 62. Pontevedra: Gráficas Duher.
- Reyes-García, V.; Vadez, V.; Tanner, S.; McDade, T.; Huanca, T.; Leonard, W. (2006). Evaluating indices of traditional ecological knowledge: a methodological contribution. *J. Ethnob. Ethnomed.* 2: 21.
- Rodríguez-Echeverry, J. J. (2010) Uso y manejo tradicional de plantas medicinales y mágicas en el Valle de Sibundoy, Alto Putumayo, y su relación con procesos locales de construcción ambiental. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 34:309-326.
- Rodríguez Guitián, M.; Ramil-Rego, P. (2007) Clasificaciones climáticas aplicadas a Galicia: revisión desde una perspectiva biogeográfica. *IBADER Recursos Rurais* 1: 31-53.
- Rojo, J. (2011) Recursos Naturales y etnobotánica: Usos y aprovechamientos de las plantas de la Cañada Real Segoviana en Toledo. Recuperado el 26 de Marzo de 2016 http://www.diputoledo.es/global/ver_pdf.php?id=10912
- Romero Franco, R.; Rodríguez Guitián, M.A.; Resúa, A. (2013). Plantas utilizadas en medicina humana y veterinaria en el municipio de Triacastela, Lugo (NW España). *IBADER Recursos Rurais* 9:35:43
- Rossato, S.; De Leitão-Filho, H.; Begossi, A. (1999). Ethnobotany of caíçaras of the Atlantic Forest coast (Brazil). *Economic Botany* 53:387-395.

- Sánchez Medina, G. (online). Propiedades matemáticas del número nueve (9). Recuperado el 9 de Julio de 2016 de <https://encolombia.com/libreria-digital/lmedicina/pensamiento-magico/propiedades-matematicas/>
- San Miguel, E. (2004). Etnobotánica de Piloña (Asturias). Cultura y saber popular sobre las plantas en un concejo del centro-oriente asturiano. Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado el 16 de Abril de 2016 de http://bibdigital.rjb.csic.es/PDF/San_Miguel_Etnobotanica_Pilona_2004.pdf
- Schneider, A. (2007). A flora naturalizada no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: herbáceas subespontâneas. *Biociências* 15: 257-268.
- Tardío, J.; Pardo-de-Santayana, M. (2008). Cultural Importance indices: a comparative analysis based on the useful wild plants of Southern Cantabria (Northern Spain). *Economic Botany* 62: 24-39.
- Tomás Guillena, E.; Farriols-Danéza, A.; Cantarell-Aixendrib, C. ; Juárez-Giménez, J. C. (2006) Interacciones entre plantas medicinales y fármacos inmunodepresores. *Med Clin* 127:177-84.
- Vogl, C.R.; Vogl-Lukasser B.; Puri, R.K. (2004). Tools and Methods for Data Collection in Ethnobotanical Studies of Homegardens. *Field Methods* 16: 285-306.

RESPUESTA DEL SISTEMA CIRCADIANO HEPÁTICO AL ESTRÉS EN LA TRUCHA ARCO IRIS

Prieto Vázquez, L.; Naderi, F.
e- mail: lprieto@alumnos.uvigo.es

Trabajo Fin de Grado en Biología

Tutores:

- Jesús M. Míguez Miramontes

- Marcos A. López Patiño

Departamento de Biología

Funcional y Ciencias de la Salud

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

El objetivo del presente trabajo de investigación fue conocer el efecto del estrés sobre el sistema circadiano hepático de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Para ello se evaluaron los ritmos de expresión de genes reloj en truchas control y en truchas sometidas a estrés causado por elevada densidad. Los resultados obtenidos demuestran que en una situación de estrés, el sistema circadiano hepático se ve afectado negativamente, presentando un desajuste en la expresión rítmica diaria de los genes reloj.

INTRODUCCIÓN

Ritmos biológicos y sistema circadiano

Una gran cantidad de cambios que ocurren en el medio ambiente tienen lugar de forma rítmica, pudiendo clasificarse esos ritmos en función de la duración de su periodo (ciclos día-noche, lunares o estacionales). En su mayoría se relacionan con los movimientos de rotación y traslación de la Tierra, que generan ciclos en diferentes variables ambientales. Entre ellos, los ciclos diarios de luz y oscuridad tienen gran incidencia en la fisiología y comportamiento de los organismos, que se ajustan a periodicidades cercanas a las 24 horas, recibiendo la denominación de circadianos (Refinetti, 2006).

Los animales perciben estos cambios, ante los cuales pueden responder de dos maneras. Por un lado, están las respuestas pasivas, que aparecen ante fluctuaciones rítmicas diarias y/o estacionales de una variable ambiental y desaparecen en su ausencia. Se denominan ritmos no endógenos y no aportan información adaptativa a los individuos. Por otro lado está la respuesta activa, que persiste incluso en ausencia de las condiciones ambientales que la han generado. Esta respuesta es debida a que los animales han podido desarrollar estrategias y mecanismos que les ayuden a sincronizarse en función del momento en el que se produce un evento, pudiendo incluso anticiparse a la llegada del mismo, lo que pudo suponer una gran ventaja evolutiva. Los ritmos generados a partir de una respuesta activa se conocen como endógenos y son generados por estructuras internas con funcionamiento autónomo que constituyen los relojes biológicos (Cardinali y Golombek, 1993). Los relojes son una parte fundamental del sistema circadiano y siempre están asociados a componentes de entrada (“inputs”) de la señal rítmica externa que es capaz de ajustar el mecanismo del reloj, así como vías de salida de la información del reloj o “outputs” (Aschoff, 1981).

Una señal capaz de influir en la actividad de un reloj biológico se conoce como *zeitgeber* (o “sincronizador”), ante la cual el ritmo generado mantiene una relación de fase estable, lo que asegura la correspondencia del tiempo biológico con el geológico (Zhdanova y Reebbs, 2006).

Los relojes biológicos se pueden definir como un conjunto de genes, presentes en una población determinada de células, cuya actividad ordena temporalmente las respuestas fisiológicas y los comportamientos de los seres vivos a lo largo de los días y de las estaciones.

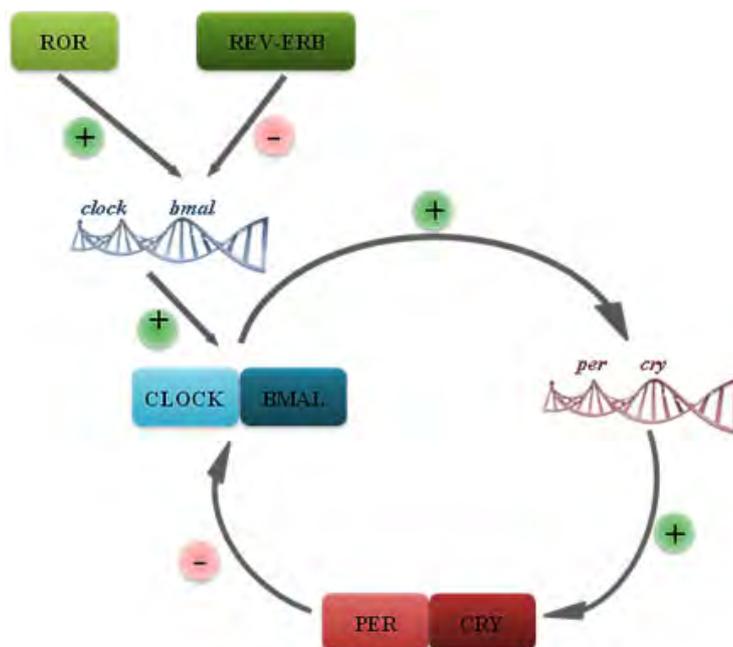


Figura 1: Esquema del funcionamiento de un reloj circadiano a nivel molecular. La transcripción de los genes que forman parte del reloj consta de un bucle principal formado por una rama positiva (*clock* y *bmal1*) y una rama negativa (*per* y *cry*). El sistema se complementa con un bucle accesorio del que forman parte otra serie de genes (*ror* y *rev-erb*) que participan en la regulación del reloj.

El mecanismo molecular del sistema circadiano parece estar muy conservado filogenéticamente y es fácilmente identificable (Figura 1). Se basa en la existencia de bucles de retroalimentación entre los procesos de transcripción y transducción de los denominados “genes reloj” y sus productos proteicos (Panda *et al.*, 2002). El sistema se inicia con la expresión de los genes del bucle positivo de retroalimentación (*clock* y *bmal1*), cuyos productos proteicos se acumulan en el citoplasma celular para a continuación formar dímeros CLOCK/BMAL1 que migran al núcleo celular, donde se unen a promotores E-Box en los genes diana, que incluyen los del bucle negativo de retroalimentación, *per* y *cry*. La transcripción de estos últimos provoca un aumento de los niveles de sus productos proteicos (PER y CRY) que dimerizan (PER/CRY), lo que lleva a la inhibición del complejo CLOCK/BMAL1 (Kondratov, 2007).

El reloj circadiano se complementa con otro bucle autorregulado auxiliar que depende de receptores nucleares implicados en la modulación de diversos aspectos fisiológicos tales como el metabolismo de lípidos y carbohidratos (Chawla *et al.*, 2001; Burris 2008; Duez y Staels, 2009). Dicho bucle está constituido por las familias ROR y REV-ERB, las cuales tienen actividades transcripcionales opuestas (Giguère, 1999). En este sentido, los ritmos de expresión para ambos receptores nucleares en mamíferos muestran que *ror* se encuentra en fase con el bucle negativo del reloj (*per* y *cry*) mientras que *rev-erb* lo está con el bucle positivo (*clock* y *bmal1*). Por tanto, la familia ROR activa la transcripción de *bmal1*, mientras que la familia REV-ERB la inhibe, lo que las relaciona directamente con el oscilador circadiano (Cho *et al.*, 2012). Así, se ha evaluado la expresión de *rev-erb1 α* en el salmón del Atlántico, donde no es rítmica (Betancor *et al.*, 2014); en cambio, la de *rev-erb β* en la trucha arco iris sí que lo es (Hernández-Pérez, 2016).

Sistema circadiano hepático

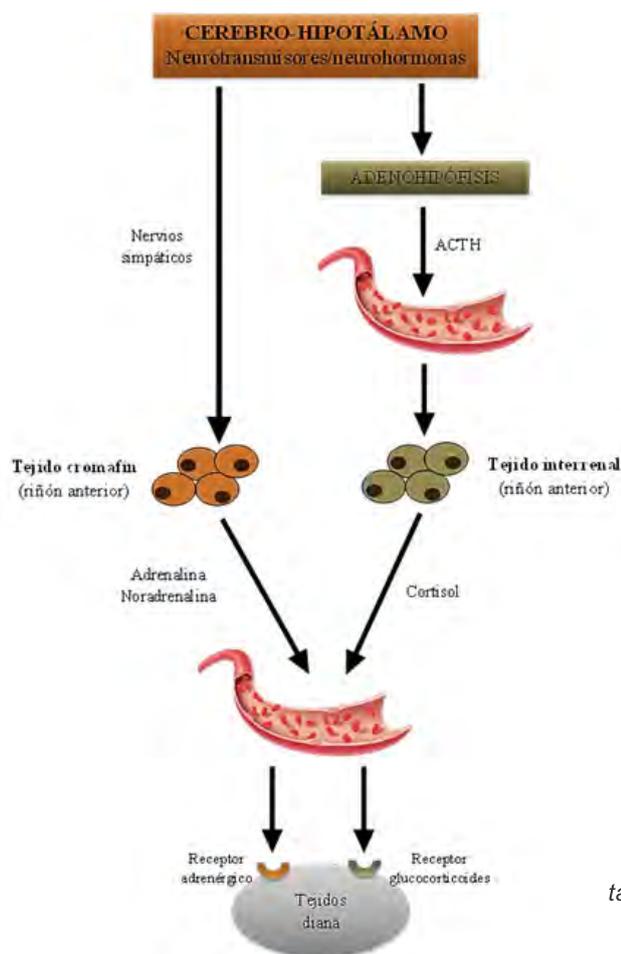
El sistema circadiano comprende elementos especializados en la recepción y transmisión de las señales externas al reloj biológico, el cual elabora señales rítmicas capaces de influir en las distintas actividades y funciones del organismo. En los mamíferos se describió inicialmente la existencia de un reloj localizado en el sistema nervioso central, capaz de modular todas las funciones rítmicas del organismo. Posteriormente

se descubrió la presencia de osciladores en tejidos periféricos, en base al conocimiento de los ritmos de expresión de genes reloj presentes en los mismos. Hoy en día se conoce la existencia de osciladores circadianos en tejidos centrales y periféricos la mayoría de especies de vertebrados estudiadas, incluidos los peces. Específicamente en la trucha arco iris, se ha descrito la presencia de osciladores circadianos en tejidos centrales, hipotálamo y retina neural (López-Patiño *et al.*, 2011) y tejidos periféricos, como el hígado (Hernández-Pérez, 2016).

La función del hígado incluye un gran abanico de procesos rítmicos tales como la regulación metabólica y la síntesis proteica (Davidson *et al.*, 2004). Independientemente de la existencia de un oscilador circadiano en el hígado, se sabe que más del 10% del transcriptoma hepático de mamíferos se expresa rítmicamente, incluidos los genes relacionados con el metabolismo hepático. Dada la presencia de un oscilador circadiano en esta localización se ha llegado a postular la interacción entre el sistema circadiano y el metabolismo hepático basada en señales moduladoras recíprocas (Li y Lin, 2015). Dicha interacción también parece darse en el hígado de los peces, tal y como apuntan los estudios realizados con el carpín (Azpeleta *et al.*, 2012).

El estrés en los peces

En la actualidad, las situaciones de estrés son consideradas como uno de los principales condicionantes de la producción en acuicultura, por lo que existe un creciente interés en conocer su naturaleza y los mecanismos fisiológicos que son afectados. El estrés puede definirse como una condición en la que un elemento potencialmente negativo puede alterar el equilibrio interno (homeostasis) del organismo. Dicho elemento, interno o externo, se conoce como “agente o estímulo estresante”, y se puede relacionar con los cambios físicos y químicos del agua, las interacciones biológicas con otros organismos, etc.



La presencia de un factor de estrés provoca cambios relativamente inmediatos en el organismo, de forma que se altera la homeostasis interna y se origina una respuesta fisiológica y comportamental para superar la amenaza y adaptarse a las nuevas condiciones. Para comprender mejor la respuesta fisiológica al estrés, se suelen diferenciar los componentes que participan en los distintos niveles de organización del individuo y que colectivamente constituyen la respuesta fisiológica integrada al estrés (Wendelaar Bonga, 1997). Así, se diferencian componentes primarios, secundarios y terciarios (Iwama *et al.* 2006; Pottinger, 2008). En los peces (Figura 2), la respuesta primaria conlleva la activación del eje hipotálamico-simpático-cromafín (HSC), la cual estimula la rápida liberación de catecolaminas (A, NA) al torrente sanguíneo (Wendelaar-Bonga, 1997; Gesto *et al.*, 2013).

Figura 2: Principales elementos neuroendocrinos involucrados en la respuesta al estrés en peces teleosteos, tanto en el eje HPC como en el eje HPI así como las respuesta del organismo a la señal de los principales mensajeros: cortisol y catecolaminas.

En paralelo, pero de forma más lenta, se activa la vía neuroendocrina de respuesta al estrés, el eje hipotalámico-hipófisis-tejido interrenal (HPI) (Wendelaar-Bonga, 1997) que a nivel hipotalámico implica la síntesis y liberación de neuropéptidos de la familia del CRF (*corticotropin-releasing factor*) (Flick *et al.*, 2006), cuya consecuencia es la estimulación de las células corticotropas de la hipófisis dando lugar a la liberación a la circulación de ACTH (*adenocorticotropin hormone*). La ACTH, a través de su unión a receptores de membrana del tipo melanocortina 2 (MCR2) en las células interrenales del riñón cefálico, estimula la síntesis y liberación de cortisol al torrente sanguíneo.

La activación de los ejes HSC y HPI causa el aumento plasmático de hormonas (catecolaminas y cortisol), que son señales clave durante la respuesta al estrés. Bajo estrés agudo, las catecolaminas se liberan rápidamente (segundos) al torrente sanguíneo, mientras que los niveles plasmáticos de cortisol tienden a aumentar paulatinamente para después descender de forma gradual hasta niveles basales varias horas después del cese del estrés (Gesto *et al.*, 2013). En cambio, durante un estrés crónico los niveles plasmáticos de cortisol continúan elevados, si bien el tipo de estrés, la especie, y su historial previo, entre otros factores, parecen influir en la dinámica hormonal (Aluru y Vijayan, 2009; Gesto *et al.*, 2013). La baja tasa de conversión del cortisol (se transforma en cortisona) y la existencia de métodos relativamente sencillos para su cuantificación hacen que este parámetro sea muy utilizado para definir una situación de estrés fisiológico en peces (Wendelaar Bonga, 2011).

Se ha demostrado en mamíferos la existencia de ritmos en ciertos componentes del eje endocrino que regula la síntesis y secreción de glucocorticoides, tanto a nivel de CRF hipotalámico, como de ACTH hipofisaria y de la propia ruta de síntesis de cortisol. Así, se ha especulado con la idea de que el ritmo diario de cortisol se correlaciona con el de actividad del animal, dado que en animales diurnos la acrofase del ritmo de cortisol plasmático se da al final de la noche, mientras que en los nocturnos se observa al final del día (Mohawk *et al.*, 2005; Montoya *et al.*, 2010).

El cortisol actúa como mediador de los cambios más destacados ocasionados por la exposición a estrés. En este sentido, la fisiología hepática también sufre modificaciones que no solo afectan a las funciones metabólicas llevadas a cabo por este órgano, sino que también a su fisiología rítmica diaria, habida cuenta de que el tratamiento con glucocorticoides provoca cambios de fase en la expresión de determinados genes reloj (Sánchez-Bretaño *et al.*, 2015). No obstante se desconoce todavía tanto la naturaleza de los cambios como los mecanismos a través de los cuáles se llevan a cabo. Por este motivo, el principal objetivo del presente trabajo fue evaluar el potencial efecto negativo del estrés sobre el sistema circadiano hepático en un animal utilizado como modelo de pez teleosteo, como es la trucha arco iris.

MATERIAL Y MÉTODOS

Animales y mantenimiento

Se utilizaron ejemplares de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) con un peso de 80 ± 5 g, mantenidos bajo condiciones estándar (temperatura del agua de 13.5 ± 0.5 °C, fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad, alimentación 1% del peso corporal a ZT2). ZT= *zeitgeber time*, se denomina al tiempo en que se produce un estímulo capaz de sincronizar un ritmo biológico, de modo que ZT0 se corresponde con el inicio de la fase de luz del fotociclo diario.

Diseño experimental

Con objeto de evaluar el efecto del estrés sobre el sistema circadiano hepático de la trucha arco iris se emplearon dos cohortes de animales que fueron sometidas a diferentes condiciones experimentales (grupos Control y Estrés). La primera cohorte, Control, fue mantenida en las mismas condiciones que durante su periodo de aclimatación. Pasadas 72 horas tras el inicio del experimento se procedió al

sacrificio de los peces a distintos intervalos de tiempo (cada 4 horas) a lo largo de un ciclo completo de 24 horas, comenzando con el inicio de la fase de luz (ZT0), por lo que los puntos de muestreo fueron los siguientes: ZT0, ZT4, ZT8, ZT12, ZT16, ZT20 y ZT0' (día siguiente).

La segunda cohorte (Estrés) de truchas se mantuvo en las mismas condiciones que la anterior durante al menos 2 semanas, tras lo cual los peces fueron expuestos a una situación de estrés (densidad elevada: 70 kg de pez/m³), para lo cual se redujo el nivel de agua de cada uno de los tanques. Esta situación se mantuvo durante 72 horas antes de proceder a su sacrificio, en los mismos intervalos de tiempo que el grupo control.

Para la toma de todas las muestras se siguió un único procedimiento para todos los animales. Antes de proceder al sacrificio de los peces, estos fueron anestesiados con 2 fenoxietanol al 0.2%, diluido directamente en los tanques que los contenían. A continuación se sacrificó a los animales mediante decapitación, procediéndose a la toma de muestras de hígado con ayuda de material estéril. Dichas muestras fueron inmediatamente congeladas en hielo seco y almacenadas a -80°C hasta su posterior procesado para la cuantificación de la expresión de genes reloj (*clock1a*, *bmal1*, *per1* y *rev-erbβ*) mediante qRT-PCR.

Para evaluar la expresión de genes reloj se extrajo el RNA total de cada muestra de hígado usando el método TRIzol (Gibco BRL). La cantidad y calidad del RNA extraído fueron determinadas mediante técnicas espectrofotométricas (NanoVue Plus) a 260 y 280 nm. A continuación, se procedió a la síntesis del DNA complementario a partir de 2 µg de RNA de cada muestra. La expresión de los genes mencionados se realizó mediante qRT-PCR, usando 1 µl del DNA previamente obtenido, al que se añadió 14 µl de solución MIX (7.5 µl de SYBR Green Master Mix, 4.5 ml de agua grado MQ estéril y 1 µl de cada uno de los cebadores, forward y reverse). Se cuantificó la expresión de *clock1α*, *bmal1*, *per1*, *rev-erbβ*, tomando como referencia la de β-actina, cuya expresión fue estable independientemente de las condiciones experimentales.

Análisis estadístico de los resultados

Los datos fueron analizados mediante un ANOVA de doble vía, siendo “tiempo” y “condición” las variables independientes. En caso de existir diferencias significativas entre grupos se realizó un análisis de comparaciones múltiples (Student-Newman-Keuls). Los datos fueron expresados como el promedio ± error estándar de la media (n = 5/grupo). El grado de significación se estableció en P < 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Muchos de los procedimientos llevados a cabo con los peces en acuicultura pueden causar estrés (ya sea de forma aguda o crónica) cuya consecuencia inmediata es una alteración de su bienestar, provocando un descenso de la producción (Conte, 2004) e influyendo negativamente en la economía de la explotación. El efecto del estrés puede ser evaluado desde diferentes puntos de vista. En nuestro caso, este efecto se ha evaluado sobre el hígado dado su papel como principal órgano relacionado con el metabolismo y teniendo en cuenta además la existencia de estudios previos que demuestran que las situaciones de estrés alteran los ritmos diarios de expresión de las enzimas más importantes del metabolismo de carbohidratos y de lípidos (Hernández-Pérez *et al.*, 2015). Estos cambios en los ritmos del metabolismo hepático podrían ser una consecuencia de la alteración sufrida por el sistema circadiano de este tejido, que a su vez dirige y/o modula los ritmos de los componentes de las rutas metabólicas.

El ritmo diario de expresión de genes reloj pertenecientes al bucle principal (*clock1a*, *bmal1*, *per1*) y accesorio (*rev-erb β*) en hígado de trucha arco iris, así como el efecto del estrés sobre los mismos se muestra en la Figura 3. La expresión de *clock1a* mostró un claro ritmo diario en peces control, con valores

máximos durante la transición luz-oscuridad (ZT12) y basales al inicio del día (ZT0). La expresión media fue 2.5 ± 0.2 unidades relativas. El estrés provocó un descenso significativo en la amplitud del ritmo, que se tradujo en un descenso del valor medio de la misma próximo al 40 % (hasta 1.5 ± 0.1 unidades relativas) con respecto al grupo control. Algo similar ocurrió con la expresión de *bmal1*, cuyo pico de expresión se observó en ZT12 en ambos grupos experimentales (control y estrés), si bien la magnitud de dicho incremento fue menor en las truchas estresadas que en las control, lo que se tradujo en un descenso aproximado del 25 % en la expresión media (1.7 ± 0.1 unidades relativas, vs. 2.3 ± 0.2 unidades relativas en el grupo control).

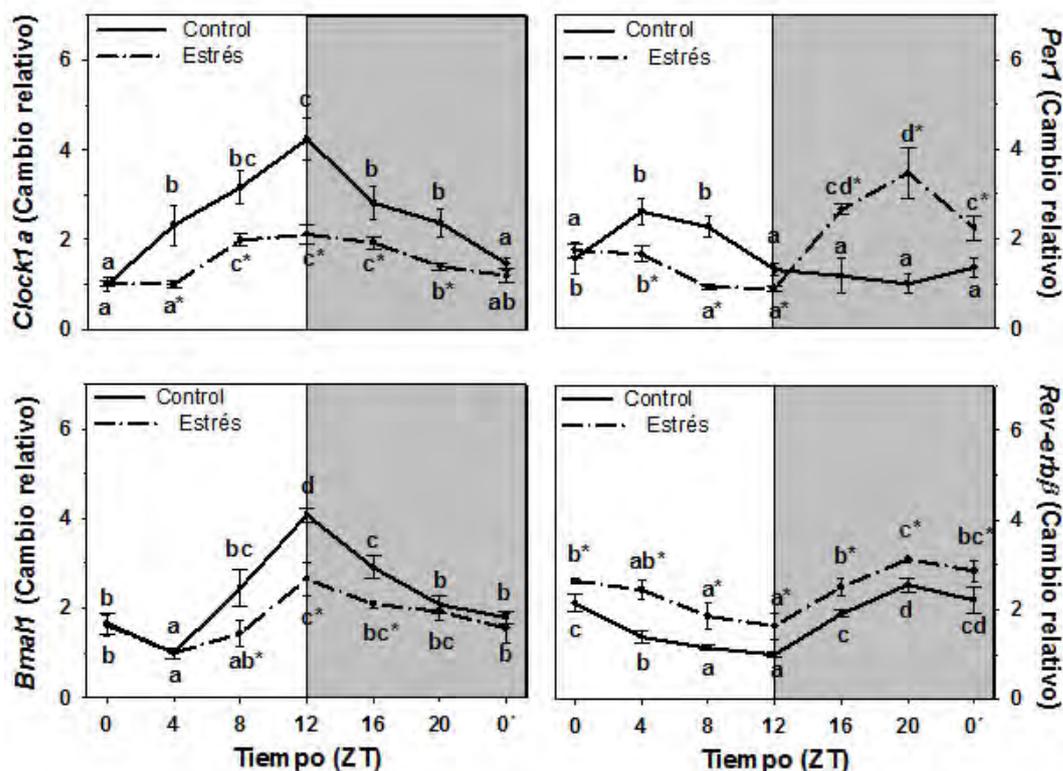


Figura 3: Ritmo diario de expresión hepática de los genes reloj *clock1a*, *bmal1*, *per1* y *rev-erbβ* en truchas arco iris expuestas (línea discontinua) o no (línea continua) a estrés por densidad. Cada valor representa la media \pm e.e.m. ($n=5$ /grupo). Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0.05$) entre intervalos de tiempo dentro de un mismo grupo. * $P < 0.05$ respecto del grupo control en el mismo intervalo de tiempo. La banda sombreada corresponde a la fase oscura del fotoperiodo diario.

La expresión de *per1* en peces Control mostró un ritmo diario con valores máximos al inicio del día (ZT4) y basales durante la noche (ZT20). La expresión media del gen en este grupo fue 1.6 ± 0.1 unidades relativas. El estrés provocó un cambio tanto en el perfil como en la amplitud de dicho ritmo. Así, se produjo un desplazamiento de 8 horas en el pico de expresión (ZT20) respecto al grupo Control y un ligero aumento de la expresión media (1.9 ± 0.2 unidades relativas), aproximadamente un 20% respecto a lo observado en los peces no estresados.

A la vista de estos resultados se puede decir que el estrés por densidad no afectó al perfil rítmico descrito por *clock1a* y *bmal1* (cuyo máximo de expresión se mantuvo en la misma ventana temporal), pero sí redujo bruscamente su amplitud. Por su parte, *per1* sufrió un desplazamiento de 8 horas en su pico de expresión respecto a lo observado en peces no estresados. Estos resultados coinciden con lo descrito previamente en el hígado de mamíferos (Takahashi *et al.*, 2013). Por tanto, se puede concluir que el sistema circadiano hepático y su fisiología rítmica se encuentran alterados por el estrés en la trucha arco iris. No obstante, los mecanismos a través de los cuales se produce dicho efecto no están claros. Uno de ellos podría ser la unión de cortisol (cuyos niveles están elevados durante la exposición a estrés) a sus

receptores hepáticos que, una vez activos, podrían modular la transcripción de determinados genes (Pratt, 1993; Jewell *et al.*, 1995), entre los cuales podrían encontrarse los genes reloj.

Otro posible mediador en el efecto del estrés sobre el sistema circadiano hepático es el gen *rev-erb β* , miembro (junto con *ror*) de un bucle auxiliar del reloj. Este gen modula aspectos fisiológicos del metabolismo hepático, e influye también sobre la transcripción de *bmal*, inhibiéndola, por lo que en presencia de niveles elevados de *rev-erb β* disminuye la expresión de *bmal1*. Nuestros resultados concuerdan con esta idea, dado que el ritmo de *rev-erb β* en truchas control (Figura 3) mostró valores máximo que se alcanzaron durante la segunda mitad de la noche (ZT20), siendo su expresión media de 1.8 ± 0.1 unidades relativas. Aunque el estrés no alteró el perfil rítmico, sí causó un aumento de la expresión en todos los intervalos de tiempo analizados, con lo que la expresión media (2.4 ± 0.1 unidades relativas) aumentó cerca de un 30 % con respecto al Control. Por tanto, el aumento de los niveles medios de *rev-erb β* durante el estrés podría ser responsable del descenso de los de *bmal1*, lo que llevaría a especular con la hipótesis del receptor nuclear mediando en el efecto del estrés sobre el sistema circadiano hepático de la trucha arco iris. Los estudios preliminares apoyan esta hipótesis, dado que el tratamiento con un antagonista de los receptores de glucocorticoides (mifepristona) evita el incremento de la expresión de *rev-erb β* debido al estrés, si bien revelan que la expresión del receptor nuclear podría estar modulada directamente por el cortisol, a través de sus receptores (datos no mostrados). Esto implicaría al cortisol y al receptor nuclear como mediadores del efecto del estrés sobre el sistema circadiano hepático, actuando específicamente sobre *bmal1*.

Finalmente, estudios recientes apuntan a la familia de las sirtuinas como posible mediador del efecto del estrés (Asher *et al.*, 2008). Los miembros de esta familia son capaces de deacetilar histonas, así como de interactuar con reguladores transcripcionales, lo que les facilita su interacción con el sistema circadiano, bien a través de su dependencia del cofactor NAD⁺ (cuya síntesis se produce de forma rítmica), la cual condiciona la actividad de las sirtuinas, o bien mediante su acción directa sobre el bucle principal del oscilador celular, siendo necesaria la presencia de *Sirt1* para que se produzca la transcripción de *bmal1*, *per2* y *cry1* (Asher *et al.*, 2008). *Sirt1* se une a BMAL en el dímero CLOCK/BMAL (Nakahata *et al.*, 2008, 2009) y también a *per2*, inactivándolos mediante su deacetilación (Asher *et al.*, 2008). A nivel periférico, se ha descrito este mismo efecto en el hígado, donde *Sirt1* afecta a los genes reloj del tejido hepático (Nogueiras *et al.*, 2012). Nuestros estudios previos revelan el aumento de la expresión de *sirt1* hepática en las truchas estradas (Hernández-Pérez, 2016), lo que concuerda con el papel mediador de *Sirt1* durante la respuesta al estrés en esta especie. Futuros diseños experimentales permitirán confirmar dicha idea.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el estudio permiten elaborar las siguientes conclusiones:

- El estrés crónico inducido en la trucha arco iris por la elevada densidad de peces en los tanques conlleva una serie de cambios a nivel hepático. En esta situación potencialmente adversa, el sistema circadiano presente en dicho tejido se encuentra negativamente afectado, lo que implica el desajuste de la fisiología rítmica diaria del órgano.
- Entre los posibles mediadores intracelulares solo ha sido evaluado *rev-erb β* el cual muestra cambios consistentes con la hipótesis de su mediación en el efecto del estrés sobre la fisiología rítmica hepática. Este miembro del bucle accesorio autorregulado que se acopla al sistema circadiano, bien mediante su acción directa o a través de su interacción con otros posibles mediadores (cortisol y *sirt1*), podría modular la expresión de *bmal1*, lo que causaría el desajuste del oscilador hepático en la trucha arco iris.

BIBLIOGRAFÍA

- Aluru, N., Vijayan, M.M. (2009). Aryl hydrocarbon receptor activation impairs cortisol response to stress in rainbow trout by disrupting the rate-limiting steps in steroidogenesis. *Endocrinology*. 147: 1895-1903.
- Aschoff, J. (1981). A survey of biological rhythms. *Handbook of behavioral neurobiology*. Aschoff, J (Ed.) Plenum Press, New York, pp. 3-10
- Asher, G., Gatfield, D., Stratmann, M., Reinke, H., Dibner, C., Kreppel, F., Mostoslavsky, R., Alt, F.W., Schibler, U. (2008). SIRT1 regulates circadian clock gene expression through PER2 deacetylation. *Cell*. 134: 317-328.
- Azpeleta, C., Sánchez-Bretaño, A., Isorna, E., Nisembaum, L.G., Velarde, E., De Pedro, N., Alonso-Gómez, A.L., Delgado, M.J. (2012). Understanding the circadian system as a net of clocks: daily expression of clock genes in the hypothalamus-pituitary-interrenal axis in *Carassius auratus*. En: Delgado, M.J., Alonso-Gómez, A.L., De Pedro, N., Isorna, E. (Eds.). *Avances en endocrinología comparada*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, pp. 37-40.
- Betancor, M.B., McStay, E., Mineghetti, M., Migaud, H., Tocher, D.R., Davie, A. (2014). Daily rhythms in expression of genes of hepatic lipid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *PLoS One*. 9: e106739.
- Burris, T.P. (2008). Nuclear hormone receptors for heme: REV-ERB α and REV-ERB β are ligand-regulated components of the mammalian clock. *Mol. Endocrinol.* 22 (7): 1509-1520.
- Cardinali, D.P., Golombek, D.A. (1993) Melatonin accelerates reentrainment after phase advance of the light-dark cycle in syrian hamsters: Antagonism by flumazenil. *Chronobiol. Int.* 10:435-441.
- Chawla, A., Repa, J.J, Evans, R.M., Mangelsdorf, D.J. (2001). Nuclear receptors and lipid physiology: opening the X-files. *Science*. 294 (5548): 1866-1870.
- Cho, H., Zhao, X., Hatori, M., Yu, T.T., Barish, G.D., Lam, M.T., Chong, L., DiTacchio, L., Atkins, A.R., Glass, C.K., Liddle, C., Auwerx, J., Downes, M., Satchidananda Panda, S., Evans, R.M., (2012). Regulation of circadian behavior and metabolism by rev-erba and rev-erb β . *Nature*. 485: 123-127.
- Conte, F.S. (2004) Stress and the welfare of cultured fish. *Appl. An. Behav. Sci.* 86: 205-223.
- Davidson, A. J., Castañón-Cervantes, O., Stephan, F.K. (2004). Daily oscillations in liver function: diurnal vs circadian rhythmicity. *Liver Int.* 24: 179-186.
- Duez, H., Staels, B. (2009). Rev-erba: an integrator of circadian rhythms and metabolism. *J. Appl. Physiol.* 107 (6): 1972-1980.
- Flik, G., Klaren, P., Van den Burg, E., Metz, J., Huising, M. (2006). CRF and stress in fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* 146: 36-44.
- Gesto, M., López-Patiño, M., Hernandez, J., Soengas, J., Míguez, J. (2013). The response of brain serotonergic and dopaminergic systems to an acute stressor in rainbow trout: a time course study. *J. Exp. Biol.* 216: 4435-4442.
- Giguère, V. (1999). Orphan nuclear receptors: from gene to function. *Endocr. Rev.* 20: 689-725.
- Hernández-Pérez, J., Míguez, J.M., Librán-Pérez, M., Otero-Rodiño, C., Nahderi, F., Soengas, J.L., López-Patiño, M.A. (2015). Daily rhythms in activity and mRNA abundance of enzymes involved in glucose and lipid metabolism in liver of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Influence of light and food availability
Chronobiol. Int. 32: 1391-1408.
- Hernández-Pérez, J. (2016) Sistema circadiano y metabolismo hepático en la trucha arco iris. Influencia del estrés. Tesis doctoral. Universidad de Vigo.
- Iwama, G.K., Afonso, L.O.B., Vijayan, M.M. (2006) Stress in fishes. En: *Physiology of fishes*. Evans, D.H., Claiborne, J.B. Taylor and Francis, USA. pp. 319-342.
- Jewell, C.M., Webster, J.C., Burnstein, K.L., Sar, M., Bodwell, J.E., Cidlowski, J.A. (1995) Immunocytochemical analysis of hormone mediated nuclear translocation of wild type and mutant glucocorticoid receptors. *J. Steroid. Biochem. Mol. Biol.* 55: 135-46.

- Kondratov, R.V. (2007). A role of the circadian system and circadian proteins in aging. *Ageing Res. Rev.* 6: 12-27.
- Li, S., Lin, J.D. (2015). Transcriptional control of circadian metabolic rhythms in the liver. *Diabetes Obes. Metab.* 17: 33-38.
- López Patiño, M.A., Rodríguez-Illamola, A., Conde-Sieira, M., Soengas, J.L., Míguez, J.M. (2011). Daily rhythmic expression patterns of clock1a, bmal1, and per1 genes in retina and hypothalamus of the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Chronobiol. International.* 28(5): 381-389.
- Mohawk, J. (2005). Inhibiting cortisol response accelerates recovery from a photic phase shift. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 288: R221-R228.
- Montoya, A., López-Olmeda, J., Garayzar, A., Sánchez-Vázquez, F. (2010). Synchronization of daily rhythms of locomotor activity and plasma glucose, cortisol and thyroid hormones to feeding in Gilthead seabream (*Sparus aurata*) under a light-dark cycle. *Physiology & Behavior.* 101: 101-107.
- Nakahata, Y., Kaluzova, M., Grimaldi, B., Sahar, S., Hirayama, J., Chen, D., Guarente, L.P., Sassone-Corsi, P. (2008) The NAD⁺-dependent deacetylase SIRT1 modulates CLOCK-mediated chromatin remodeling and circadian control. *Cell.* 134: 329-340.
- Nakahata, Y., Sahar, S., Astarita, G., Kaluzova, M., Sassone-Corsi, P. (2009) Circadian control of the NAD⁺ salvage pathway by CLOCK-SIRT1. *Science.* 324: 654-657.
- Nogueiras, R., Habegger, K.M., Chaudhary, N., Finan, B., Banks, A.S., Dietrich, M.O., Horvath, T.L., Sinclair, D.A., Pfluger, P.T., Tschöp, M.H. (2012) Sirtuin 1 and sirtuin 3: physiological modulators of metabolism. *Physiol Rev.* 92: 1479-1514.
- Panda, S., Antoch, M.P., Miller, B.H., Su, A.I., Schook, A.B., Straume, M., Schultz, P.G., Kay, S.A., Takahashi, J.S., Hogenesh, J.B. (2002). Coordinated transcription of key pathway in the mouse by the circadian clock. *Cell.* 109: 307-320.
- Pottinger, T.G. (2008). The stress response in fish – Mechanisms, effects and measurements. En: Branson E.J. (Ed.). *Fish Welfare*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, pp. 32-48.
- Pratt, W.B. (1993). The role of heat shock proteins in regulating the function, folding, and trafficking of the glucocorticoid receptor. *J. Biol. Chem.* 268: 21455-21458.
- Refinetti, R. (2006). *Circadian Physiology*. Taylor and Francis (Eds.). CRC. Press, Inc. Boca Ratón, Florida.
- Sánchez-Bretaña, A., Callejo, M., Montero, M., Alonso-Gómez, Á., Delgado, M., Isorna, E. (2015). Performing a hepatic timing signal: glucocorticoids induce gper1a and gper1b expression and repress gclock1a and gbmal1a in the liver of goldfish. *J. Comp. Physiol. B*, 186: 73-82.
- Takahashi, K., Yamada, T., Tsukita, S., Kaneko, K., Shirai, Y., Munakata, Y., Ishigaki, Y., Imai, J., Uno, K., Hasegawa, Y., Sawada, S., Oka, Y., Katagiri, H. (2013) Chronic mild stress alters circadian expressions of molecular clock genes in the liver. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 304: E301-309.
- Wendelaar Bonga, S.E. (1997). The stress response in fish. *Physiol. Rev.* 77: 591-625.
- Wendelaar Bonga, S.E. (2011). Hormonal responses to stress. En Anthony, P.F. (Ed.) *Encyclopaedia of Fish Physiology*. Academic Press, San Diego, USA. Pp 1515-1523.
- Zhdanova, I.V., Reeb, S.G. (2006). Circadian rhythms in fish. En: Sloman, K.A., Wilson, R.W., Balshine, S. (Eds.). *Behaviour and physiology of fish*. Amsterdam: Elsevier Academic Press. Pp 197-228.

POLINIZACIÓN EN LEPIDÓPTEROS NOCTURNOS

Estévez Caride, Paula
e- mail: pecaride@outlook.es

Alumna Grado en Biología
Trabajo no tutorizado:
Facultad de Biología
Universidad de Vigo.

Resumen

En el siguiente trabajo, se expone de forma generalista el origen, la relevancia y los mecanismos y riesgos que conlleva la polinización realizada por las polillas, ya que la polinización es uno de los servicios más importantes dentro de los ecosistemas y el mejor ejemplo que puede observarse de mutualismos entre plantas y animales. En el marco actual conocer hasta qué punto intervienen los lepidópteros nocturnos en este servicio y cómo protegerlos, es una cuestión crucial para la salud de los propios ecosistemas y de los cultivos agrícolas.

INTRODUCCIÓN

La evolución del linaje de los insectos y su radiación, ha estado directamente ligada a su relación con otros grupos de organismos, así como a los procesos de extinción que potenciaron estas relaciones (Labeeira e Eble, 2000). Entre los organismos con los que han forjado una íntima relación a lo largo del tiempo son especialmente destacables las angiospermas, con las que aún hoy se encuentran ligados mediante relaciones mutualistas, parasitarias o de herbivorismo.

Dentro de los mutualismos establecidos a partir de la coevolución de ambos grupos, la polinización de las flores es una de las interacciones más destacables del reino animal. Las plantas proveen a sus polinizadores de diversos recursos, como néctar, polen, y/o fragancias a cambio del transporte de los granos de polen de los estambres a los estigmas (Kevan e Baker, 1983; Kevan, 1999; Hahn e Brühl, 2016). Tanta es su relevancia, que aproximadamente el 85% de las angiospermas son dependientes de ella y es llevada a cabo principalmente por acción de los insectos (Potts *et al.*, 2010; Hahn e Brühl 2016). Esta relación ya se ha establecido en el cretácico temprano, donde los registros fósiles de angiospermas presentan síndromes entomófilos (Grimaldi, 1999; Friis *et al.*, 2005). Y además, es la etapa donde se produce la radiación y expansión de muchos insectos antófilos (Fig. 1), como abejas, avispa, moscas, y específicamente, la de los lepidópteros (Labeeira, 1994; Grimaldi, 1999; Labeeira e Eble, 2000).

Orden Lepidoptera: polillas

La polinización es, por tanto, una interacción crucial entre gran cantidad de grupos de insectos y angiospermas, siendo los lepidópteros, uno con gran abundancia de especies antófilas (Travers *et al.*, 2011; Hahn e Brühl, 2016), además de ser pilares fundamentales de gran cantidad de redes tróficas e importantes herbívoros.

Dentro del orden Lepidoptera existen unas 165000 especies de polillas y mariposas (Kristensen e Skalski, 1999; Kristensen *et al.*, 2007; Regier *et al.*, 2009), de las cuales, una enorme cantidad utilizan el néctar proporcionado por las flores para su supervivencia (imago).

A pesar de la gran diversidad de especies y su relevancia ecosistémica, la filogenia de este orden no está completamente afianzada. Gran parte de las divisiones actuales están fundadas en las

clasificaciones realizadas por Linneo, basadas en la morfología de las antenas, las alas, el aparato bucal, las características de las larvas o sus horas de actividad (Kriestensen *et al.*, 2007). En el caso de las polillas, la mayor parte (98% de las especies de lepidópteros) se encuentran agrupadas en las "Ditrysia", que abarca gran cantidad de clados y superfamilias (Regier *et al.*, 2009).

Otro de los problemas que presentan los estudios sobre lepidópteros nocturnos, es su poca frecuencia y la focalización de los mismos en unas pocas familias. Esto conlleva la existencia de pocos estudios en los grupos más diversos como el de las micropolillas (y por tanto la infravaloración de su importancia). Respecto a otros menos diversos, como los esfíngidos se pueden encontrar más trabajos (Okamoto *et al.*, 2008; Atwater, 2013; Hahn e Brühl, 2016). Es por tanto necesario que el esfuerzo investigador se expa a más grupos, para poder conocer su relevancia en los ecosistemas y los servicios polínicos que ofrecen.

Entre las especies de Europa y Norte América, las familias de polillas que más interacciones establecen con plantas, según Hahn y Brühl (2016), son Sphingidae y Noctuidae. Por otro lado, las plantas que más interacciones presentan con ellas son miembros de las familias Orchidaceae y Caryophyllaceae (Figura 1).

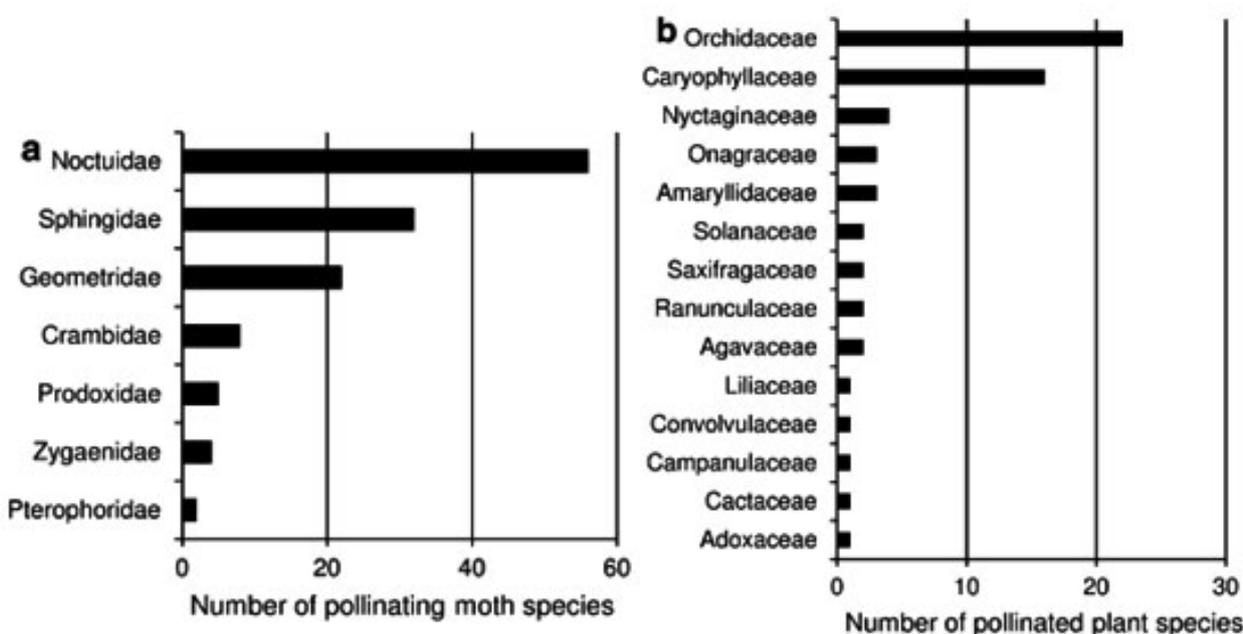


Figura 1: a) especies polinizadoras de polillas por familia. b) especies vegetales polinizadas por polillas distribuidas en familias (fig. Modificada de Figura modificada de Hahn e Brühl, 2016)

SERVICIOS POLÍNICOS Y COEVOLUCIÓN

Dentro de los insectos polinizadores, existen otros grupos diferentes a las abejas. Rader *et al.*, (2015) confirman que la actividad de estos polinizadores, entre los que se incluyen las polillas, es igual de importante a ellas, ya que a pesar de depositar menos polen por visita o conllevar una menor formación de fruto, su elevado número de visitas a lo largo del día compensa estas carencias.

Además de aportar otros beneficios, como rangos de actividad más diversos (McCall e Primack, 1992; Rader *et al.*, 2015), o su actividad en distintas condiciones meteorológicas (Cutler *et al.*, 2012; Howlett, 2012; Rader *et al.*, 2013; Gupta, 2014; Rader *et al.*, 2015). Por otra parte también pueden transportar el polen a mayores distancias (Rader *et al.*, 2011), o incluso transferirlo más eficazmente (Jauker e Wolters, 2008; Rader *et al.*, 2009; Howlett, 2012).

En el caso de las polillas los períodos de actividad que abarcan todo el día en las especies diurnas y períodos crepusculares y/o nocturnos en las nocturnas, así como su capacidad para volar grandes distancias transportando polen las hace unos polinizadores destacables (Travers *et al.*, 2011; Hahn e

Brühl, 2016). En Europa y Norteamérica son especialmente relevantes en la polinización de especies salvajes, y por tanto en la estabilidad de los ecosistemas y su biodiversidad (Ricketts *et al.*, 2008; Power, 2010; Hahn e Brühl, 2016).

Además del servicio que realizan como polinizadores, las polillas pueden ser un factor condicionante de la evolución y selección de características florales de las plantas que polinizan. Gómez *et al.*, (2015), realizaron un estudio sobre la variación e integridad de la forma de la corola en Brassicaceae, una familia con un arquetipo floral muy uniforme. Comprobaron que esta característica es muy lábil evolutivamente y sufrió cambios recientes en su historia evolutiva, dirigidos especialmente por los polinizadores. Destaca que en los taxones polinizados predominantemente por polillas, existe una variación en la forma de la corola, siendo posible comprobar como los polinizadores son capaces de reconducir las características de algunas plantas a lo largo de su historia evolutiva, o afectar a su robustez.

En ciertos tipos de ecosistemas, pueden ser clave para la diversidad genética de las poblaciones vegetales. Por ejemplo, en ecosistemas tropicales de bosques lluviosos, los esfingidos son importantes conectores de pequeñas y aisladas poblaciones de plantas especializadas en ellos, lo que permite la existencia de flujo genético entre ellas (Amorim *et al.*, 2014). Por lo que la salud de los esfingidos es importante para la protección y supervivencia de plantas endémicas con estas características.

PREFERENCIAS FLORALES

El hecho de que los polinizadores presenten distintas preferencias por características florales, permite que muchas veces las plantas exploten este comportamiento para atraer a polinizadores específicos y evitar las visitas repetidas a la misma flor, evitando la autogamia (Nuttman e Willmer, 2003; Pereira *et al.*, 2011; Yan *et al.*, 2016), o mejorando la eficacia polinizadora (Larson e Barrett. 1999; Niesenbaum *et al.*, 1999; Yan *et al.*, 2016).

Este conjunto de características florales se conocen como síndrome floral y agrupa desde la morfología de la flor y el tipo de recompensa, a la fenología de la planta. Y pueden ser compartidas por diversas especies independientemente de su relación taxonómica (Fenster *et al.*, 2004; Wilmer, 2011; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2014).

En el caso de las polillas, parece que entre sus preferencias predominan las flores de color blanco o amarillo (Neumeyer, 1998; Kelber *et al.*, 2002), con olor dulzón emitido durante la noche y/o gran cantidad de néctar situado preferiblemente al final de corolas tubulares.

Yan *et al.* (2016), observaron en su estudio sobre la polinización en *Quisqualis indica* (Combretaceae), que las flores variaban de color, olor y cantidad de néctar disponible durante su floración, atrayendo a varios polinizadores a lo largo de ese ciclo (figura 2).



Figura 1: *Quisqualis indica* y esfingido visitándola en la noche (Yan *et al.*, 2016).

Al comienzo, la flor mantiene un color blanco, emite esencias dulces durante la noche y contiene gran cantidad de néctar, intentando atraer específicamente a las polillas. Mientras que en estadios más tardíos, reducen la cantidad de néctar y esencias producidas, cambia además el color, de blanco a rosa y, posteriormente, a rojo, atrayendo abejas y mariposas en vez de polillas. En este caso, la planta combina la polinización nocturna por polillas (más eficaz) con la diurna en las etapas más tardías de la floración. Este es un ejemplo de las diferentes preferencias de los polinizadores frente a los caracteres florales de las plantas, y como estas explotan las mismas para mejorar su polinización.

PERCEPCIÓN SENSORIAL DE LAS POLILLAS

Correlacionado con las preferencias florales y los hábitos nocturnos de muchas polillas, se suele presentar la siguiente pregunta: ¿cómo son capaces las polillas de localizar las flores en la noche?

Ya se ha comentado previamente que el olor y el color de las flores son un factor que parece intervenir en la atracción de las polillas, las hace localizables en la noche. Específicamente en esfingidos (Sphingidae) se ha observado, no solo la capacidad de detectar el olor en la noche, sino que varias especies las polillas demuestran una gran capacidad de discernir colores y olores en la oscuridad (Raguso e Willis, 2002; Kelber *et al.*, 2002; Balkenius *et al.*, 2006; Goyret *et al.*, 2008).

En este grupo, la mayoría presentan ojos compuestos de superposición (Figura 3), grandes y muy sensibles, que les permiten captar el color en condiciones lumínicas muy desfavorables (Kelber *et al.*, 2002). Presentan receptores para la luz en los rangos ultravioleta, azul y verde (Schwemer e Paulsen, 1973; Höglund *et al.*, 1973; Kelber *et al.*, 2003).

Comparado con las especies diurnas, que al igual que los humanos presentan visión tricromática con la que pueden discernir el color (Kelber e Hénique, 1999; Kelber *et al.*, 2002), algunas nocturnas estudiadas, en las que se esperaba que su orientación se basara en gamas acromáticas de colores, han demostrado su capacidad para ese mismo tipo de visión (Kelber *et al.*, 2002). Esto les permite localizar las flores en la noche y alimentarse, además de ser capaces de aprender a reconocer nuevos colores y distintas gamas acromáticas para explorar nuevas flores (Goyret *et al.*, 2008).

Al igual que con los colores, esta familia parece tener también gran capacidad para aprender y reconocer los olores de las flores. La recepción de olores por otro lado, podría ser mejorada mediante el batir de las alas, lo que ayuda a la penetración del olor en las antenas, tal y como se indica en Tripathy *et al.*, (2010).

A pesar de que la mayor parte de los estudios se centran en Sphingidae, podemos pensar que una gran cantidad de polillas localizan de forma similar sus fuentes de alimento, con mayor o menor precisión.

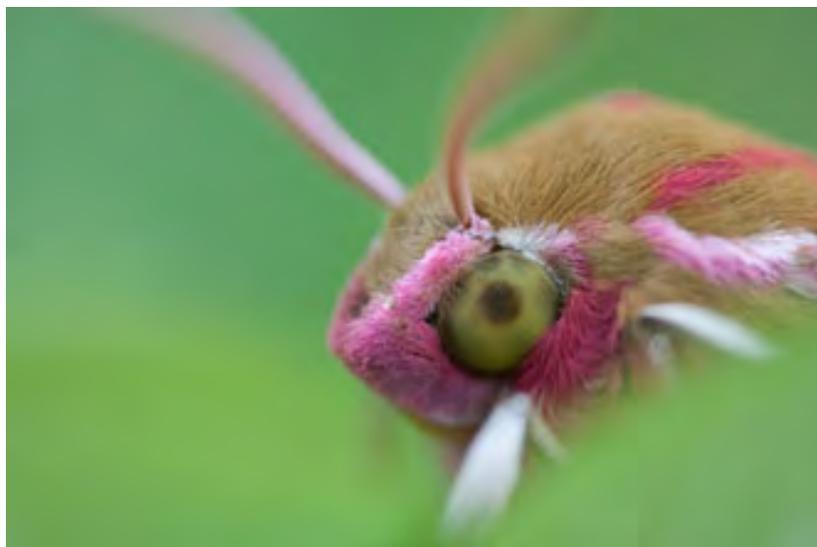


Figura 3: *Deilephila elpenor* (Max Brown in <http://www.fotosearch.com/photos-images/imago.html>)

RIESGOS PARA LAS POBLACIONES

Con el aumento de la presión antropogénica y el efecto del cambio climático, las polillas al igual que otros animales se enfrentan a diversos desafíos por su supervivencia.

Con el desarrollo urbano de las poblaciones humanas, cada vez existe mayor contaminación lumínica, la contaminación lumínica podría estar afectando a la supervivencia de las poblaciones de polillas (Cinzano *et al.*, 2001; Bruce-White e Shardlow, 2011; Macgregor *et al.*, 2015).

Según Hölker *et al.*, (2010) y Macgregor *et al.*, (2015) este tipo de contaminación afecta especialmente a las polillas debido a sus hábitos nocturnos y al empleo de la visión para diversas actividades, confirmadas por otros investigadores. Destacan los siguientes problemas: el riesgo de predación al ser atraídas por la luz y no disponer de un lugar de descanso apropiado donde su camuflaje las proteja (Frank, 2006); la posible disrupción de la fecundación distrayendo a los machos de la captación de feromonas femeninas (Delisle *et al.*, 1998), o incluso su efecto esterilizador (Riordan, 1964; Eisenbeis, 2006). También existe la posibilidad de alteración de la sensibilidad de los ojos compuestos debido a la intensidad de la luz (Frank 2006); y por último, podría afectar al inicio del vuelo nocturno y alterar el comportamiento de las comunidades cercanas a los focos de luz.

Además de estos problemas específicos de las poblaciones urbanas, existen otros riesgos a nivel global. Por un lado, el cambio climático puede tener efectos importantes sobre las comunidades de polillas y otros polinizadores, ya que el aumento de las temperaturas está provocando el avance (o el retraso) en la floración de diversas especies y los períodos de vuelo de los insectos. Esto puede llegar a provocar un desajuste entre los dos grupos, afectando a la polinización y a la disponibilidad de alimento para los insectos (Memmott *et al.*, 2007). Además, las fases larvarias y fases migratorias también podrían verse afectadas por este cambio, aunque están poco estudiados (Willmer, 2012).

La reducción de la diversidad puede influir en los polinizadores ante la menor variedad de plantas de las que alimentarse, algo especialmente peligroso para polinizadores especialistas (Memmott *et al.*, 2007), ya esté provocada por la fragmentación de los hábitats, la pérdida de polinizadores, o por el clima, veranos más secos (Aldridge *et al.*, 2011; Willmer, 2012) y heladas en primavera (Inouye, 2008; Willmer, 2012). De hecho, la intensificación de la agricultura y la consecuente deterioración de los hábitats naturales y seminaturales, es uno de los principales motivos de los descensos de polillas en Gran Bretaña (Fox, 2012; Hahn e Brühl, 2015), y probablemente en el resto de Europa.

Es frecuente además, que en los campos de cultivo se empleen agroquímicos, como pesticidas e insecticidas, que afectan también a los hábitats típicos de desarrollo de las orugas. Hahn y Brühl (2015), comprobaron que con pequeñas dosis de estos productos las polillas se veían afectadas, ya que morían larvas e irrumpían en la ovoposición debido a los repelentes que contienen.

Todo esto puede provocar el descenso de las poblaciones, además de afectar al resto de relaciones con otros organismos, desde la polinización de plantas a la disponibilidad de alimento para sus predadores.

CONCLUSIONES

Los servicios polínicos que aportan el grupo de las polillas a los ecosistemas y a los cultivos son de gran importancia, además de complementar la actividad de otros grupos de polinizadores. Su estrecha relación con algunas plantas las hace factores clave para su conservación y supervivencia.

Entre los distintos disruptores que hacen peligrar la estabilidad de las poblaciones de estos polinizadores figuran el cambio climático, la fragmentación de hábitats, la intensificación de la agricultura y el uso de insecticidas, como los más relevantes.

Por ello, es necesario conocer con claridad el papel que cumplen estas especies en los ecosistemas, su fragilidad ante los cambios globales que se producen actualmente, y establecer distintas medidas que permitan su protección, desde una industria agrícola más sostenible con el medio ambiente a la protección de los hábitats más importantes para ellas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Rodríguez, P.; Krömer, T.; Gracia-Franco, J.; MacSwiney, M. (2014). From dusk till dawn: nocturnal e diurnal pollination in the epiphyte *Tillisia heterophylla* (Bromeliaceae). *Plant Biology* 18: 37–45.
- Aldridge, G.; Inouye, W.; Forrest, J.; Barr, W.; Miller-Rushing, A. (2011). Emergence of a mid-season period of low floral resources in a montane meadow ecosystem associated with climate change. *J. Ecol.* 99: 905–913.
- Amorim, F.; Wyatt, G.; Sazima, M. (2014). Low abundance of long-tongued pollinators leads to pollen limitation in four specialized hawkmoth-pollinated plants in the Atlantic Rain forest, Brazil. *Naturwissenschaften* 101: 893-905
- Atwater, M. (2013). Diversity e nectar hosts of flower-settling moths within a Florida shill ecosystem. *J. Nat. Hist.* 47: 2719–2734
- Balkenius, A.; Rosén, W.; Kelber, A. (2006). The relative importance of olfaction e vision in a diurnal e a nocturnal hawkmoth. *J. Comp. Physiol. A.* 192: 431-437
- Bruce-White, C. e Shardlow, M. (2011). A Review of the Impact of Artificial Light on Invertebrates. Buglife, U.K.
- Cinzano, P.; Falchi, F.; Elvidge, C. (2001). The first World Atlas of the artificial night sky brightness. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 328: 689–707.
- Cutler, G.; Reeh, K.; Sproule, J.; Ramanaidu, K. (2012). Berry unexpected: Nocturnal pollination of lowbush blueberry. *Can J Plant Sci.* 92(4): 707–711.
- Delisle, J.; West, R.; Bowers, W. (1998). The relative performance of pheromone e light traps in monitoring the seasonal activity of both sexes of the eastern hemlock looper, *Lambdina fiscellaria fiscellaria*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 89: 87-98.
- Eisenbeis, G. (2006). Artificial night lighting e insects: attraction of insects to streetlamps in a rural setting in Germany In: Rich, C.; T. Longcore (eds.). *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Isle Press, Washington, District of Columbia. pp. 281-304
- Fenster, C., Armbruster, W., Wilson, P., Dudash, M., e Thomson, J. (2004). Pollination syndromes e floral specialization. *Annual Review of Ecology & Systematics*, 35: 375–403.
- Fox, R. (2012). The decline of moths in Great Britain: a review of possible causes. *Insect. Conserv. Divers.* 6: 5–19.
- Frank, K. (2006). Effects of artificial night lighting on moths In Rich, C., e T. Longcore (eds.). *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Isle Press, Washington, District of Columbia. pp. 305-344
- Friis, E.; Pedersen, K.; Crane, P. (2005). Cretaceous angiosperm flowers: Innovation e evolution in plant reproduction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 232 (2-4): 251-293.
- Gómez, J.M.; Torices, R.; Lorite, J.; Klingenberg, C.; Perfectti, F. (2016). The role of pollinators in the evolution of corolla shape variation, disparity e integration in a highly diversified plant family with a conserved floral bauplan. *Annals Botany* 117: 889-904.
- Goyret, J.; Pfaff, M.; Raguso, R.; Kelber, A. (2001). Why do *Meuca sexta* feed from white flowers? Innate e learnt colour preferences in a hawkmoth. *Naturwissenschaften* 95: 569-576
- Grimaldi, D. (1999). The co-radiations of pollinating insects e angiosperms in the cretaceous. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 86: 373-406.
- Gupta, J. (2014). Wild Pollinators e Pesticides on Apples. In Himachal Pradesh, India: Community Learning e Innovation. Pollinator Safety in Agriculture. United Nations Food e Agriculture Organization, Rome.
- Hahn, M.; Schotthöfer, A.; Schmitz, J.; Franke, L. E.; Brühl, C. (2015). The effects of agrochemicals on Lepidoptera, with a focus on moths, e their pollination service in field margin habitats. *Agriculture, Ecosystems e Environment* 207: 153-162
- Hahn, M.; Brühl, C. (2016). The secret pollinators: an overview of moth pollination with a focus on Europe e North America. *Arthropod-Plant Interactions* 10: 21-28.
- Höglund, G.; Hamdorf, K.; Rosner, G. (1973). Trichromatic visual system in an insect e its sensitivity control by blue light. *J. Comp. Physiol.* 86: 265-279.

- Hölker, F.; Moss, T.; Griefahn, B.; Kloas, W.; Voigt, C.C.; Henckel, D.; Hänel, A.; Kappeler, P.; Völker, S.; Schwoppe, A.; Franke, S.; Uhrlet, D.; Fischer, J.; Klenke, R.; Wolter, C.; Tockner, K. (2010). The dark side of light: a transdisciplinary research agenda for light pollution policy. *Ecology e Society* 15: 13.
- Howlett, B. (2012). Hybrid carrot seed crop pollination by the fly *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae). *J. Appl. Entomol.* 136 (6): 421–430.
- Inouye, D. (2008). Effects of climate change on phenology, frost damage, e floral abundance of montane wildflowers. *Ecology.* 89: 353–362.
- Jauker, F.; Wolters, V. (2008). Hover flies are efficient pollinators of oilseed rape. *Oecologia*, 156 (4): 819–823.
- Kelber, A.; Hénique, U. (1999). Trichromatic colour vision in the hummingbird hawkmoth, *Macroglossum stellatarum*. *J. Comp. Physiol. A.* 184, 535–541
- Kelber, A.; Balkenius, A.; Warrant, E. (2002). Scotopic colour vision in nocturnal hawkmoths. *Nature*, 419
- Kelber, A.; Balkenius, A.; Warrant, E. (2003). Colour Vision in Diurnal e Nocturnal Hawkmoths. *Integr. Comp. boil.* 43: 571-579
- Kevan, P.; Baker, H. (1983) Insects as flower visitors e pollinators. *Annu. Rev. Entomol.*, 28: 407–453
- Kevan, P (1999). Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity e diversity. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74: 373–393
- Kristensen, N.; Skalski, A.(1999). Phylogeny e palaeontology In Niethammer (ed.) *Handbook of Zoology, a Natural History of the Phyla of the Animal Kingdom, IV, Arthropoda: Insecta, Part 35, Lepidoptera, Moths e Butterflies, 1: Evolution, Systematics, e Biogeography.* WdeG (Alemania).
- Kristensen, N.; Scoble, M.; Karsholt, O. (2007). Lepidoptera phylogeny e systematics: the state of inventorying moth e butterfly diversity. *Zootaxa*, 1668: 699-747.
- Labeeira, C.C. 1994. A compendium of fossil insect families. *Milwaukee Public Museum Contributions in Biology e Geology* 88: 1-71.
- Labeeira, C.; Eble, G. (2000). The fossil record of insect diversity e disparity. *SFI Working Paper*: 00-08-044
- Larson, B.; Barrett, S.. (1999). The pollination ecology of buzz-pollinated *Rhexia virginica* (Melastomataceae). *Am. J. Bot.* 86: 502–511.
- McCall, C.; Primack, R.B. (1992) Influence of flower characteristics, weather, time of day e season on insect visitation rates in three plant communities. *Am. J. Bot.* 79: 434–442.
- Macgregor, C.; Pocock, M.; Fox, R.; Evans, D. (2015). Pollination by nocturnal Lepidoptera, e the effects of light pollution: a review. *Ecological Entomology* 40: 187-198
- Memmott, J.; Craze, P.; Waser, N.; Price, M. (2007). Global warming e the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecology Letters* 10: 710-717
- Neumeyer, C. (1998). *Perceptual Constancy: Why Things Look as They Do.* Cambridge Univ. Press 323–351
- Niesenbaum, R.; Patselas, M.; Weiner, S. (1999). Does flower color change in *Aster vimineus* cue pollinators?. *Am. Midle Nat.* 141: 59–68
- Nuttman, C.; Willmer, P. (2003). How does insect visitation trigger floral colour change?. *Ecol. Entomol.* 28: 467–474
- Okamoto, T.; Kawakita, A.; Kato, M. (2008). Floral adaptations to nocturnal moth pollination in *Diplomorpha* (Thymelaeaceae). *Plant Spec. Biol.* 23:192–201
- Pereira, A.; da Silva, J.; Goldenberg, R.; Melo, G.; Varassin, I. (2011). Flower color change accelerated by bee pollination in *Tibouchina* (Melastomataceae). *Flora*, 206. 491–497
- Potts, S.; Biesmeijer, J.C.; Kremen, C.; Neumann, P.; Schweiger, O.; Kunin, W.E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts an drivers. *Trends in Ecology e Evolutio*, 25 (6): 345-353
- Power, A. (2010). Ecosystem services e agriculture: tradeoffs e synergies. *Philos Trans R. Soc. B. Biol. Sci.* 365: 2959-2971

- Rader, R.; Howlett, B.; Cuningham, S. (2009). Alternative pollinator taxa are equally efficient but not as effective as the honeybee in a mass flowering crop. *J. Appl. Ecol.* 46(5): 1080–1087.
- Rader, R.; Edwards, W.; Westcott, D.; Cunningham, S.; Howlett, B. (2011). Pollen transport differs among bees e flies in a human-modified landscape. *Divers. Distrib.* 17(3): 519–529.
- Rader, R.; Edwards, W.; Westcott, D.; Cunningham, S.; Howlett, B. (2013). Diurnal effectiveness of pollination by bees e flies in agricultural Brassica rapa: Implications for ecosystem resilience. *Basic Appl. Ecol.* 14(1): 20–27.
- Rader, R.; Bartomeus, I.; Garibaldi, L.; Garrant, M.; Howlett, B. (2015). Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *PNAS* 113 (1): 146-151
- Raguso, R. e Willis, M. (2002). Synergy between visual e olfactory cues in nectar feeding by naïve hawkmoths, *Meuca sexta*. *Animal behaviour* 64: 684-695.
- Regier, J. Zwick, A.; Cummings, M.; Kawahara, A.; Cho S. (2009). Toward reconstructing the evolution of advanced moths e butterflies (Lepidoptera: Ditrysia): an initial molecular study. *BMC Evolutionary Biology* 9: 280
- Ricketts, T.; Regetz, J., Steffan-Dewenter, I.; Cunningham S. (2008). Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecol. Lett.* 11: 499- 515.
- Riordan, D. (1964). High-intensity flash discharge as a source of radiant energy for sterilizing insects. *Nature*, 204: 1332.
- Schwemer, J. e R. Paulsen. (1973). Three visual pigments in *Deilephila elpenor* (Lepidoptera, Sphingidae). *J. Comp. Physiol.* 86: 215–229.
- Travers, S.; Fauske, G.; Fox, K.; Ross, A.; Harris, M. (2011). The hidden benefits of pollinator diversity for the rangelands of the Great Plains: western prairie fringed orchids as a case study. *Rangelands* 33: 20–26
- Tripathy, S.; Peters, O.; Staudacher, E.; Kalwar, F.; Hatfield, M.; Daly, K. (2010). Odors pulsed at wing beat frequencies are tracked by primary olfactory networks e enhance odor detection. *Frontiers in cellular neuroscience* 4: article 1.
- Willmer, P. (2012). Ecology: Pollinator-Plant Synchrony Tested by Climate Change. *Current Biology* 22 (4): R132.
- Willmer, P. (2011). *Pollination e floral ecology*. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA, 778 pp.
- Yan, J.; Wang, G.; Sui, Y.; Wang, M.; Zhang, L. (2016). Pollinator responses to floral colour change, nectar, e scent promote reproductive fitness in *Quisqualis indica* (Combretaceae). *Scientific Reports* 6: 24408.

CUANTIFICACIÓN DE LA LONGITUD Y VOLUMEN DE LA RED VASCULAR A PARTIR DE SECCIONES

García Oliveira, P.

e- mail: paulagarciao@alumnos.uvigo.es

Trabajo Fin de Grado en Biología

Tutor:

- Manuel Megías Pacheco

Departamento de Biología

Funcional y Ciencias de la Salud

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

En el presente trabajo de investigación se cuantificó el volumen y la longitud totales de la red capilar de bulbos olfativos humanos mediante el método estereológico de las secciones IUR (Isotropic Uniform Random) y el uso de la lectina UEA para poner de manifiesto el endotelio capilar. Este método permite obtener datos cuantitativos, insesgados y precisos de manera sencilla y eficiente de estructuras biológicas tridimensionales.

INTRODUCCIÓN

Un gran problema de la biología es la cuantificación de ciertos parámetros de forma precisa e insesgada como, por ejemplo, el número total de células, el volumen, la superficie o la longitud total de una estructura (Mouton, 2011). Algunas técnicas como las imágenes por resonancia magnética (MRI) permiten calcular el volumen de estructuras biológicas *in vivo*, pero no su superficie o longitud. Además, en estructuras pequeñas, los resultados no siempre son precisos, ni tampoco sirven para cuantificar estas variables en tejido *post mortem*.

La estereología es una metodología cuantitativa que permite obtener información tridimensional de un objeto de estudio a partir de secciones paralelas y equidistantes. Esta técnica es insesgada puesto que se basa en el muestreo sistemático y aleatorio, sin hacer asunciones previas. Es muy eficiente porque permite obtener información de un órgano completo sin analizar todos sus cortes, ya que todas las secciones de un objeto tienen la misma probabilidad de ser analizadas (Howard & Reed, 2005; Mouton, 2011). Utiliza plantillas con características geométricas conocidas para estimar parámetros como el área, volumen, longitud y superficie. La estimación se realiza a partir del número de intersecciones al azar entre la plantilla y el objeto de estudio (Mouton, 2011).

La estereología se ha usado en medicina para el cálculo de volúmenes de distintos órganos como los pulmones (Wiebe & Laursen, 1998), o distintas estructuras neurológicas, como la amígdala basolateral (Rubinow *et al.*, 2016) o el bulbo olfativo (Bhatnagar *et al.*, 1987). También se ha utilizado para estimar el número de células de áreas nerviosas (Bhatnagar *et al.*, 1987) o la longitud de la red capilar de diversos órganos (Wiebe & Laursen, 1998; Kreezmanski *et al.*, 2005).

El objetivo de este trabajo de investigación es adaptar la técnica estereológica denominada Isector para obtener valores precisos e insesgados del volumen y la longitud de la red capilar de bulbos olfatorios humanos a partir de secciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la cuantificación del volumen de la red vascular se utilizó el método de Cavalieri y para la cuantificación de su longitud, la combinación entre el método de Cavalieri y la obtención de secciones IUR ("Isotropic Uniform Random") (Howard & Reed, 2005). El órgano escogido para poner a punto la

metodología fueron bulbos olfativos humanos de individuos control e individuos diagnosticados de Alzheimer.

1. Obtención de secciones IUR.

Para utilizar la técnica de las secciones IUR es necesario generar una orientación aleatoria de los bulbos olfativos escogidos (4 pertenecientes a individuos control y 4 pertenecientes a individuos diagnosticados de Alzheimer). Para ello, los bulbos se incluyeron en bloques de parafina con las dimensiones adecuadas para introducirlos en el interior de una esfera hueca de goma. A continuación, una vez sellada la abertura con cinta adhesiva, se hizo girar la esfera al azar sobre una superficie plana (Figura 1). Tras detener la esfera, se extrajo el bloque con mucha precaución, evitando variar su orientación espacial y se montó sobre un portamuestras.

Para comprobar que este método es apropiado para generar orientaciones aleatorias se hizo un estudio estadístico. La superficie de la esfera se dividió en cuatro cuadrantes numerados del 1 al 4 y se hizo rodar sobre una superficie plana, con un bloque de parafina dentro. Se anotó el cuadrante que ocupaba el “polo norte” tras su detención. Este proceso se realizó 100 veces y a los resultados se les aplicó la prueba χ^2 de Pearson para testar la hipótesis de aleatoriedad.

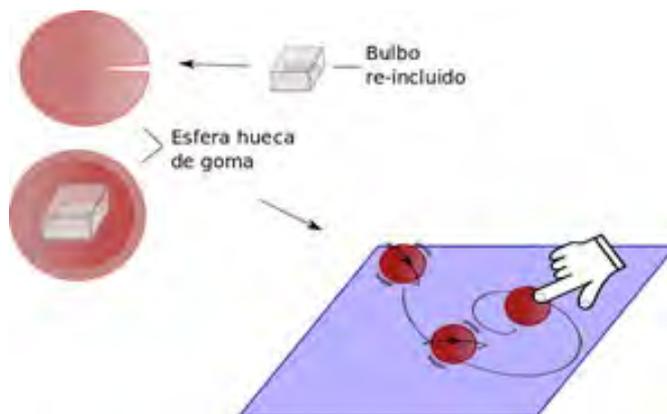


Figura 1: Método de la “esfera rodante”. Procedimiento para generar una orientación aleatoria del bloque de parafina.

Una vez montados todos los bloques, cada uno con su orientación aleatoria, se cortaron por completo en secciones de 8 μ m de grosor con un microtomo de parafina (Leyca, RM2235). Los cortes se montaron alternativamente en dos series (una con los cortes pares y otra con los impares).

2. Selección de cortes

Para aplicar el método estereológico han de escogerse unas 10 secciones de manera aleatoria y sistemática de la siguiente manera. Se contó el número total de cortes de cada bulbo y se dividió entre 10, obteniendo 10 intervalos fijos con el mismo número de cortes (T). Para seleccionar el primer corte de estudio, se generó un número al azar entre los cortes del primer intervalo utilizando la función “aleatorio” en Excel (<http://www.microsoftstore.com/>). A este número se le suma el intervalo fijo (T) para elegir el segundo corte y así sucesivamente hasta obtener los 10 cortes de estudio (Fig. 2)

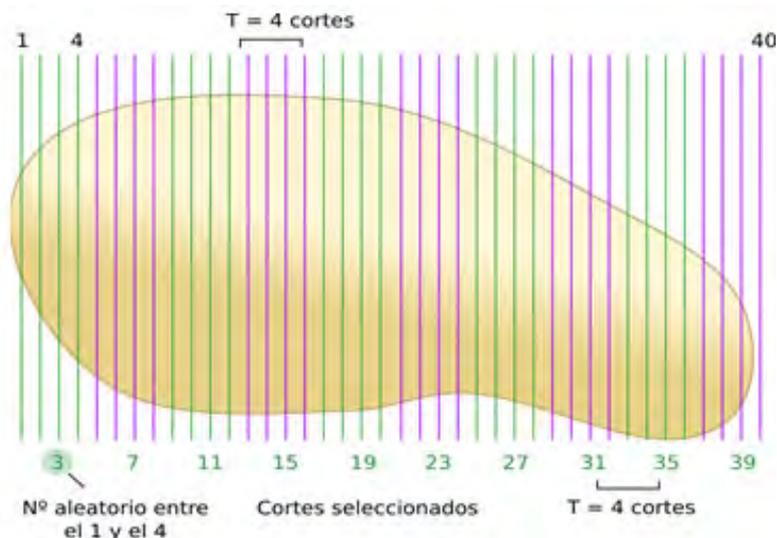


Figura 2: Esquema donde se muestran los intervalos (T) de un bulbo olfativo y la elección aleatoria del corte (3) del primer intervalo. Los números en verde de la parte inferior corresponden a los cortes seleccionados.

3. Marcaje de capilares con la lectina UEA

Los portaobjetos con los cortes seleccionados se procesaron para poner de manifiesto la red capilar con la lectina UEA (aglutinina de *Ulex europaeus*), que marca el endotelio de los capilares sanguíneos, además de las aferencias olfativas primarias.

Primeramente se eliminó la parafina de las secciones de los portaobjetos con xileno (2 x 10 min) y se hidrataron en una gradación decreciente de etanol 100° (2 x 10 min), 96°, 80° y agua (10 min cada uno). El tejido se sumergió 1 h en tampón fosfato salino 0.1 M pH 7.4 (PBS) con peróxido de hidrógeno (7:3), para eliminar la actividad peroxidasa endógena y evitar la aparición de falsos positivos. Los cortes se lavaron en PBS (2 x 5 min) y se bloquearon los sitios potenciales de unión inespecífica de la lectina UEA al tejido incubando los cortes 1h en una solución de bloqueo (albúmina de suero bovino al 1% diluida en PBS). Tras ello, se lavaron en PBS (2 x 5 min) y se mantuvieron toda la noche incubando con la lectina UEA conjugada con biotina (Vector Laboratories) a una concentración de 10 µg/mL en PBS.

La incubación se realizó mediante el método tipo sándwich. Se colocaron dos tiras de Parafilm (SIGMA) en los extremos del portaobjetos con los cortes y un portaobjetos limpio sobre las tiras, quedando una separación correspondiente al grosor de las tiras de Parafilm. A continuación, se añadieron 150 µL de la solución con la lectina a cada sándwich. Los sándwiches se incubaron durante toda la noche a temperatura ambiente en una cámara húmeda. Tras la incubación, los cortes se lavaron 3 veces durante 10 min en PBS y se incubaron con el complejo avidina-biotina peroxidasa (ABC; Vector Laboratories) a una concentración de 1/100 en PBS durante 1 h. Seguidamente se realizaron 2 lavados de 10 min en PBS para eliminar el complejo ABC no unido.

A continuación los cortes se sumergieron 10 minutos en tampón fosfato pH 7.8 y 0.1 M (PB) y se procedió al revelado. Para ello, los cortes se incubaron en una solución de 3-3' diaminobencidina (DAB; SIGMA) y 0.01% de peróxido de hidrógeno. La reacción se mantuvo hasta que se observó color marrón en los cortes. Una vez se consideró óptima, la reacción se detuvo con varios lavados de 5 min en PB.

Tras el revelado se realizó una tinción de contraste con hematoxilina de Mayer para poner de manifiesto los núcleos celulares. Los cortes se sumergieron en hematoxilina de Mayer durante 45 s y se diferenció el colorante incubando los cortes en agua corriente durante 15 min. Posteriormente se deshidrataron en una gradación creciente de etanol de 80°, 96° (5 min cada uno), 100° (2 x 5 min), se aclararon con xileno (2 x 5 min) y se montaron con el medio de montaje Coverquick 2000 (VWR; Chemicals).

4. Cuantificación por métodos estereológicos

Una vez procesadas y montadas las secciones, se emplearon los métodos estereológicos que se describen a continuación para calcular el volumen total del bulbo olfativo, el volumen de capilares y la densidad de longitud de capilares. Primeramente, cada una de las 10 secciones de cada bulbo, seleccionadas de manera aleatoria y sistemática, se fotografió con una cámara digital DP71 (Olympus) acoplada a un microscopio Olympus (Bx51), con el objetivo de 20X. Las imágenes se montaron en con el programa Inkscape (<https://inkscape.org/es>). En el mismo programa se diseñaron las plantillas para el cálculo de los parámetros anteriores, de forma que se contaron entre 10-20 intersecciones del tejido de cada corte con cada plantilla, tal y como recomienda Mouton (2011).

4.1. Cálculo del volumen bulbar

Para la cuantificación del volumen bulbar se aplicó el método de Cavalieri, que permite estimar el volumen de un objeto a partir de 10 cortes paralelos, separados un intervalo fijo (T) (Howard & Reed, 2005). Se calculó el área de cada corte mediante una plantilla de puntos superpuesta al azar, en la que cada punto llevaba asociada un área determinada (Figura 3).

Fórmula del método de Cavalieri: Volumen = $\sum P \times (a/p) \times T$

$\sum P$: número total de puntos de la plantilla que se superpone con cada una de las secciones; a/p: área asociada a cada punto; T: intervalo en µm entre los cortes.

4.2. Cálculo del volumen de la red capilar

El volumen total de la red capilar se calculó también mediante el método de Cavalieri, usando los 10 cortes previamente seleccionados. En este caso, el número de puntos totales es el número de puntos que se superpusieron con algún capilar, mientras que los que se superpusieron con cualquier otra parte del tejido no se consideraron.

Fórmula de Cavalieri para el volumen de capilares:

$$\text{Volumen} = \sum P \times (a/p) \times T$$

$\sum P$: número total de puntos superpuestos;

a/p : área asociada a cada punto; T : intervalo en μm entre los cortes.

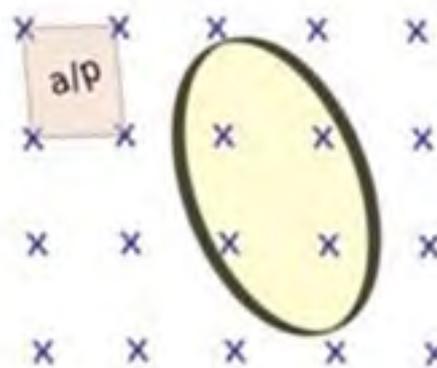


Figura 3 :Esquema del método de Cavalieri. a/p : área asociada a cada punto.

4.3 Cálculo de la densidad de longitud

La densidad de longitud de un objeto (L_v) es la longitud por unidad de volumen en un determinado espacio de referencia. Se calcula según la siguiente fórmula: $L_v = \text{Longitud objeto} / \text{Volumen del espacio de referencia}$ (Howard & Reed, 2005).

Para la cuantificación de la densidad de longitud se utilizó la técnica de la “línea prohibida”. La plantilla se diseñó con cuadrados, con dos lados verdes y dos rojos, de forma que se contaron aquellos capilares a los que se superpuso una línea verde o quedaron dentro del cuadrado de muestreo. Aquellos capilares a los que se superpuso una línea roja no se contaron (Figura 4). Al igual que en los casos anteriores, la plantilla se diseñó de forma que se contaran entre 10 y 20 capilares por corte.

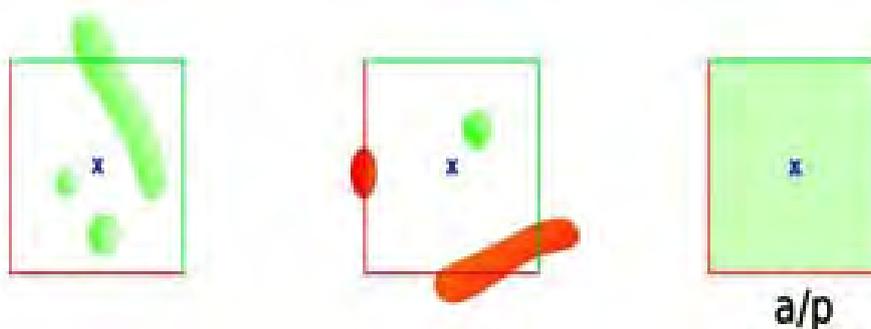


Figura 4 :Técnica de la línea prohibida. Los capilares en verde corresponden a aquellos que se cuentan, mientras que los rojos no se cuentan.

La plantilla se colocó sobre cada una de las secciones y se contó el número de capilares, siguiendo la regla antes descrita. La densidad de longitud se estimó según la siguiente fórmula: $L_v = (2 \times \sum Q) / ((a/p) \times \sum P)$

$\sum Q$: sumatorio total de capilares contabilizados; a/p : área de muestreo; $\sum P$: número total de cuadrados que caen dentro del corte.

Además de la densidad de longitud, se estimó la longitud total de la red capilar, despejando la longitud (L) de la ecuación $L_v = \text{longitud total} (L) / \text{Volumen}$

$L = L_v \times \text{Volumen}$; L_v : densidad de longitud; Volumen: volumen bulbar total (espacio de referencia)

RESULTADOS

1. Orientación aleatoria del plano de corte

Para aplicar las técnicas estereológicas empleadas es necesario conseguir una orientación al azar del bulbo olfativo. Se utilizó la técnica del "Isector" (Nyengaard & Gundersen, 1992), con las modificaciones descritas en Material y Métodos.

La validez del método de la "esfera rodante" se comprobó aplicando la prueba de χ^2 de Pearson a los resultados obtenidos. Se partió de la siguiente hipótesis nula: los resultados siguen una distribución aleatoria (cada cuadrante de la esfera tiene una probabilidad de 0.25 de aparecer en el "polo norte") (Tabla 1).

Tabla 1 :Frecuencia de cada cuadrante de la esfera tras 100 lanzamientos y las frecuencias esperadas.

Cuadrante	Frecuencia (O _i)	Frecuencias esperadas (E _i)
1	23	25
2	24	25
3	26	25
4	27	25

Mediante la siguiente fórmula se obtuvo el estadístico de contraste (χ^2). Cuanto menor sea este valor, más se acercan los valores observados a los esperados y, por tanto, concuerdan con la hipótesis nula.

$$\chi^2 = \sum (O_i - E_i)^2 / E_i$$

χ^2 : estadístico de contraste; O_i: frecuencia observada; E_i: frecuencia esperada.

El estadístico de contraste obtenido fue de 0.4. Este valor se comparó con el valor crítico de la distribución χ^2 con 3 grados de libertad (4 filas -1) y un $\alpha=0.05$. El valor de χ^2 (3) es de 7.82 > 0.4, por lo que se aceptó la hipótesis nula. Para un error $\alpha=0.05$, los datos se ajustaron a una distribución aleatoria, por lo que la técnica de la "esfera rodante" es adecuada para generar la orientación aleatoria de los bulbos.

2. Volumen bulbar y volumen toral de la red capilar.

Mediante el método de Cavalieri se obtuvo tanto el volumen bulbar total como el volumen total de los capilares. Para el cálculo del volumen bulbar total se empleó una plantilla con un área asociada de 89401 μm^2 (299 μm de lado) (Figura 5).

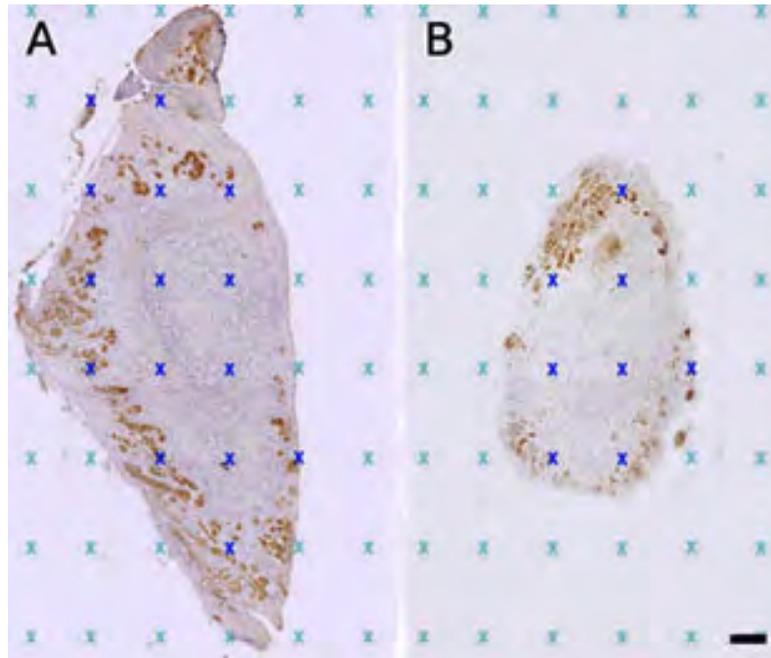


Figura 5 :Cuantificación del volumen bulbar. A) y B) Panorámica de dos secciones de bulbo olfativo donde se observan las estructuras positivas para la lectina UEA y la plantilla del cálculo de volumen superpuesta. Las cruces en azul oscuro representan aquellos puntos de la plantilla que se cuentan puesto que se solapan con el tejido, mientras que las de color azul claro no se cuentan. Barra: 200 μ m.

El volumen de capilares se obtuvo de la misma forma que el bulbar, utilizando una plantilla de un área asociada a cada punto de 1521 μ m² (39 μ m de lado) (Figura 6).

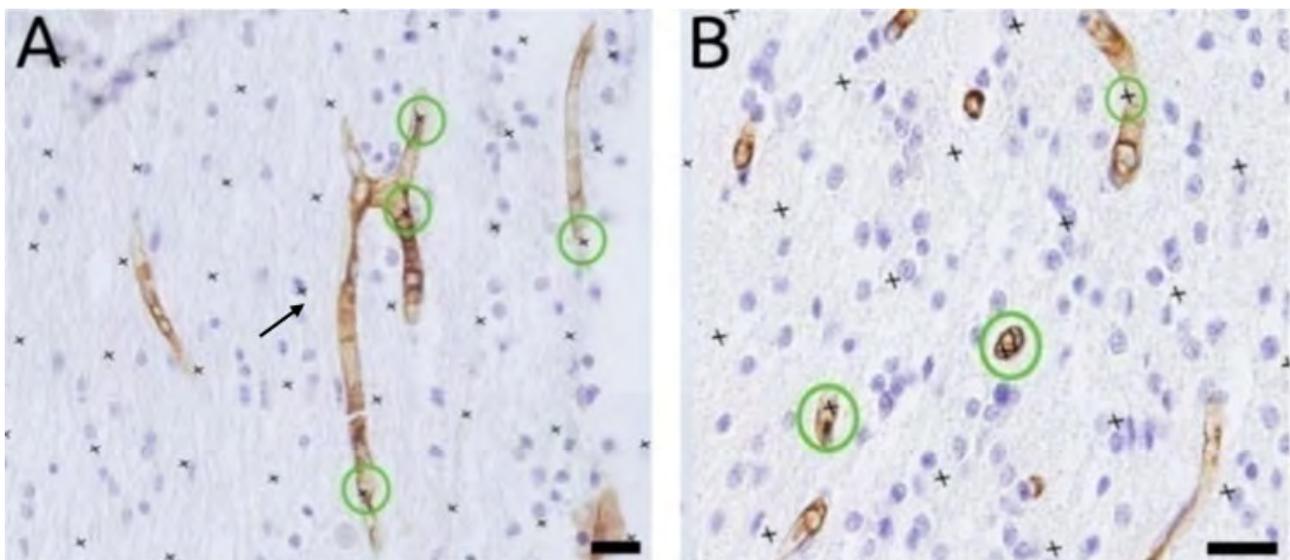


Figura 6 :Cuantificación del volumen total de capilares. Los puntos de la plantilla aparecen como cruces y los círculos verdes encierran a aquellos puntos que se cuentan porque se superponen con un capilar. A) Capilar longitudinal con tres puntos superpuestos (flecha). B) Capilares transversales y longitudinales en la zona granular con puntos de la plantilla superpuestos. Barras: 20 μ m.

3. Densidad de longitud de capilares

Para la estimación de este parámetro se empleó una plantilla con áreas cuadradas de muestreo de 2025 μm^2 (cada una de ellas, con 45 μm de lado), que contenían líneas permitidas y líneas prohibidas. Esta se superpuso sobre cada corte y se contó el número de capilares totales que estaban dentro de cada área (Figura 7), siguiendo la regla descrita en Material y Métodos.

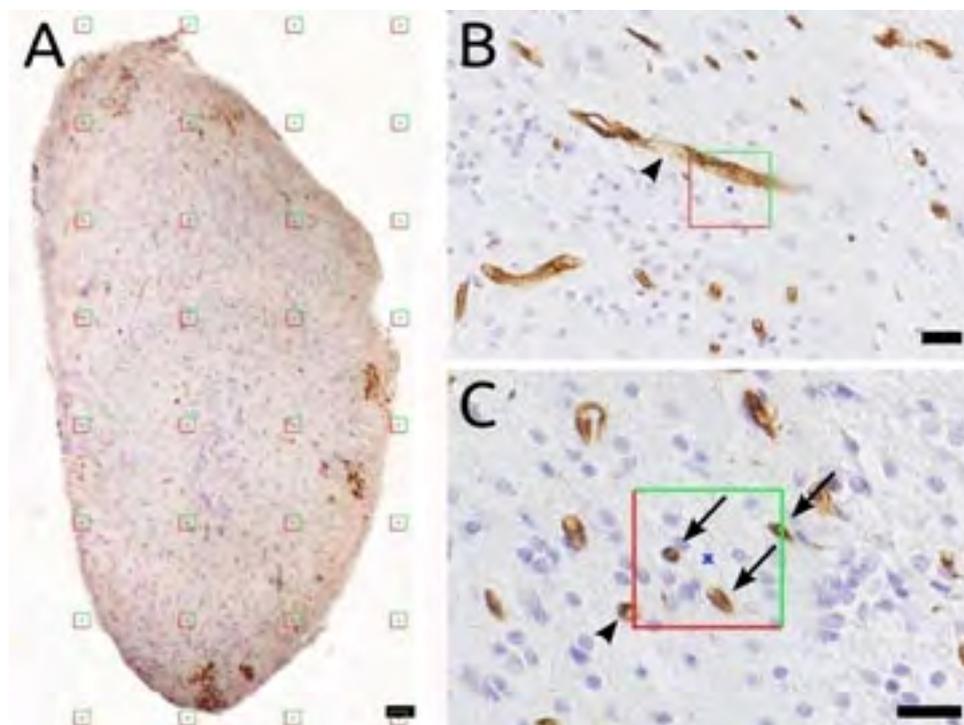


Figura 7 :Cuantificación de la densidad de longitud. A) Panorámica de una sección de bulbo olfativo donde se observan estructuras marcadas con UEA y la plantilla de cálculo de densidad de longitud superpuesta. B) y C) Detalle de imágenes utilizadas para el cálculo de densidad de longitud. Las flechas marcan capilares que se consideran para el conteo, puesto que tocan al menos una línea verde (permitida) del área de muestreo o están en el interior de la misma. Las cabezas de flechas señalan capilares que no se cuentan, ya que tocan al menos una línea roja (prohibida). Barras: A: 200 μm , B y C: 20 μm .

4. Aplicación del método

A continuación aparecen los resultados obtenidos con esta metodología y el análisis estadístico de varianza de un factor (ANOVA), para comprobar si había diferencias estadísticas que pudieran deberse a efectos provocados por la enfermedad de Alzheimer (Tabla 2; Tabla 3; Figura 8; Figura 9).

Tabla 2 :Media y desviación estándar de volumen relativo y densidad de longitud en el grupo control y el grupo Alzheimer. D. E: desviación estándar.

Grupo	Volumen relativo		Densidad de longitud	
	Control	Alzheimer	Control	Alzheimer
Media	0,011	0,008	259,803	201.019
D. E	0,002	0,005	60,802	149,376

Tabla 3 :Resumen de los resultados del análisis ANOVA para determinar las diferencias significativas entre los grupos de bulbos olfativos. GL: grados de libertad.

Parámetro	GL	F	Sig.
Volumen relativo	7	0,804	0,404
Densidad de longitud	7	0,064	0,809

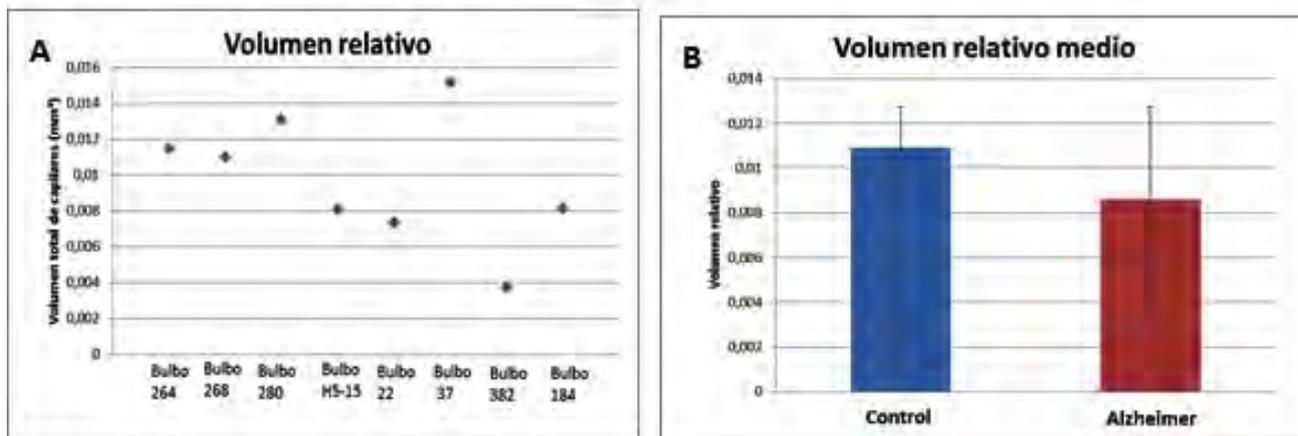


Figura 8 :A) Volumen relativo (Volumen capilar / Volumen bulbar) de cada uno de los bulbos olfativos analizados. En rojo aparecen los bulbos olfativos pertenecientes a individuos con Alzheimer y en azul los individuos control. B) Volumen relativo medio de cada grupo. El análisis estadístico indica que no hay diferencias significativas ($p>0.05$) entre los bulbos control y enfermos (Tabla 3). En las barras de error se representa la desviación estándar (Tabla 2).

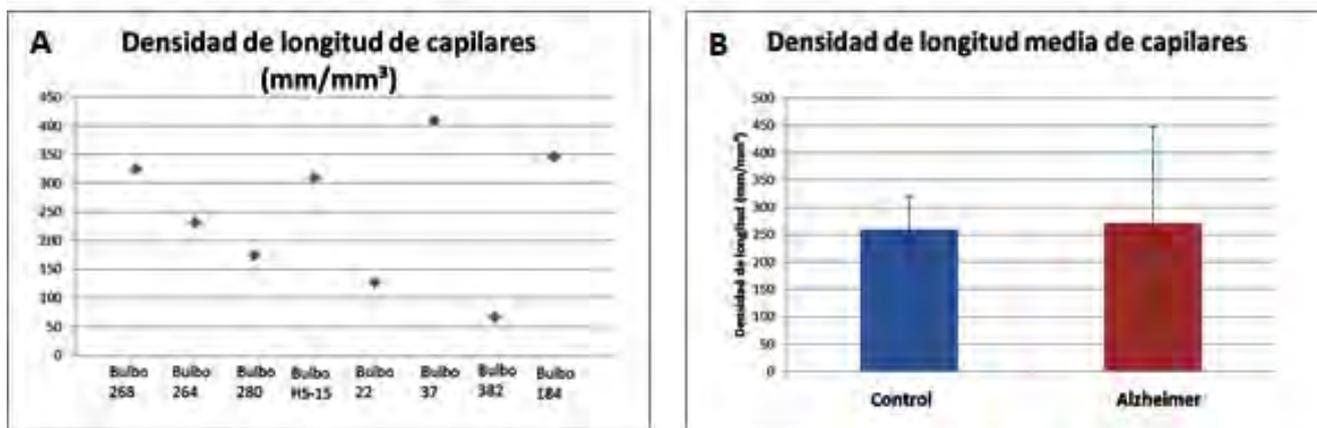


Figura 9 :A) Densidad de longitud de capilares de cada uno de los bulbos olfativos. En rojo aparecen los bulbos olfativos pertenecientes a individuos con Alzheimer y en azul los individuos control. B) Densidad de longitud media de capilares de cada grupo. El análisis estadístico indica que no hay diferencias significativas entre el grupo de los bulbos control y el de los diagnosticados ($p>0.05$) (Tabla 3). En las barras de error se representa la desviación estándar (Tabla 2).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Uno de los objetivos de este trabajo era medir la longitud capilar en tejido post mortem. En tejido vivo esto se ha realizado mediante microscopía intravital en ratones (Pries *et al.*, 1994). Sin embargo, en tejido post mortem es difícil obtener este valor con otra metodología que no sea mediante la obtención de secciones histológicas combinadas con la estereología. Existen 4 métodos estereológicos para estimar la longitud: las secciones VUR (“Vertical Uniform Random”), los planos isotrópicos virtuales, las esferas

isotrópicas virtuales y las secciones IUR ("Isotropic Uniform Random") (Mouton, 2011). El método de las secciones IUR se basa en la obtención de secciones con planos de corte aleatorios (ver Material y Métodos). No suele gustar a los biólogos, ya que si la estructura se corta al azar, en muchos casos no es fácil reconocerla. Sin embargo, presenta grandes ventajas respecto a los otros tres métodos: No es necesario equipamiento especializado, es adecuado para cortes finos y es fácil diseñar las plantillas para el recuento (el cicloide necesario para las secciones VUR es complicado). El bulbo olfativo es apropiado para este método ya que puede orientarse y cortarse fácilmente en cualquier plano y es un tejido sin partes duras por lo que la orientación no afecta a la calidad de los cortes.

El método para generar las secciones IUR empleado en el presente trabajo es una modificación del "isector" (Nyengaard & Gundersen, 1992), el cual consiste en embeber el objeto de estudio en una esfera de resina y hacerla rodar en todas direcciones, se detiene y se corta por el plano paralelo a la superficie. En nuestro caso el objeto de estudio no se embebe, sino que se introduce en el interior de una esfera hueca. Este método permite obtener planos de corte aleatorios de manera sencilla, rápida y barata. La aleatoriedad queda demostrada tras la realización de χ^2 de Pearson (ver Resultados). Además, la lectina UEA es un buen marcador de aferencias olfativas primarias y red capilar bulbar en tejido humano post mortem.

Los resultados obtenidos de densidad capilar son bastante semejantes a los obtenidos por Kreczmanski *et al.* (2005) en córtex frontal humano. Respecto al volumen capilar, no hay estudios en estructuras neurológicas. Wiebe & Laursen (1998) estimaron el volumen de la red capilar del pulmón, cuyo resultado es mayor al obtenido en el bulbo olfativo. Los resultados muestran que, con este pequeño tamaño muestral, no hay diferencias entre el grupo control y el grupo Alzheimer, aunque la variabilidad entre individuos del mismo grupo es muy alta y son necesarias más muestras para obtener unos datos más consistentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Bhatnagar, K. P., Kennedy, R. C., Baron, G., Greenberg, R. A. (1987). Number of mitral cells and the bulb volumen in the aging human olfactory bulb: a quantitative morphological study. *Anat. Res.* 218: 73-87.
- Howard, C.V., Reed, M.G. (2005) *Unbiased stereology*. New York: Garland Science/BIOS Scientific Publishers
- Kreczmanski, P., Schmidt-Kastner, R., Heinsen, H., Steinbusch, H. W., Hof, P. R., Schmitz, C. (2005). Stereological studies of capillary length density in the frontal cortex of schizophrenics. *Acta Neuropathol.* 109(5): 510-518.
- Mouton, P. R. (2011). *Unbiased Stereology. A concise guide*. Baltimore, USA: Jonhs Hopkins University Press.
- Nyengaard, J. R., Gundersen, H. J. G. (1992). The isector: a simple and direct method for generating isotropic, uniform random sections from small specimens. *J. Microsc.* 165(3): 427-431.
- Pries, A. R., Secomb, T. W., Gessner, T., Sperandio, M. B., Gross, J. F., Gaehtgens, P. (1994). Resistance to blood flow in microvessels in vivo. *Circ Res.* 75(5): 904-915.
- Rubinow, M. J., Mahajan, G., May, W., Overholser, J. C., Jurjus, G. J., Dieter, L., Herbst, N., Steffens, D. C., Miguel-Hidalgo, J. J., Rajkowska, C. A., Stockmeier, C. A. (2016). Basolateral amygdala volume and cell numbers in major depressive disorder: a postmortem stereological study. *Brain Struct Funct.* 221(1): 171-184.
- Wiebe, B., Laursen, H. (1998). Lung morphometry by unbiased methods in emphysema: bronchial and blood vessel volume, alveolar surface area and capillary length. *APMIS* 106(1! 6): 651-656.

POLIMORFISMO DEL COLOR DE LAS CONCHAS EN POBLACIONES NATURALES DE LITTORINA FABALIS DEL MAR BLANCO (RUSIA)

González Conde, M.

e- mail: miriamgonzalezc@alumnos.uvigo.es

Trabajo Fin de Grado en

Biología

Tutores:

- Juan Galindo

- Emilio Rolán

Departamento de Bioquímica,

Genética e Inmunología

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

En el presente trabajo se estudiaron poblaciones de *Littorina fabalis* (Turton, 1825) de dos localidades del mar Blanco (Rusia). Se estudió el color de la concha, edad y sexo de los individuos a distintas escalas espaciales y entre microhábitats. Los análisis realizados sugieren que algún mecanismo selectivo está manteniendo el polimorfismo para el color en las poblaciones del mar Blanco y que las variaciones de edad a escala microgeográfica podría estar causadas por diferencias en su eficacia biológica.

INTRODUCCIÓN

El polimorfismo para un carácter, es decir, la existencia de dos o más fenotipos con base genética en una población, evidencia la presencia de diversidad biológica en las especies. Esta variabilidad se ha utilizado como modelo para preguntarse y determinar los mecanismos evolutivos que contribuyen a su mantenimiento (Rodríguez & Vásquez, 2002; Forsman *et al.* 2008, Phifer-Rixey *et al.*, 2008).

La hipótesis nula de cualquier polimorfismo evolutivo es que es mantenido de forma neutra como consecuencia de un equilibrio entre la mutación y la deriva genética (Klug & Cummings, 1999; Hartl & Clark, 2007; Futuyma, 2013), pero salvo que el censo poblacional sea muy alto es difícil que un polimorfismo neutro mantenga una frecuencia estable en el tiempo, a no ser que actúe conjuntamente con otra fuerza evolutiva capaz de mantenerlo. Por lo tanto, cuando se observa un polimorfismo estable se suele atribuir a la acción de algún mecanismo selectivo (Punzalan *et al.*, 2005; Gray *et al.*, 2006; Forsman *et al.*, 2008; Hedrick, 2011).

L. fabalis se caracteriza por presentar un claro polimorfismo para el color de la concha (Sokolova *l. e al.*, 2000; Phifer-Rixey *et al.*, 2008; Rolán-Alvarez, *et al.*, 2012) aunque aún no existe un consenso sobre cuál es el mecanismo evolutivo que lo mantiene (Reid, 1996; Rolán-Alvarez, *et al.*, 2012 y 2015a). No obstante, ciertas evidencias sugieren que el polimorfismo en esta especie puede estar mantenido por selección natural ya que en las costas gallegas se ha demostrado que esta especie presenta apareamiento asociativo negativo para el color (Figura 1) (Rolán-Alvarez *et al.*, 1996; Rolán-Alvarez *et al.* 2012; Rolán-Alvarez *et al.*, 2015b).

Las poblaciones de *L. fabalis* del mar Blanco además del polimorfismo para el color se caracterizan por



Figura 1: Apareamiento asociativo negativo para el color. El macho es el espécimen de color amarillo, mientras que la hembra es la de color castaço (Rolán-Álvarez, 2012).

presentar anillos de crecimiento en la concha, las cuales permiten estudiar la edad de los individuos eficazmente. En este trabajo la hipótesis nula es que las diferencias de edad en los niveles de estudio (microáreas, transectos, localidades y microhábitats) son consecuencia del azar. En caso contrario nuestra hipótesis alternativa implica que alguna fuerza selectiva disminuye la eficacia de en alguna clase edad y determina la distribución de las cohortes.

En el presente trabajo, se ha estudiado el color, sexo y edad en individuos de *L. fabalis* rusos a diferentes escalas espaciales, para:

1. Determinar si el patrón de variación del polimorfismo para el color de las conchas y la edad puede explicarse o no por azar.
2. Si se observa algún patrón de variación no aleatorio proponer mecanismos biológicos plausibles que puedan explicarlo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Recolección de muestras

Las muestras de *Littorina fabalis* fueron recogidas en la zona intermareal de dos localidades de la República de Karelia en Agosto de 2011. El diseño experimental para cada localidad incluye dos transectos (Transecto 1 y Transecto 2) de la zona media del intermareal paralelos a la línea de costa. Además en la Localidad 1 se muestreó un transecto adicional pero en la zona baja del intermareal. A su vez cada transecto está compuesto por 10 microáreas (Figura 2). La recolección de los individuos de *L. fabalis* se realiza en cada una de las microáreas empleando un área circular de 30 cm de diámetro.

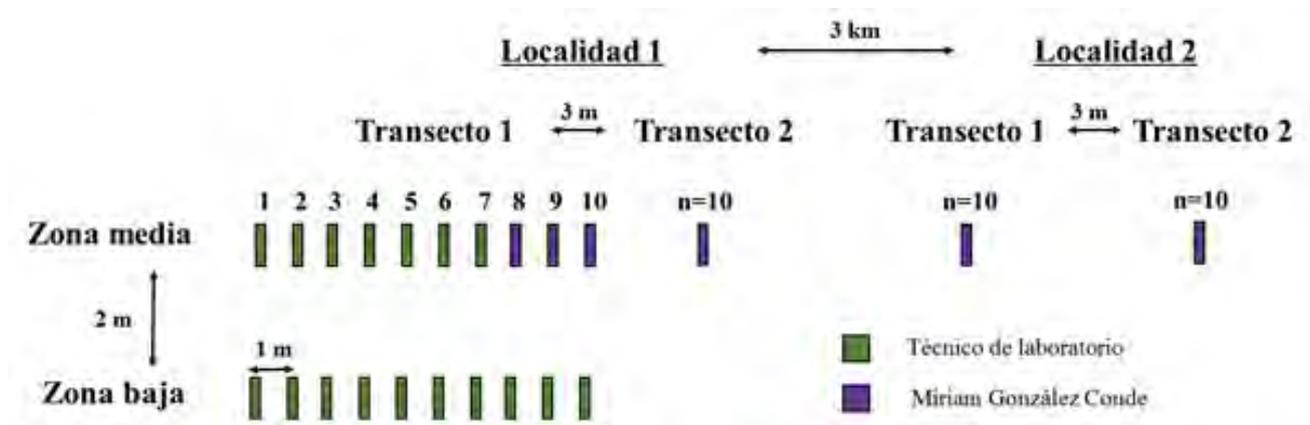


Figura 2: Esquema de las zonas muestreadas en las dos localidades estudiadas en el mar Blanco. En verde se muestran las microáreas analizadas por el técnico de laboratorio, mientras que en azul las analizadas por la autora del trabajo (el 66% de las muestras)

Análisis de las muestras de *L. fabalis* en el laboratorio

En este estudio se analizó el color de la concha, el sexo y la edad de 403 individuos de *Littorina fabalis* pertenecientes a poblaciones de la zona costera del mar Blanco (Rusia). Un técnico de laboratorio del grupo de investigación del Dr. Emilio Rolán-Alvarez analizó en una etapa previa la mayoría de los especímenes de las zonas media y baja del Transecto 1 de la Localidad 1. El resto de las muestras las he analizado durante el transcurso de este trabajo (Figura 2).

El análisis de los caracteres anteriores se hizo mediante los criterios que se describen a continuación:

+ Caracterización fenotípica de la concha: color

Se determina el color de la concha empleando un patrón impreso (Figura 3) ya que al existir una correlación lineal entre los resultados obtenidos empleando este patrón y el espectro de reflectancia obtenido por un espectrómetro (Rolán-Alvarez, 2015b), se escoge el método más simple y económico.

El color y patrón de la concha se clasifican de acuerdo a 6 fenotipos: castaño y amarillo y las correspondientes formas bandeadas y moteadas. Los colores oliva y naranja se descartan de los análisis porque se encuentra a muy baja frecuencia en estas localidades.



Figura 3: Esquema de color empleado como referencia para determinar el color de los especímenes rusos (modificado de Rolán-Álvarez, 2012)

+ Determinación de la edad: análisis de los anillos de crecimiento de la concha

El prolongado período de congelación del mar Blanco junto con las bajas temperaturas provocan que los gasterópodos ralenticen su crecimiento y se formen líneas de interrupción del crecimiento en la concha, denominadas anillos de crecimiento, que permiten determinar con precisión la edad de los individuos y crear cohortes de edad para estimar cambios a lo largo del tiempo (Sukhotin, et al, 2007; Granovitch et al. 2012; Rolán-Alvarez, et al., 2015a).

Los anillos se cuentan desde la espiral hasta la abertura de la concha. Para que una línea de rotura se considere un anillo de crecimiento debe estar bien definida y cubrir la concha en su totalidad. Marcas muy próximas que comiencen y terminen en el mismo punto se consideran una sola. Del mismo modo, si la última marca se encuentra a una distancia menor o igual de 2 mm de la apertura no se tiene en cuenta porque no están claramente definidas.

+ Disección de los individuos: sexado y caracterización de la especie

Los individuos se diseccionan en el laboratorio para determinar el sexo y diferenciarlos de *L. obtusata* (Linnaeus, 1758) ya que son especies próximas y similares y el pene es la característica morfológica más fiable para diferenciar ambas especies (Williams, 1990; Reid, 1996; Carvalho, 2014). El pene de *L. fabalis* presenta un filamento largo y vermiforme con una única fila de 5-15 papilas, mientras que *L. obtusata* tiene un filamento corto y triangular con 2-3 filas de 16-65 glándulas papilares (Reid, 1996; Carvalho, J., 2014).

Análisis estadísticos

Es necesario comprobar que la edad fue medida de manera similar en ambos grupos de datos ya que una diferencia de las variables color y sexo no es fácilmente objetivable. Esta comparación se realiza mediante el coeficiente de variación ($CV = \text{Desviación Estandar} / \text{Media}$) que es una medida relativa de dispersión. En las medidas de edad tomadas por mí, también se pudo calcular el coeficiente de variación técnico estimado entre las medidas repetidas en los mismos individuos (Sokal & Rohlf, 1995; McDonald, 2014).

Por otro lado, con el software estadístico SPSS se realiza la prueba de proporción de verosimilitudes o prueba G para estudiar los cambios de frecuencia de color (castaño y amarillo), sexo (hembra y macho) y edad a las distintas escalas espaciales: entre microáreas, zonas, transectos y localidades bajo la hipótesis nula de que las diferencias son consecuencia del azar. A continuación es necesario aplicar un

método de corrección estadística para comprobar que un resultado significativo no es consecuencia del azar. Se utiliza la corrección de Bonferroni porque solo se pretende discutir los aspectos más relevantes de los datos. Mediante esta corrección la probabilidad de rechazo de cada test se divide por el número de pruebas semejantes realizadas (McDonald, 2014).

Por último si se detecta algún fenómeno biológico se aplica el método de Fisher para garantizar la credibilidad del resultado. Este método combina las probabilidades individuales de los test realizados para crear un test general (Sokal & Rohlf 1995; página 794). La significancia del resultado se comprueba mediante un test de independencia de chi cuadrado, siendo los grados de libertad $2k$ (k = número de test independientes realizados) (Sokal & Rohlf, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Validación de la edad

La determinación de la edad está sujeta a ruido técnico debido a que los coeficientes de variación calculados ($CV=55.8\%$ y $CV=44.2\%$) para las personas que analizaron la edad de los especímenes son significativamente distintos ($P>0.05$). Sin embargo, el coeficiente de variación técnico para mis datos fue muy bajo ($8,8\%$), lo que indica que estos deben ser más fiables posiblemente por haber sido obtenidos mediante un promedio de tres medidas. Por otro lado la variable edad medida por el técnico en la zona media del T1&L1 no dio una correlación significativa con el tamaño ($P\leq 0.05$), como si ocurre en las otras tres muestras analizadas por mí (Probabilidad_{T1&L1}=0,359; Probabilidad_{T2&L1}=0; Probabilidad_{T1&L2}=0; Probabilidad_{T2&L2}=0), lo que reafirma el hecho de que la edad no puede considerarse en este caso como una variable objetivamente comparable entre investigadores. Es conveniente que en un futuro se establezcan criterios para determinar la edad de una forma objetiva y de ese modo poder comparar resultados obtenidos por distintos investigadores.

Análisis de frecuencias para el color, sexo y edad en muestras de la zona media

En primer lugar se estudia la variación de los caracteres entre las 10 microáreas de cada transecto (Tabla 1). En los caracteres color y sexo no se observan diferencias entre microáreas debido posiblemente a la existencia de poca variación microgeográfica. Por el contrario en el Transecto 2 de la Localidad 2 sí se encuentran diferencias de edad porque es el único transecto de la zona media en el que se encuentran individuos de entre 9,1 y 11 años. En el resto de transectos la cohorte de edad mayor es de 7, 1-9 años.

Tabla 1 :Estudio de los cambios de frecuencia de color de la concha, sexo y edad entre microáreas de la zona media en los transectos de ambas localidades. El análisis se realizó mediante la prueba G de análisis de frecuencia, presentándose el valor del test (G), los grados de libertad (GL) y la probabilidad asociada al rechazo de la hipótesis nula (P). El conjunto de 12 test fue verificado por el método multitest de Bonferroni (los casos significativos después de la corrección se representan en negrita y subrayado; ver Material y Métodos).

Carácter	Localidad 1						Localidad 2					
	Transecto 1			Transecto 2			Transecto 1			Transecto 2		
	G	GL	P									
Color	5,8	9	0,759	10,4	9	0,319	20,2	9	0,017	11,0	9	0,277
Sexo	13,7	18	0,750	10,2	9	0,333	13,2	9	0,156	19,4	9	0,022
Edad	18,2	18	0,445	41,4	27	0,038	20,7	27	0,799	63,1	36	0,003

En el resultado del análisis de frecuencias a nivel de transectos tampoco se encuentran diferencias para el color de la concha ni para el sexo pero sí se detectan diferencias para la edad entre transectos de una misma localidad (Tabla 2. Figura 4). Una posible hipótesis es que estas diferencias estén causadas por depredación diferencial debido a una distribución desigual del depredador; blénido *Lipophrys pholis* (Linnaeus, 1758), el cual captura individuos de tamaño menor a 8 mm (Reid, 1996). Para confirmar esta hipótesis es necesario estudiar más transectos en estas y otras localidades y examinar la distribución y densidad de *Lipophrys pholis*, así como su capacidad de depredación sobre *L. fabalis* en la zona costera del mar Blanco (Rusia) mediante experimentos de comportamiento.

Tabla 2 : Estudio de los cambios de frecuencia de color de la concha, sexo y edad entre transectos de la zona media de ambas localidades. El análisis se realizó mediante la prueba G de análisis de frecuencia, presentándose el valor del test (G), los grados de libertad (GL) y la probabilidad asociada al rechazo de la hipótesis nula (P). El conjunto de 6 test fue verificado por el método multitest de Bonferroni (los casos significativos después de la corrección se representan en negrita y subrayado: ver Material y Métodos). .

Carácter	Localidad 1			Localidad 2		
	G	GL	P	G	GL	P
Color	0,6	1	0,446	1,7	1	0,198
Sexo	2,7	1	0,098	0,3	1	0,587
Edad	14,2	3	<u>0,003</u>	18	4	<u>0,001</u>

Por último en la comparación entre localidades (Tabla 3) se observan resultados diferentes a los anteriores. En este caso no se encuentran diferencias significativas para sexo o edad pero sí para color.

Tabla 3 : Estudio de los cambios de frecuencia de color de la concha, sexo y edad entre localidades. El análisis se realizó mediante la prueba G de análisis de frecuencia, presentándose el valor del test (G), los grados de libertad (GL) y la probabilidad asociada al rechazo de la hipótesis nula (P). El conjunto de 3 test fue verificado mediante el método multitest de Bonferroni (los casos significativos después de la corrección se representan en negrita y subrayado; ver Material y Métodos). .

Carácter	Entre localidades		
	G	GL	P
Color	27,1	1	<u>0</u>
Sexo	5,103	1	0,024
Edad	7,8	4	0,098

El carácter sexo se mantiene homogéneo en las tres escalas estudiadas (microárea, transecto y localidad) debido posiblemente a la escasa dispersión local de los individuos. Por consiguiente, los sexos se encuentran igualmente favorecidos/desfavorecidos en su contexto biológico es decir, ninguno es más eficaz que el otro (Johannesson, 2016). Todos los trabajos que han estudiado la distribución de sexos en esta especie se han encontrado con el mismo resultado (Rolán-Alvarez, *et al.*, 2015a)

No hay diferencias significativas para edad entre localidades pero si se encontraron a escala microgeográfica (entre microáreas y transectos; Figura 4). Sin embargo el efecto de microárea sólo se detectó en el Transecto 2 de la Localidad 2 por lo que parece una peculiaridad biológica o técnica de dicha muestra. La variación entre transectos parece más relevante biológicamente porque se detecta en ambas localidades (si bien en la Localidad 1 no puede descartarse que haya ruido técnico como consecuencia de haber sido dos investigadores los que tomaron las medidas de edad). La diferencia entre transectos se debe a que los individuos alcanzan una mayor edad en uno de los transectos de cada localidad. Una hipótesis de trabajo posible a verificar en el futuro es si la distribución espacial de los depredadores de esta especie podría estar contribuyendo a la variación de la edad.

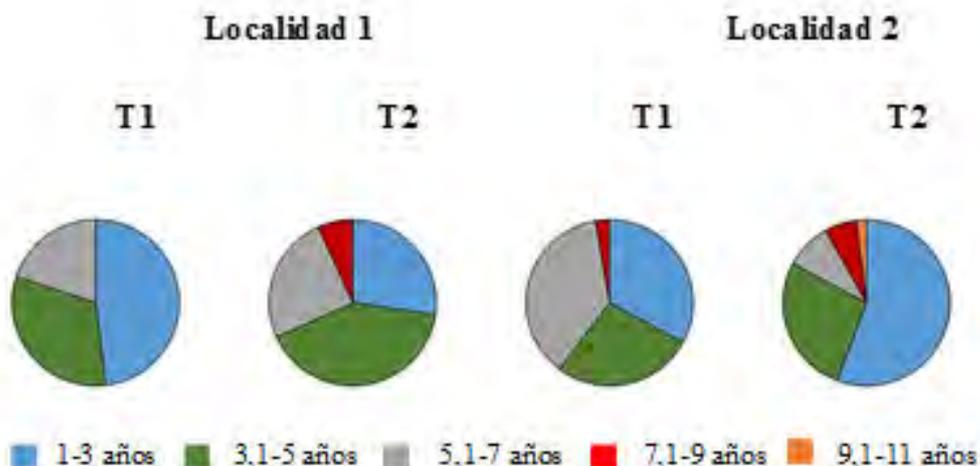


Figura 4: Porcentaje (%) de edad de cada uno de los individuos de la zona media en los transectos (T1 y T2) de cada localidad (L1 y L2). La edad se agrupa en 5 cohortes (González M., 2016).

Para el color de las conchas las diferencias solo se observan cuando se comparan ambas localidades (Tabla 3. Figura 5). Estas están separadas aproximadamente 3 km por lo que la variación de color puede ser causado por un mecanismo selectivo o por deriva genética. La hipótesis principal es que las diferencias de color son causadas por deriva ya que es probable que las poblaciones estén bajo la influencia de distintos factores bióticos o abióticos, lo que favorece en distinta medida uno u otro color. Es necesario repetir este análisis comparando más localidades para de ese modo asegurar que el resultado es el mismo y poder así determinar que fuerza es la causante de la diferencia de color entre localidades.

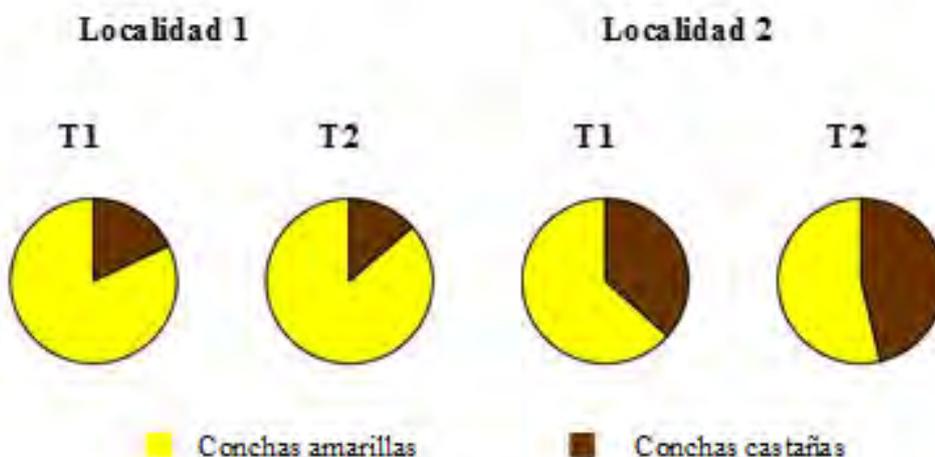


Figura 5: Porcentaje de color de concha en la zona media de los transectos (T1 y T2) de cada localidad (L1 y L2) (González M., 2016)..

Según Sokolova & Berger (2000) el color de las conchas está muy influenciado por gradientes de temperatura, salinidad, insolación, oxígeno, oleaje, etc. En su estudio con *Littorina saxatilis* de poblaciones del mar Blanco no encontraron relación entre el color y el consumo de oxígeno, actividad a baja salinidad o comportamiento por cambios bruscos de salinidad por lo que se pueden descartar como factores causantes de la diferente distribución de color en las localidades de este estudio. Por otro lado, según Reid (1996) en algunas zonas como Galicia, Gran Bretaña o Bélgica las formas amarillas predominan en costas protegidas del oleaje mientras que las oscuras son más comunes en las expuestas.

Comparación entre niveles del intermareal: zona baja y media

A continuación se determina la variación de los caracteres estudiados (color, sexo y edad) entre la zona media y baja del intermareal. En este caso las diferencias de los caracteres entre microhábitats solamente pudieron ser estudiados para el Transecto 1 de la Localidad 1 puesto que no se realizaron los muestreos para la zona baja en el resto de transectos. El objetivo es comprobar que a una escala menor se mantiene el patrón de color observado en la Localidad 1 para la zona media y de ese modo poder dilucidar qué mecanismo es el causante de dicha variación. En un primer momento no se espera encontrar ninguna diferencia porque son zonas que se encuentran próximas, separadas por uno o dos metros, por lo que están bajo la influencia de los mismos factores bióticos y abióticos. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4 :Estudio de los cambios de frecuencia de color de concha, sexo y edad de *L. fabalis* en las microáreas de cada hábitat y entre hábitats (zona baja y media del transecto 1 de la localidad 1). El análisis se realizó mediante la prueba G de análisis de frecuencia, presentándose el valor del test (G), los grados de libertad (GL) y la probabilidad asociada al rechazo de la hipótesis nula (P). El conjunto de 9 test fue verificado mediante el método multitest de Bonferroni (los casos significativos después de la corrección se representan en negrita y subrayado).

Carácter	Zona baja			Zona media			Entre microhábitats		
	G	GL	P	G	GL	P	G	GL	P
Color	11,1	9	0,270	5,8	9	0,759	17,0	1	<u>0</u>
Sexo	8,9	9	0,442	13,7	18	0,750	5,1	2	0,076
Edad	21,7	18	0,245	18,2	18	0,445	18,1	2	<u>0</u>

Ninguno de los caracteres presenta diferencias dentro de cada microhábitat. Dicha homogeneidad puede ser consecuencia de la poca o nula variación microgeográfica de los hábitats. Si se repite el análisis pero entre microhábitats no se encuentran diferencias para sexo, lo que concuerda con los resultados obtenidos en la zona media y por lo tanto se reafirma la hipótesis de que el sexo se distribuye aleatoriamente. Lo destacable y a diferencia de lo que se suponía en párrafos anteriores es que sí se encuentran diferencias para edad y color entre hábitats (Tabla 4). Reid (1996) ya observó en esta especie que ciertas diferencias morfológicas se mantenían en una misma costa, pero desconocía cuál era la influencia genética o del ambiente en el fenotipo.

La diferencia de edad observada entre los hábitats se debe a que en la zona baja predominan individuos de 1-3 años (78,7 %) encontrándose un porcentaje muy bajo de individuos con 5-7 años (4 %) al contrario que en la zona media donde casi un 20 % de los especímenes alcanzan esa edad. No se tiene ninguna hipótesis que pueda explicar los resultados obtenidos aunque es posible que esta diferencia sea consecuencia de la distribución del depredador (Figura 6).

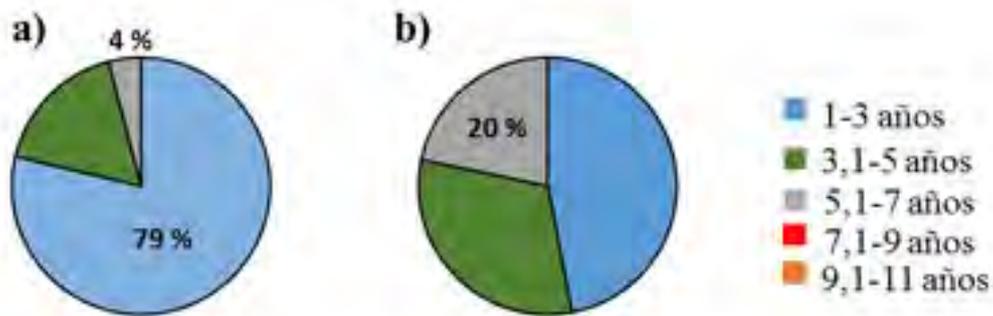


Figura 6: Porcentaje (%) de individuos en cada cohorte de edad en la zona baja y media del Transecto 1 Localidad 1. La edad se agrupa en 5 cohortes (González M., 2016).

A una escala tan pequeña la diferencia de color no puede explicarse por azar ya que como se puede observar en la Figura 7 en cada una de las zonas del Transecto 1 de la Localidad 1 el color parece seguir una tendencia distinta; en la zona media hacia el amarillo y en la zona baja hacia el castaño. Si realmente las diferencias fueran fruto del remuestreo la tendencia tendría que ser aleatoria en ambas zonas. Para asegurarnos de ello se realiza un análisis estadístico cuya finalidad es combinar la probabilidad de todos los test independientes realizados (ver Material y Métodos).

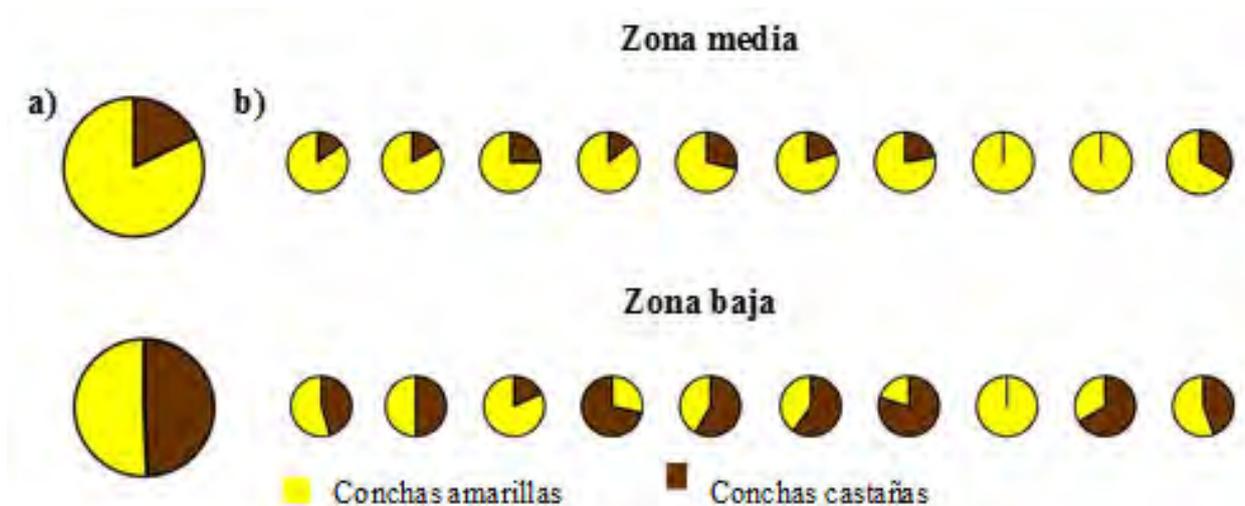


Figura 7: a) Porcentaje (%) total de individuos con color de concha amarilla y castaña en la zona baja y media del Transecto 1, Localidad 1. b) Porcentaje (%) de individuos con color de concha amarilla y castaña en cada una de las 10 microáreas de la zona baja y media del Transecto 1 de la Localidad 1 (González M., 2016).

Al ser la suma de las probabilidades $(-2 \sum \ln P=37,54) > X^2_{0,05(18)}$ se rechaza la hipótesis nula ($P= 0,05$) por lo que se reafirma que hay diferencias de color entre los hábitats debido a la acción de algún mecanismo no aleatorio. Una posible hipótesis, es que las poblaciones de cada hábitat estén siendo afectadas por regímenes ecológicos y de depredación diferentes, como resultado de la heterogeneidad ambiental, que condicionan la frecuencia de colores y edades (Phifer-Rixey *et al.*, 2008). En otros estudios, también se encontraron cambios de frecuencia para el color a escalas espaciales pequeñas. Phifer-Rixey *et al.* (2008) encontraron evidencias de un cambio en las frecuencias del color de la concha de *L. obtusata* por selección natural a causa de un gradiente térmico aunque suponen que otro factor, principalmente la selección apostática, tiene que estar contribuyendo al mantenimiento de este polimorfismo. Por otro lado Reimchen (1979) observó en varias localidades de Reino Unido un cambio

evidente en las frecuencias de color en conchas de *L. fabalis* entre 25 y 50 metros. En el género *Littorina*, también se han observado diferencias microgeográficas en otros tipos de genes debido a mecanismos selectivos por ejemplo, se encontró una fuerte variación en la frecuencia de los alelos de la aspartato aminotransferasa en *L. saxatilis* y arginina quinasa en *L. fabalis*, en dos puntos de una misma zona como consecuencia de selección diferencial (Reid, 1996; Lehjall, 1998; Tatarenkov & Johannesson, 1998; Johannesson & Mikhailova, 2004; Johannesson, 2016). Por lo tanto no es descabellado pensar que las diferencias de color entre nuestros microhábitats puedan estar causadas por algún mecanismo selectivo.

CONCLUSIÓN

Nuestro análisis sobre el patrón de variación de color y edad en poblaciones naturales del mar Blanco de *L. fabalis* nos permite concluir que:

1. La variación de color concuerda con un polimorfismo selectivo entre microhábitats pero no a una escala mayor.
2. La existencia de variación para edad entre transectos y microhábitats puede estar causado por efectos de depredación, aunque no se puede descartar la influencia de ruido técnico.

Al tratarse de una evidencia indirecta se requiere de experimentos independientes y de manipulación para probar que un mecanismo selectivo provoca la variación observada en el color y edad así como su acción específica, directa o indirecta, sobre dichos caracteres.

BIBLIOGRAFÍA

- Carvalho J. G. (2014). Study on the diversification of flat priwinkles (*Littorina fabalis* and *L. obtusata*): insights from genetics and geometric morphometrics. Tesis Doctoral. Universidad de Lisboa
- Forsman A., Ahnesjö J., Caesar S., Karlsson M. (2008). A model of ecological and evolutionary consequences of color polymorphism. *Ecol Soc Am.* 89: 34-40.
- Futuyma, D.J., (2013). *Evolution*. 3 edición. Sunderland, Massachusetts, USA Sinauer associates, INC..
- Granovitch A.I., Maximovich A.N., (2013). Long-term population dynamics of *Littorina obtusata*: the spatil structura and impact of trematodes. *Hydrobiologia* 706: 91-101.
- Gray, S.M., McKinnon J.S., (2006). Linking color polymorphism maintenance and speciation. *Trends Ecol.Evol.* 22: 71-79
- Hartl D.L., Clark., A.G.. (2007). *Principles of Population Genetic*. 4 edición. Sunderland, Massachusetts, USA. Sinauer associates, INC.
- Ibm.com. (2016). IBM Knowledge Center. Recuperado el 9 de Mayo de 2016 de http://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSLVMB_22.0.0/com.ibm.spss.statistics.help/spss/base/idh_corr.htm?lang=es
- Johannesson, K., (2016). What can be learnt from a snail?. *Evolutionary applications* 9: 153-165.
- Johannesson, K., Saltin, S.H., Duranovic, I., Havenhand J.N., Jonsson P.R. (2010). Indiscriminate males: mating behaviour of marina snail compromised by a sexual conflict?. *PLoS ONE* 5: 1-7

- Johannesson, K., Mikhailova, N. (2004). Habitat-related genetic substructuring in a marine snail (*Littorina fabalis*) involving a tight link between an allozyme and a DNA locus. *Biol J Linnean Soc.* 81: 301-306.
- Klug W.S., Cummings, M.R., (1999). *Conceptos de genética*. 5ª edición. Madrid, España. Prentice hall.
- McDonald, J.H., (2014). *Handbook of Biological Statistics*. 3 edición. Baltimore, Maryland. Sparky House Publishing,. Recuperado el 9 de Mayo de 2016 de <http://www.biostat handbook.com/#print>
- Phifer-Rixey M., Heckman M., Trussell G.C., Schmidt P.S. (2008), Maintenance of clinal variation for shell colour phenotype in the flat periwinkle *Littorina obtusata*. *ESEB* 21: 966-978.
- Punzalan D., Rodd F.H., Hughes K.A., (2005). Perceptual processes and the maintenance of polymorphism through frequency-dependent predation. *Evol. Ecol.* 19: 303-320.
- Reid, D.G. (1996). *Systematics and evolution of Littorina*. London: The Ray Society.
- Reimchen T.E. (1979). Substratum heterogeneity, crypsis, and colour polymorphism in an intertidal snail (*Littorina mariae*). *Can. J. Zool.* 57: 1070-1085.
- Rolán-Alvarez E., Ekendahl A., (1996). Sexual selection and non-random mating for shell colour in a natural population of the marine snail *Littorina mariae* (Gastropoda: Prosobranchia). *Genética* 97: 39-46.
- Rolán-Alvarez E., Caballero A., (2000). Estimating sexual selection and sexual isolation effects from mating frequencies. *Evolution* 54: 30-36.
- Rolán-Alvarez E., Saura M., Diz A.P., Rivas M.J., Alvarez M., Cortés B., Coó A., Estévez D., Iglesias L. (2012). Can sexual selection and disassortative mating contribute to the maintenance of a shell color polymorphism in an intertidal merine snail?. *Curr Zool.* 69: 1845-1857.
- Rolán-Alvarez E., Austin C.J., Boulding E.G., (2015a). The contribution of the genus *Littorina* to the field of evolutionary ecology. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 53: 157-214.
- Rolán-Alvarez E., Carvajal-Rodríguez A., Coó A., Cortés B., Estévez D., Ferreira M., González R., Briscoe A.D., (2015b). The scale-of choice effect and how estimates of assortative mating in the wild can be biased due to the heterogeneous samples. *Evolution* 58: 463-474.
- Sokal R.R., Rohlf F.J., (1995). *Biometry*. 3 edición. New York, USA. W.H. Freeman and company.
- Sokolova I.M., Berger V.Ja. (2000). Physiological variation related to shell colour polymorphism in White Sea *Littorina saxatilis*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 245: 1-23.
- Sukhotin, A. A., Strelkov, P. P., Maximovich, N. V., Hummel, H., 2007. Growth and longevity of *Mytilus edulis* (L.) from northeast Europe. *Mar. Biol. Res.* 3: 155-167.
- Tatarenkov, A., Johannesson, K. (1999). Micro- and macrogeographic allozyme variation in *Littorina fabalis*; do sheltered and exposed form hybridize?. *Biol J Linnean Soc.* 67: 199-212.
- Williams, G.A., 1990. The comparative ecology of the flat periwinkles *Littorina obtusata* (L.) and *L. mariae* (Sacchi et Rastelli). *Field studies* 7: 469-482.

METAANÁLISIS DEL SISTEMA OLFATORIO COMO DIAGNÓSTICO PRECOZ EN PARKINSON Y ALZHEIMER

De La Mata Pazos, M.
e- mail: manumata21@gmail.com

Trabajo Fin de Grado en Biología

Tutor:

- Manuel Ángel Pombal Diego

Departamento de Biología

Funcional y Ciencias de la Salud

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

Revisión en la que además de esbozar y analizar parcialmente el funcionamiento del sistema olfatorio, se propone un metaanálisis con el que se pretende dar una nueva perspectiva en el diagnóstico precoz de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer (EA) y el Parkinson (EP). Se enumeran una serie de pruebas a realizar, algunas no implantadas en el sistema sanitario nacional, y se detalla el método de trabajo para un total de 600 individuos a lo largo de una década.

INTRODUCCIÓN

Uno de los sentidos más peculiares y desarrollados del ser humano es el olfato. Con él, somos capaces de identificar y diferenciar alimentos, recordar, sentir e incluso reproducirnos a través de infinidad de olores (Leffingwell, 2002; Trotier, 2011; Brennan y Keverne, 2015). En la actualidad se sigue investigando en la influencia del olfato en la reproducción del ser humano, dado que el resto de primates no humanos y mamíferos lo siguen utilizando tanto para dicha función (feromonas) como para la detección de depredadores (Corona y Paredes, 2011; Trotier, 2011). Desde la prehistoria este sentido, como el resto, ha ido evolucionando. Los mecanismos de procesamiento de la gran mayoría de estímulos sensoriales que recibimos son, en gran medida, resultado de millones de años de evolución genética. Ya algunos estudios en biología comparativa (hombre-primate) han demostrado claras diferencias evolutivas en nuestros sentidos (Pierron *et al.*, 2013). Una de las más llamativas es cómo nuestro olfato ha ido perdiendo capacidad de discriminación a lo largo de la evolución. Algunas teorías indican que se debe a la pérdida de receptores olfatorios porque la postura erguida ha ido alejándose cada vez más del entorno. Otras lo achacan a la evolución de nuestro neocórtex donde los sistemas sensoriales primarios, encargados de la toma de decisiones, han sido acaparados por la vista y el oído. El neocórtex (isocórtex) posee un grosor de unos 2 cm e incluye las porciones derivadas del palio dorsal y constituye la mayor parte de la corteza cerebral humana.

OBJETIVOS

Los motivos por los que se llevó a cabo este trabajo fueron, por una parte, la realización de un estudio en profundidad del sistema olfatorio (SO), de sus diferentes partes (Fig. 1) y del mecanismo de reconocimiento de moléculas olfatorias. Por otra parte, se pretende incluir un metaanálisis basado en distintas pruebas olfatorias que pudiese ser utilizado en la detección precoz de enfermedades neurodegenerativas como EA y EP.

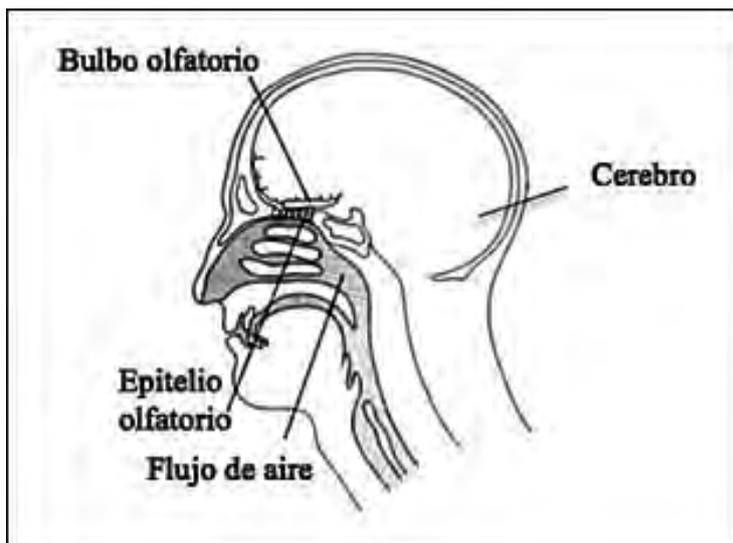


Figura 1: Itinerario del flujo de aire en el paso por el epitelio olfatorio, donde se localizan las células sensoriales primarias. Éstas se proyectan hacia el bulbo olfatorio (BO), estructura cortical perteneciente al encéfalo (imagen tomada y modificada de Dewey, 2007)

FUNCIONAMIENTO DEL SO

Para concretarlo de un modo sencillo pondremos el siguiente ejemplo: en un bosque se produce un incendio y una persona que se halla en las inmediaciones huele el humo. Observemos el proceso que experimenta dicha persona, desde que su olfato recibe las primeras moléculas de humo, hasta que se genera una sensación de estrés (miedo, angustia o ansiedad).

Las primeras moléculas de humo son recogidas en forma de estímulos olorosos a través de los cilios pertenecientes a las neuronas olfatorias. Estas neuronas transformarán el estímulo oloroso en señales eléctricas y químicas (Moody, 2014). Seguidamente la señal eléctrica alcanzará la capa glomerular (en el bulbo olfatorio principal, BOP).

Dentro del BOP, las células mitrales son las encargadas de comunicar el impulso procedente del glomérulo. A su vez, dicho impulso está regulado por las células granulares de tal manera que si el impulso eléctrico es suficientemente intenso, éstas permiten la amplificación de la señal eléctrica (Fig. 2). De lo contrario, las células granulares no permiten su continuación. Las señales que son amplificadas por las células mitrales se transmiten a tres destinos diferentes: corteza piriforme, corteza entorrinal y amígdala.

- **Corteza piriforme:** desde aquí el impulso nervioso pasa hacia dos destinos, el tálamo y el hipocampo.
 - o **Tálamo:** es el área en la que se inicia la vía tálamo-orbitofrontal cuyo fin es generar la percepción olorosa consciente a nivel cortical (córtex sensorial) (Wilson *et al.*, 2006).
 - o **Hipotálamo:** está encargado de funciones tan importantes como el mantenimiento de la temperatura corporal, la actitud agresiva o regular la secreción de hormonas en la hipófisis. Las hormonas hipofisarias pasarán al torrente sanguíneo para alcanzar la glándula suprarrenal y finalmente producir adrenalina y noradrenalina. Es ésta la razón por la que nuestro individuo comienza a sufrir sensación de estrés, miedo o pánico.
- **Corteza entorrinal:** es la corteza a través de la cual el impulso nervioso alcanza finalmente el hipocampo (forma parte del sistema límbico). Desarrolla funciones relacionadas con la memoria como la percepción espacial.
- **Amígdala:** también forma parte del sistema límbico y su función principal es el procesamiento y almacenamiento de reacciones emocionales.

De este modo es como se procesan los estímulos olorosos, desde el origen en el epitelio olfatorio hasta su posterior interpretación en los principales centros nerviosos de destino: tálamo, hipotálamo, hipocampo y amígdala.

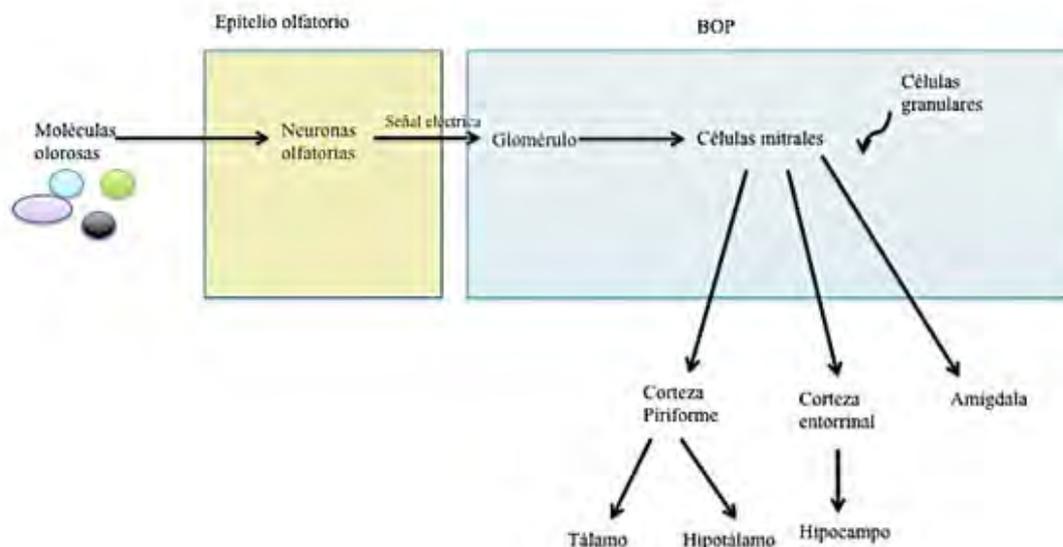


Figura 2: Esquema del funcionamiento del SO desde la llegada de las moléculas olorosas al epitelio olfatorio y su percepción por las neuronas olfatorias primarias. Posteriormente el impulso llega al BOP y mediante sinapsis llega a las células mitrales (células de proyección reguladas por las células granulares). Finalmente, el impulso sensorial se divide llegando a los diferentes destinos: corteza piriforme, corteza entorrinal y amígdala.

METAANÁLISIS DE PRUEBAS OLFATORIAS COMO DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL DIAGNÓSTICO PRECOZ DE LAS ENFERMEDADES DE ALZHEIMER (EA) Y PARKINSON (EP)

Antecedentes

La medicina avanza cada vez más hacia la prevención por lo que es importante el desarrollo de metodologías de detección precoz de cualquier tipo de enfermedad. Los cambios en la capacidad olfatoria evolucionan paulatinamente y aun sin padecer ningún tipo enfermedad ya tiende a degenerar de manera natural. Además, en muchas de las enfermedades neurodegenerativas el desajuste olfatorio nos marca el síntoma y origen de la anormalidad cerebral. En la actualidad, existe una amplia variedad de pruebas para investigar la disfunción olfatoria y pretendemos usar algunas de ellas en nuestro metaanálisis.

Objetivos

Después de establecer un grupo control y varios subgrupos para cada una de las enfermedades (EA y EP), distribuidos en clases de edad (ver tabla 1), en el presente metaanálisis se trata de aunar el historial clínico y familiar de cada uno de los individuos con una batería de pruebas olfatorias realizadas en las mismas condiciones a todos ellos. Es este diseño experimental se eligieron dos enfermedades neurodegenerativas (EA y EP) dado que uno de sus primeros síntomas confirmados es la pérdida de olfato. En la bibliografía consultada existen multitud de pruebas a realizar y, cuántas más sean abarcadas, mejores resultados se obtendrán. Por otra parte, es primordial elegir pruebas con las que se pueda confirmar el proceso de degeneración olfatoria, si la hubiere. Finalmente, los resultados recopilados se correlacionan para crear un perfil olfatorio de cada individuo.

El perfil olfatorio, además de recopilar los resultados obtenidos en las diferentes pruebas olfatorias, incluiría el patrón concreto (Fig. 3) de cada individuo. Los resultados que se obtengan persiguen cuatro objetivos principales:

- La creación de perfiles/patrones olfatorios del grupo control.
- La creación de perfiles/patrones olfatorios de los enfermos de EA y EP en cada uno de los estadios del estudio.

- La comparación y estudio de la evolución de patrones olfatorios en enfermos de EA y EP, y su posible patrón general de desarrollo.
- El diagnóstico precoz en individuos sanos a través de la correlación de sus resultados con los patrones de inicio de la disfunción olfatoria en enfermos de EA y EP.

Para llevar a cabo estos objetivos, se realizará un chequeo bianual (ya que el proceso de degeneración del olfato es paulatino y relativamente lento a lo largo de décadas) de cada uno de los individuos de todos los grupos para observar cómo evoluciona cada caso. Para que se pueda realizar este análisis global, el estudio deberá realizarse en el mayor número posible de individuos. Un mayor tamaño de muestra resultará en un menor error estadístico.

Pruebas

Previamente a la aplicación del conjunto de técnicas, se realiza un chequeo médico general a cada uno de los individuos. De éste modo, cumplimos dos condiciones importantes. Por un lado, la obtención de datos precisos en cuanto al estado de salud psico-físico de cada sujeto. Como también, el conocimiento previo de salud de cada individuo como factor externo a las pruebas. El sumario de pruebas a las que se someterán los diferentes grupos de individuos son tres: técnicas electrofisiológicas (TER), de neuroimagen y de identificación.

- Técnicas electrofisiológicas (TER): determinación de potenciales relacionados con eventos olfatorios, olfatómetro y olfatograma. Ésta última sería la nueva herramienta a desarrollar, enmarcada dentro de las pruebas TER. Consiste en la implantación de microelectrodos en el epitelio olfatorio. Luego, se expone el sujeto a dos sustancias, tales como sulfuro de hidrógeno y fenil etil alcohol, en turnos diferentes.

La técnica mide las frecuencias que se obtienen de cada sujeto tras oler cada estimulante. Una vez que se realiza la batería de pruebas en el grupo control se calculan los valores medios estándar a los que se activan las neuronas olfatorias. Se trata de obtener tres parámetros diferentes:

- o Hallar los valores de las frecuencias de los dos grupos de enfermos y compararlos con el grupo control.
- o Realizar un estudio sobre las frecuencias olfatorias con resultados anormales en cada uno de los grupos de enfermos respecto al grupo control.

Posible aplicación clínica como método diferencial, para conocer si la patología que puede presentar un individuo es a nivel del epitelio olfatorio, o de niveles superiores del SO, como pueda ser el BOP. En cualquiera de los casos, esta prueba tendrá que ser desarrollada en paralelo a los avances en bioingeniería ya que a día de hoy, la prueba más cercana al olfatograma es el olfatómetro.

- Técnicas de neuroimagen: resonancia magnética funcional.

Se realiza mientras se pide a los sujetos que huelan diferentes sustancias. En diferentes estudios se ha observado que tanto la corteza piriforme como la amígdala se activaban mediante estímulos olorosos (Barresi *et al.*, 2012).

- Prueba de identificación: se realiza a través de patrones olfatorios.

El diseño de esta prueba se inspiró en el modelo prismático que ya Heningn propuso en 1916 (ver Witting, 2001). Hoy, casi un siglo después, se propone una modificación del prisma de Heningn a un decágono compuesto por 10 olores diferentes: floral, químico, resinoso, mentolado, dulce, ahumado, cítrico, podrido, rancio, frutal (no cítrico). Se trata de abarcar una mayor variedad de olores.

Los sujetos deberán oler cada una de las 10 sustancias a través de un tubo de plástico. Se controlará el tiempo de exposición y la concentración de cada una de ellas. Según los resultados de cada uno de los

individuos se realizará un decágono en el que se representaría su perfil olfatorio particular. En la figura 3 se muestra un ejemplo.

Los estimulantes que se utilizarán en cada caso son (Schriever *et al.*, 2015):

Olor - Sustancia estimulante

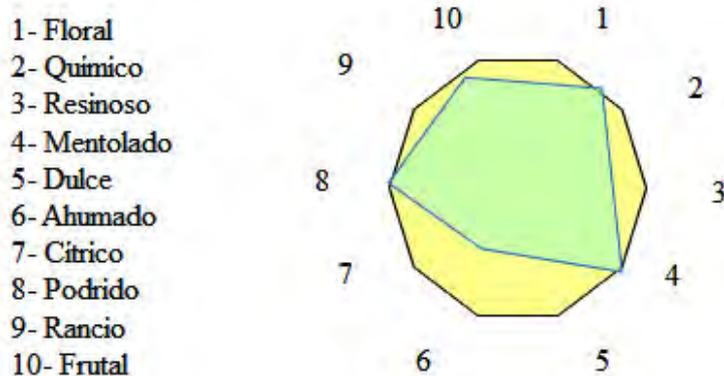


Figura 3: Resultado hipotético que se obtendría de un sujeto con predisposición para EP. En este caso se observa ya cierta disfunción olfatoria en las áreas correspondientes a los olores ahumado (6) y cítrico (7) sobre todo. Por otra parte, se mantiene con actividad normal el resto de áreas olfatorias con una mayor sensibilidad hacia los olores tanto florales (1) como frutales (10).

1. Floral > Fenil etil alcohol (olor a rosas)
2. Químico > Hipoclorito sódico (lejía)
3. Resinoso > Resina de pino
4. Mentolado > Esencia de mentol
5. Dulce > Chocolate
6. Ahumado > Lignito
7. Cítrico > Fragancia de Limoneno
8. Podrido > Sulfuro de hidrógeno (huevo podrido)
9. Rancio > Amoníaco
10. Frutal (no cítrico) > Esencia de Plátano

El objetivo de esta técnica es elaborar perfiles únicos (decágonos) en individuos sanos y enfermos (Fig. 4). De este modo se podrían realizar diferentes correlaciones edad-género-patrón para intentar diagnosticar qué probabilidad tiene un individuo sano de padecer EA o EP en el futuro. Otros ejemplos de posibles resultados (los perfiles representados son hipotéticos) son los que se muestran en la figura 4.

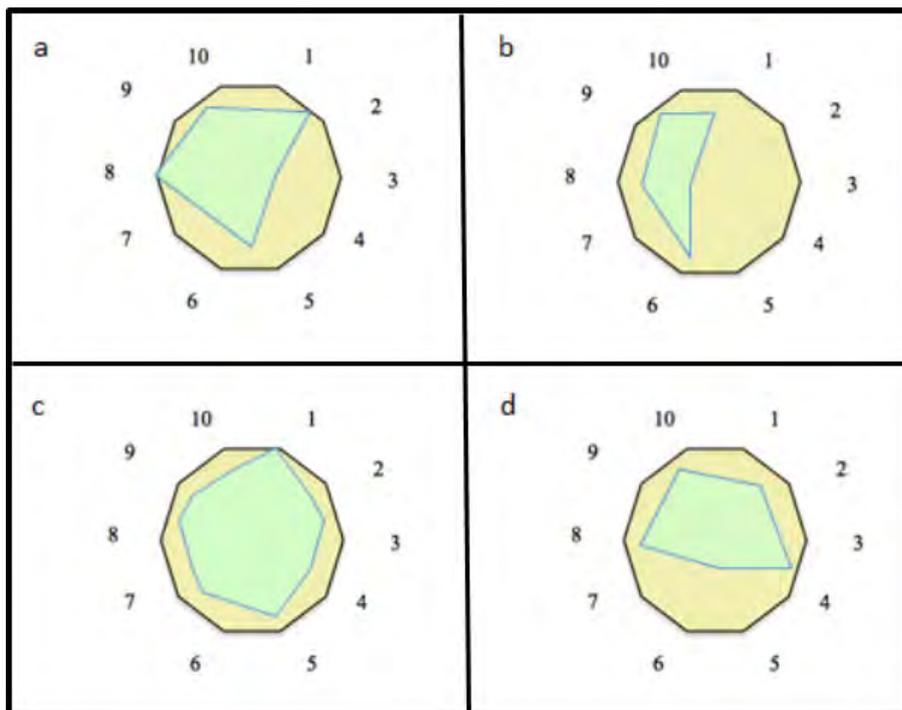


Figura 4: A) Sujeto con predisposición genética para EA. Se observa ya cierta disfunción olfatoria en las áreas correspondientes a los olores resinoso (3) y mentolado (4), mientras que el resto de regiones sigue siendo funcional con quizás mayor sensibilidad hacia el olor podrido (8).
 b) Sujeto en estado avanzado de EA. La disfunción olfatoria como podemos observar está agravada, careciendo de identificación olfatoria en los campos correspondientes a químico (2), resinoso (3), mentolado (4) y dulce (5). En lo que respecta al resto de áreas también se observa un cierto deterioro general.
 c) Sujeto control, en el que se puede observar que su capacidad olfatoria no está mermada.
 d) Sujeto en primeros estadios de EP. El sujeto tiene agravadas áreas como el dulce (5), ahumado (6) y cítrico (7).

Como se observa en la figura 4, el espectro de posibilidades puede ser muy amplio. Teniendo en cuenta que en términos metaanalíticos, cuanto mayor sea la diversidad de resultados, mayor fiabilidad obtendría el estudio.

METODOLOGÍA

El tamaño de muestra para la realización del estudio se compone de 600 personas (ambos sexos): 300 del grupo control, 150 enfermos de EA y 150 de EP en diferentes fases de la enfermedad. Las edades entre las que se seleccionarán los individuos son entre 40 y 70 años, estableciéndose 3 clases de edad (40-50, 50-60 y 60-70). El rango muestral de 40-50 se considera edad precoz. Estos rangos se establecen con el fin de poder realizar el seguimiento clínico durante al menos una década. El estudio se organizaría en tres fases: grupo control, enfermos y doble ciego.

Fase 1. Grupo Control: Este grupo tiene un tamaño de muestra de 300 individuos, divididos equitativamente en las tres clases de edad: 40-50 (100), 50-60 (100) y 60-70 (100). Lo primero que habría que confirmar es que cada uno de los individuos seleccionados tenga un estado psicofísico saludable, sin ningún tipo de enfermedad, ni predisposición genética (o historial clínico) a ninguna de las dos enfermedades neurodegenerativas seleccionadas (EA y EP), ya que lo que queremos de esta primera fase es hallar los índices medios de los diferentes resultados. Posteriormente se realizaría la batería de pruebas a cada uno de los individuos.

Fase 2. Enfermos: Se les realizan las mismas pruebas olfatorias que al grupo control. Los individuos serán seleccionados según a) un historial clínico familiar con predisposición genética a padecer la enfermedad, b) enfermos en los primeros estadios de la enfermedad y c) enfermos en etapas avanzadas (tabla 1):

Tabla1: Número de individuos del grupo control y de pacientes agrupados según enfermedad y edad. Los sujetos se subclasifican en base a predisposición genética por historial familiar, primeras etapas de EA y EP, y enfermos en estados avanzados.

		EDAD (años)					
		40- 50		50-60		60-70	
		EA	EP	EA	EP	EA	EP
Número de sujetos (ambos sexos)	Grupo control	50	50	50	50	50	50
	Con predisposición genética	45	45	35	35	10	10
	Primeros estadios	5	5	10	10	30	30
	Estado avanzado	0	0	5	5	10	10
TOTAL (Individuos)		600					

Fase 3. Doble Ciego: Esta es, quizás, una de las fases más interesantes del estudio que se propone. Una vez calculados los valores medios de las diferentes pruebas olfatorias, se analizan dos grupos de sujetos cuyo historial clínico es desconocido (control y enfermos). A continuación se realiza la batería de pruebas a ambos grupos, y una vez obtenidos los resultados se realiza un patrón olfatorio exclusivo de cada individuo.

Por último, se calculan las probabilidades de desarrollo neurodegenerativo, comparando los resultados de todas las pruebas en todos los sujetos y elaborando sus perfiles olfatorios. Para culminar contrastando los perfiles olfatorios del grupo control y enfermos frente a los patrones obtenidos en esta fase. De éste modo se calculan los posibles errores y desviación típica que pueda poseer nuestro diagnóstico precoz.

Seguimiento clínico

Una vez obtenidos los perfiles, se propone realizar un seguimiento de todos los grupos tanto control como enfermos. De éste modo se monitoriza tanto la evolución y resultados del grupo control, así como el deterioro olfatorio de los sujetos enfermos. Se llevará a cabo mediante chequeos bianuales a lo largo de una década para observar cómo evolucionan los patrones olfatorios con el tiempo. No obstante, se pueden producir algunas complicaciones y/o dificultades a la hora del desarrollo del metaanálisis derivadas de:

- **Falta de medios:** se necesita un amplio presupuesto para poder realizar la batería de pruebas a cada individuo dado el alto valor económico que tienen, en especial las TER.
- **Tamaño muestral:** la necesidad de encontrar un número suficiente de individuos para cada grupo. Aunque los números mostrados en la tabla 1 son hipotéticos, se prevé un escaso tamaño muestral en el rango de los 40-50 años. Por otra parte, el seguimiento clínico en el rango de 60-70 años puede verse alterado por la avanzada edad de los sujetos o incluso la defunción.

La finalidad del estudio, después del seguimiento de los sujetos durante una década es observar la evolución de los patrones olfatorios, los cuales han de ser comparados con los diferentes escenarios diagnosticados una década antes. El presente estudio se diseña para EA y EP como propuesta inicial, con la posibilidad de ampliarlo posteriormente a otras enfermedades neurodegenerativas como la Esquizofrenia. Los estudios que se pueden desarrollar son en la misma línea que el diseño metaanalítico elaborado en el que se comparase con grupos control como con sujetos de EP y/o EA. En último término, se buscaría su implantación como modelo de diagnóstico precoz en el sistema sanitario nacional.

CONCLUSIÓN

Los estímulos olorosos recorren largas y complejas vías neuronales hasta llegar a destinos como el tálamo o el hipocampo. Es por ello, por lo que aún existe cierta incertidumbre en la comprensión total de los mecanismos de procesamiento de dichos estímulos. Y precisamente al tratarse de áreas encefálicas de difícil acceso in vivo, resulta especialmente interesante poder explorar nuevas vías de estudio no invasivas.

Por ello, en este trabajo se propone un metaanálisis basado en pruebas olfatorias, como el TER o la neuroimagen, como posible diagnóstico precoz de dos enfermedades (EA y EP), las cuales presentan como uno de sus primeros síntomas una disfunción olfatoria. Entre las técnicas a aplicar, se proponen como nuevas herramientas los patrones olfatorios y el olfatograma con el objeto de mejorar el diagnóstico temprano de la disfunción olfatoria originada en dichas enfermedades.

Las técnicas que se describen para aproximarnos a los engranajes del SO y su proceso degenerativo no están todas implantadas en el sistema sanitario actual. Por ello, seguramente en los próximos años la bioingeniería aportará la tecnología necesaria para su implantación y para nuevas técnicas de investigación no invasivas que faciliten un diagnóstico precoz de ciertas enfermedades neurodegenerativas basado en pruebas olfatorias y sea un proceso más eficiente, dinámico y rápido.

BIBLIOGRAFÍA

- Barresi, M., Ciurleo, R., Giacoppo, S., Foti, V., Celi, D., Bramanti, P., Marino, S. (2012). Evaluation of olfactory dysfunction in neurodegenerative diseases. *J. Neurol. Sci.* 323: 16-24.
- Brennan, P., Keverne, E.B. (2015). Biological complexity and adaptability of simple mammalian olfactory memory systems. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 50: 29-40.
- Corona, R., Paredes, R.G. (2011). Nuevas neuronas para el olfato y la reproducción. *Rev. Dig. Univ. (Univ. Nac. México)*. Num. 3, 12: 1-10.
- Dewey, R.A. (2007). Senses and Perception. Olfaction. Recuperado el 24 de marzo de 2015 de http://www.intropsych.com/ch04_senses/olfaction.html.
- Leffingwell, J.C. (2002). Olfaction. *Leffingwell Reports.* 2: 1-34.
- Moody, S.A. (2014). Building the olfactory system. En: Moody, S.A. (Ed). *Principles of developmental genetics*. Londres, Reino Unido: Academic Press, pp. 357-371.
- Pierron, D., Gutiérrez, N., Letellier, T., Grossman, L.I. (2013). Current relaxation of selection on the human genome: tolerance of deleterious mutations on olfactory receptors. *Mol. Phylogenet. Evol.* 66: 558-564.

- Schriever, V.A., Boerner, C., Mori, E., Smitka, M., Hummel, T. (2015). Changes of olfactory processing in childhood and adolescence. *Neuroscience*. 287: 15-22.
- Trotier, D. (2011). Vomeronasal organ and human pheromones. *Eur. Ann. Otorhinolaryngol. Head Neck Dis.* 128: 184-190.
- Wilson, D.A., Kadohisa, M., Fletcher, M.L. (2006). Cortical contributions to olfaction: plasticity and perception. *Sem. Cell Dev. Biol.* 17: 462-470.
- Witting, E. (2001). Evaluación sensorial. Una metodología actual para tecnología de los alimentos. Biblioteca digital de la Universidad de Chile. Recuperado el 24 de marzo de 2015 de http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittinge01/

ESTUDIO DE LA FLORA LEÑOSA DEL CAMPUS UNIVERSITARIO DE VIGO

Rojo Martínez, S.

e- mail: sergio.marinez@gmail.com

Trabajo Fin de Grado

Tutora:

- Marisa Castro

Departamento de Biología Vegetal

y Ciencias del Suelo

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

Se realizó el catálogo de plantas leñosas del Campus Universitario de Vigo, muestreando desde octubre del 2015 a junio de 2016. Se obtuvieron 198 taxones, pertenecientes a 48 familias, con los que se realizó un herbario que sirvió de base para la identificación de las especies leñosas y una clave dicotómica.

INTRODUCCIÓN

El Campus Universitario se sitúa en la ladera sur de la cuenca alta del río Zamáns, montes de Marcosende, entre los 390 m y los 485 m. Ocupa una extensión aproximada de 138 ha. (OMA, 2007).

Se trata de un terreno con abundante presencia de agua, en parte procedente de la escorrentía superficial y en otra por la existencia de acuíferos subterráneos, lo que supone un nivel freático próximo, con zonas de acumulación cuando el terreno es más llano. El nombre de Lagoas proviene de la acumulación de agua sobre estos terrenos y la formación de pequeñas charcas, lo que hizo que estos terrenos estuvieran poblados desde el siglo II a.C. (Rodríguez Guntín & Rubido Bará, 2005).

El bioclima del Campus, puede clasificarse entre el templado típico y el templado submediterráneo, influenciado por su proximidad al mar, que suaviza las temperaturas y amortigua sus variaciones (Rodríguez Guitián, Ramil-Rego, 2007).

A partir del año 1991 el paisaje del Campus sufrió cambios muy importantes, resultado de las diferentes modificaciones, derivadas de los movimientos de tierras y la compactación producida por el empleo de maquinaria pesada (OMA, 2007).

La lógica alteración del terreno cambió de forma importante la identidad ecológica de la zona, compuesta por turberas incipientes (brañas) acompañadas por brezales de *Erica sp.* pl., con ejemplares aislados de *Pinus nigra* J.F.Arnold y pequeños rodales de *Pinus pinaster* Aiton, que en el año 1994 fueron talados casi en su totalidad. En 2001 la Universidad comenzó el Plan de Revegetación y se diseñaron itinerarios medioambientales con fines divulgativos (Rodríguez Guntín & Rubido Bará, 2005).

Se plantaron más de 15.000 árboles y arbustos en una superficie de 80 ha. Con estas especies leñosas se ha intentado reforzar la presencia especies espontáneas y recrear nuevas formaciones vegetales (Nieto Román & Martínez Leyenda, 2003): robledal galaico-portugués, alcornocal, devesa, soutos y ripisilvas. Además, existe una importante extensión de matorrales secos y húmedos atlánticos (Ojeda, 2009a, 2009 b), así como prados (3 ha.) formados por el hombre y mantenidos mediante siega y pastoreo, en los que la flora predominante son las especies herbáceas (Nieto Román; Martínez Leyenda, 2003). Las zonas ajardinadas próximas a los edificios suman un total de 66 ha, presentan un número elevado de especies leñosas ornamentales.

Recientemente en España, siguiendo la práctica de diversos países (Soto *et al.*, 2012, Ramírez-Chaves

et al., 2010) se ha intentado aprovechar el material botánico existente en los campus universitarios españoles con fines didácticos (Salazar Mendías & Guerrero Ruiz, 2012, Pereira-Espiñel Plata *et al.*, 2012). Sin embargo, en el Campus de Vigo todavía no se ha realizado ningún trabajo que ayude en las labores docentes y pedagógicas de la Botánica como si se ha hecho en el Campus de Ourense (Taín Guzmán, 2011).

MATERIAL Y MÉTODOS

La elaboración de un catálogo de este tipo es complejo, ya que incluye gran cantidad de flora ornamental, en la que muchas especies presentan numerosas variedades, cultivares obtenidos y reproducidos por jardineros, e híbridos. Las floras de plantas autóctonas no son suficientes (Real Jardín Botánico-CSIC, online; García, 2016), además es necesario manejar bibliografía relacionada con plantas ornamentales (Sánchez de Lorenzo Cáceres, 2001a, 2001b) e incluso catálogos de los utilizados habitualmente por jardineros y viveristas (Horticolor, 2008, García Treviño e García Treviño, 2009).

Simultáneamente a la recopilación bibliográfica, se realizaron entrevistas con el Director de la Oficina de Medio Ambiente y la Jefa del Servicio de Jardinería para conocer el catálogo del que disponían ambos servicios (OMA 2016)

Para la toma de datos se usaron, muestreos dirigidos, con el fin de tener en cuenta la alta heterogeneidad fisiográfica y la variabilidad de las especies leñosas, (Blanco *et al.*, 2013).

Todas las formaciones vegetales fueron visitadas en distintas épocas del año. Se recolectaron las plantas que se encontraban en flor y lo más completas posible para poder proceder a su identificación.

Los períodos de muestreo se llevaron a cabo entre enero y junio de 2016, salvo especies de floración otoñal que se recolectaron durante los meses de octubre y diciembre. Otras con floración estival no pudieron ser recolectadas completas, pero si fueron identificadas mediante las estructuras vegetativas correspondientes.

En el momento de la observación y/o recolección, todos los datos corológicos y fenológicos eran anotados "in situ" en una libreta de campo, al mismo tiempo que se intentaba fotografiar la planta completa y sus estructuras.

Con ayuda de lupa binocular, claves dicotómicas, floras y guías correspondientes se procedió a la identificación del material: especies autóctonas y subespontáneas (Niño Ricoy *et al.*, 1994, García Martínez, 1991, Herrero *et al.*, 2001, López González, 2001, García Rollán, 2006, Romero Buján, 2008, Torroba *et al.*, 2013, García, X.R., 2016, Real Jardín Botánico CSIC, online) y ornamentales (Bailey, 1949, Wright, 1986, Pañella, 1991, Prieto-Puga, 1993, López Lillo & Sánchez de Lorenzo Cáceres, 1999, Horticolor, 2008, Rodríguez Gracia *et al.*, 2008, Brickell *et al.*, 2009, García Treviño & García Treviño, 2009 y Sánchez de Lorenzo Cáceres, 2000, 2001a, 2001b, 2002, 2003, 2005, 2007, 2010).

Con el material recolectado, debidamente identificado y etiquetado, se ha elaborado un herbario. Para la preparación y conservación de las muestras (exsiccata) se ha seguido el protocolo reflejado en Cascante (2008).

La actualización nomenclatural se ha realizado siguiendo las pautas del Código Internacional de Nomenclatura de Plantas, Algas y Hongos (Greuter *et al.*, 2012) y para los cultivares de plantas ornamentales el Código Internacional de Nomenclatura para Plantas Cultivadas (International Society for Horticultural Science, 2009).

Para el esquema taxonómico de familias y autores se ha consultado la base de datos de Plant List (Royal Botanic Gardens Kew & Missouri Botanical Garden, 2013).

El catálogo se confeccionó con todos los taxones ordenados alfabéticamente por familia, previa separación en angiospermas y gimnospermas.

Toda la información obtenida: nombre actual, familia, descripción abreviada, distribución en el Campus,... se ha volcado en un documento Excel para que pudiera ser manejada a la hora de analizar los datos. Como final del trabajo se ha procedido a la elaboración de la "clave dicotómica".

RESULTADOS

En este trabajo se han identificado 192 especies, además de 6 cultivares o formas ornamentales, lo que da un total de 198 taxones, encuadradas en 48 familias. Entre estos taxones destaca la presencia de 12 híbridos (Tabla 1).

De los 198 taxones, 26 son gimnospermas y 172, angiospermas (Tabla 1).

La familia de gimnospermas mejor representada es *Cupressaceae* con 9 géneros y 14 taxones y el género con mayor número de especies es *Pinus* con 4, seguido de *Juniperus* y *Cupressus* con 3. En angiospermas es *Rosaceae* con 14 géneros, seguida de *Leguminosae*, con 9 taxones y los géneros mejor representados son *Acer*, con 9 taxones y *Erica* y *Salix*, ambos con 6.

Al haber sido implantado el Campus Universitario sobre un brezal-tojal autóctono, húmedo en ciertas zonas y seco en otras, se encuentran 42 taxones espontáneos y un importante número de cultivados, tanto como ornamentales sensu estricto como con fines ecológico-didácticos (156 taxones).

GIMNOSPERMAS		
FAMILIA	PERENNIFOLIOS	CADUCIFOLIOS
ARAUCARIACEAE	<i>Araucaria bidwillii</i> Hook.	
CUPRESSACEA	<i>Calocedrus decurrens</i> (Torr.) Florin	<i>Taxodium distichum</i> (L.) Rich
	<i>Chamaecyparis Lawsoniana</i> (A. Murray) Parl.	
	<i>Chamaecyparis pisifera</i> (Siebold & Zucc.) Endl.	
	<i>Cryptomeria japonica</i> (Thumb.ex L.f.) D. Don	
	<i>Cryptomeria japonica</i> cv. <i>elegans</i> hort.	
	<i>Cupressus arizonica</i> Greene	
	<i>Cupressus x leylandii</i> A.B.Jacks.& Dallim	
	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	
	<i>Juniperus chinenss</i> L.	
	<i>Juniperus communis</i> L.	
	<i>Juniperus x pfitzeriana</i> (Spath) P.A.Smidt	
	<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	
GINKGOACEAE		<i>Ginko biloba</i> L.

PINACEAE	<i>Abies alba</i> Mill.	<i>Larix x marschlinsii</i> Coaz.
	<i>Cedrus deodara</i> (Roxb.ex D.Don) G.Don	
	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	
	<i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold	
	<i>Pinus pinaster</i> Aiton	
	<i>Picea pinea</i> L.	
	<i>Picea sylvestris</i> L.	
	<i>Pseudotsuga menxiessi</i> (Mirb.) Franco	
TAXACEAE	<i>Taxus baccata</i> Hook.	
ANGIOSPERMAS		
ADOXACEAE	<i>Escallonia rubra</i> var. <i>macrantha</i> (hook. & Arn.) Reiche	<i>Sambucus nigra</i> L.
	<i>Viburnum tinus</i> L.	<i>Viburnum cassinoides</i> L.
		<i>Viburnum opulus</i> L.
ALTINGIACEAE		<i>Liquidambar styraciflua</i> L.
AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex aquifolium</i> L.	
ALTINGIACEAE	<i>Fatsia japonica</i> LDecne.& Planch.	
	<i>Hedera hibernica</i> (G.Kirchn.) Bean	
ARECACEAE	<i>Trachycarpus fortunei</i> (Hook.) H. Wendl.	
ASOARAGACEAE	<i>Cordyline australis</i> (G. Forst.) Endl	
	<i>Dracaena draco</i> (L.) L.	
	<i>Ruscus acueleatus</i> L.	
	<i>Yucca gloriosai</i> L.	
ASTERACEAE	<i>Santolina chammaecyparissus</i> L.	
BERBERIDACEAE	<i>Mahonia japonica</i> (Thumb.) DC.	<i>Berberis thunbergii</i> DC.
BETULACEAE		<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn
		<i>Betula pubescens</i> Ehrh.
		<i>Corylus avellana</i> L.
BIGNONIACEAE		<i>Catalpa bignonioides</i> Walter
BORAGINACEAE	<i>Glandora prostrata</i> (Loisel.) D.C. Thomas	
BORAGINACEAE	<i>Buxus sempervirens</i> L.	
CAPRIFOLIACEAE	<i>Lonicera ligustrina</i> var. <i>yunnanensis</i>	<i>Lonicera periclymenum</i> L.
		<i>Weigela florida</i> (Bunge) A.DC.
CELASTRACEAE	<i>Euonymus japonicus</i> Thumb	
CISTACEAR	<i>Cistus psilosepalus</i> Sweet	
	<i>Halimium lasianthum</i> (Lam.) Spach subsp. <i>alyssoides</i> (Lam.) Greuter	
EBENECEAR		<i>Diospyros kaikii</i> L.f.

ERICACEAE	<i>Arbutus unedo</i> T.	
	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull.	
	<i>Daboecia cantabrica</i> (Huds.) C. Koch subsp. Cantábrica	
	<i>Erica arborea</i> (L.)	
	<i>Erica Australis</i> L.	
	<i>Erica ciliaris</i> L.	
	<i>Erica cinerea</i> L.	
	<i>Erica tetralix</i> L.	
	<i>Erica umbellata</i> L.	
	<i>Pieris japonica</i> (Thunb.)D.Don ex G.Don	
	<i>Rhododendron indicum</i> (L.) Sweet	
	<i>Rhododendron obtusum</i> hort. ex Wats	
	<i>Rhododendrum ponticum</i> L.	
FABACEAE	<i>Acacia dealbata</i> L.	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz
	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.
	<i>Adenocarpus lainzii</i> (Castrov.) Castrov.	<i>Styphonolobium japonicum</i> (L.) Schott
	<i>Adenocarpus lainzii</i> (Castrov.) Castrov.	<i>Wisteria sinensis</i> (Sims) Sweet
	<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link	
	<i>Cytisus striatus</i> (Hill) Rothm.	
	<i>Genista Triacanthos</i> Brot.	
	<i>Spartiu junceum</i> L.	
	<i>Ulex europaeus</i> L.	
	<i>Ulex gallii</i> Planch.	
	<i>Ulex micranthus</i> Lange	
	<i>Ulex minor</i> Roth	
FAGACEAE	<i>Quercus suber</i> L.	<i>Castanea sativa</i> Mill.
		<i>Castanea x hybrida</i> hort.
		<i>Fagus sylvatica</i> L. <i>Fagus sylvatica</i> L. cv. <i>purpurea</i>
		<i>Quercus cerris</i> L.
		<i>Quercus pyrenaica</i> Willd.
		<i>Quercus robur</i> L.
		<i>Quercus rubra</i> L.
GROSSULARIACEAE		<i>Ribes nigrum</i> L.
		<i>Ribes rubrum</i> L.
HYDRANGEACEAE		<i>Deutzia scabra</i> Thunb.
		<i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb) Ser.
HYPERICACEAE	<i>Hypericum x moserianum</i> André	

HYPERICACEAE	<i>Hypericum x moserianum</i> André	<i>Juglans regia</i> L.
LAMIACEAE	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	
	<i>Lavandula stoechas</i> L.	
	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	
	<i>Salvia microphylla</i> Kunth	
	<i>Salvia officinalis</i> L.	
	<i>Thymus x citriodorus</i> (Pers.) Schreb	
	<i>Thymus caespititius</i> Brot.	
	<i>Thymus praecox</i> Opiz	
LAURACEAE	<i>Thymus pulegioides</i> L.	
	<i>Laurus nobilis</i> L.	
MAGNOLIACEAE	<i>Laurus azorica</i> (Seub.) Franco	
	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	<i>Liriodendron tulipifera</i> L.
MALVACEAE		<i>Magnolia x soulangeana</i> Soul.- Bod.
		<i>Firmiana simplex</i> (L.) W. Wright.
		<i>Hibiscus syriacus</i> L.
		<i>Tilia cordata</i> Mill.
		<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.
MELIACEAE	<i>Tilia tomentosa</i> Moench	
MORACEAE	<i>Hypericum x moserianum</i> André	<i>Melia azedarach</i> L.
MORACEAE		<i>Ficus carica</i> L.
		<i>Morus alba</i> L.
MYRTACEAE	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	
	<i>Leptospermum scoparium</i> J.R.Forst. & G. Forst	
ERICACEAE		<i>Forsythia x intermedia</i> Zabel
		<i>Fraxinus americana</i> L.
		<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.
		<i>Fraxinus excelsior</i> L.
		<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aitor
		<i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk.
		<i>Ligustrum sinense</i> Lour.
PITTIOSPORACEAE	<i>Phillyrea latifolia</i> L.	
	<i>Pittosporum tenuifolium</i> Banks & Sol. ex Gaertn.	
PLANTAGINACEAE	<i>Pittosporum tobira</i> (Thunb.) W.T. Aitorn	
PLANTANACEAE	<i>Veronica x andersonii</i> Lindley & Paxton	
POACEAE		<i>Plantanus x hispanica</i> Mill. ex Münchh.
	<i>Phyllostachys aurea</i> SRiveriere & C. Riviére	
	<i>Phyllostachys nigra</i> (Lodd. ex Lindl.) Munro	

RHAMNACEAR		<i>Frangula alnus</i> Mill.
	<i>Cotoneaster horizontalis</i> Decne.	<i>Chenomeles japonica</i> (Thunb.) Lindl. ex Spach
	<i>Cotoneaster pannosus</i> Franch.	<i>Cataegus azarolus</i> L.
	<i>Cotoneaster turbinatus</i> Craib.	<i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) DC.
	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Linddl.	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.
	<i>Photinia serratifolia</i> (Desf.) Kalkman	<i>Cydonia oblonga</i> Mill.
	<i>Photonia x fraseri</i> cv. Red Robin hort.	<i>Malus domestica</i> Borkh.
	<i>Prunus laurocerasus</i> L.	<i>Malus pumilla</i> Mill.
	<i>Prunus lusitanica</i> L.	<i>Prunus avium</i> (L.) L.
	<i>Pyracantha coccinea</i> M.Roen	<i>Prunus padus</i> L.
	<i>Pyracantha angustifolia</i> (Franch.) C.K. Schneid	<i>Prunus padus</i> L.
	<i>Rosa canina</i> L.	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch
	<i>Rubus sampaianus</i> Sudre	<i>Prunus serrulata</i> Lindl.
	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	<i>Prunus spinosa</i> L.
		<i>Pyrus communis</i> L.
		<i>Pyrus cordata</i> Desv.
		<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz
		<i>Sorbus aucuparia</i> L.
		<i>Sorbus intermedia</i> (Ehrh.) Pers.
ROSACEAE		<i>Spiraea cantoniensis</i> Lour.
		<i>Spiraea thunbergü</i> Sieb. ex Blume
		<i>Populus alba</i> L.
		<i>Populus nigra</i> L.
		<i>Populus tremula</i> L.
		<i>Populus x canadensis</i> Moench
		<i>Salix alba</i> L.
		<i>Salix atrocinerea</i> Brot.
		<i>Saliz babylonica</i> L. cv <i>tortuosa</i>
RHAMNACEAR		<i>Saliz caprea</i> L.
		<i>Saliz fragilis</i> Forssk.
		<i>Salix x reichardtii</i> A. Kern.

SAPINDACEAE		<i>Acer campestre</i> L.
		<i>Acer negundo</i> L.
		<i>Acer palmatum</i> Thunb. <i>Acer palmatum</i> f. <i>atropurpureum</i> (van Houtte) G. Nicholson
		<i>Acer platanoides</i> L. <i>Acer platanoides</i> L. cv Crimson king
		<i>Acer pseudoplatanus</i> L. <i>Acer pseudoplatanus</i> f. <i>atropurpureum</i> Schwer.
		<i>Acer saccharinum</i> L.
SOLANACEAE	<i>Solarium jasminoides</i> Paxton	
	<i>Solarium villosum</i> Mill.	
THEACEAE	<i>Camellia japonica</i> L.	
ULMACEAE		<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.
VERBENACEAE		<i>Aloysia citriodora</i> Palau
VITACEAE		<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.
		<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Siebold & Zucc.) Planch.

VEGETACIÓN Y FLORA AUTÓCTONAS: PLANTAS INVASORAS

Durante los muestreos se observó la presencia de especies representativas que conforman brezales húmedos atlánticos de zonas templadas (hábitat 4020 de interés comunitario, anexo 1 de la Directiva 92/43/CEE in Ojeda, 2009a) y brezales secos atlánticos (hábitat 4030 de interés comunitario anexo 1 de la Directiva 92/43/CEE in Ojeda, 2009b)

De de las especies leñosas observadas en el Campus de Vigo (Tabla 1) se encuentran mencionadas en el Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, que regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras (BOE, 2013): *Acacia dealbata*, invasora para territorio peninsular, y *Arbutus unedo*, *Cytisus scoparius* y *Ulex europaeus*, invasoras en el Archipiélago de Canarias, estos 3 taxones son plantas autóctonas en el NO Ibérico, por tanto no presentan carácter invasor.

En Galicia no existe catálogo oficial propio, aunque la Administración Autonómica tiene publicaciones al respecto (Arcea, 2006, 2007, Fagúndez Díaz & Barrada Beiras, 2007; GEIB, 2012). Así, el «Plan Extratético Galego de Xestión das Especies Exóticas Invasoras para o desenvolvemento dun sistema estandarizado de análise de riscos para as especies exóticas en Galicia» (GEIB, 2012) propone una categorización para las especies introducidas, según la cual las invasoras del catálogo de este trabajo quedan definidas 2 clases:

- a) Las que muestran comportamiento manifiestamente invasor, peligroso para los ecosistemas naturales, aunque su difusión sea local (I1): *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon*, *Eucalyptus globulus*, *Phyllostachys aurea* y *Robinia pseudoacacia*.

b) Las que no muestran, en el momento actual, dicho comportamiento invasor manifiesto, pero se predice que puedan llegar a mostrarlo si no se toman las medidas adecuadas para prevenir su expansión (PI), como *Acer negundo*.

Si bien la superficie ocupada por estas especies invasoras no es muy grande hasta la fecha, se ha podido constatar la regeneración a partir de semilla de *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon*, *Acer negundo* y *Eucalyptus globulus*. Y, por rebrote de raíz y cepa de *Acacia dealbata*, *A. retinodes* y *A. melanoxylon*, esta última con carácter invasor por todo el Campus.

CONCLUSIONES

Tras el análisis los resultados se ha podido concluir que:

1. A pesar de la dificultad para la identificación de cultivares e híbridos en las plantas cultivadas se han identificado 198 taxones, de los cuales 152 son cultivados y 42 espontáneos. El 52,5% de las angiospermas son perennifolias frente al 11,6% que son caducifolias, al contrario de lo que ocurre con gimnospermas en las que sólo el 1,5% son de hoja caduca frente al 32,4% de hoja perenne.
2. La familia mejor representada en gimnospermas es *Cupressaceae* con 14 taxones, mientras que en angiospermas son *Rosaceae* con 33 taxones, seguida de *Fabaceae* con 16. Y destacan el género *Acer* con 9 taxones, *Erica* y *Salix* con 6 y, entre las gimnospermas, *Pinus* con 4 taxones representados.
3. Entre las especies cultivadas el 78,8% son estrictamente ornamentales y el resto se han clasificado en 4 grupos: árboles frutales (5,8%), interés ecológico y/o didáctico (12,2%) y un pequeño grupo (3,2%) corresponden a especies relacionadas con la repoblación forestal.
4. Las especies autóctonas arbustivas pertenecen a la vegetación característica de los brezales húmedos atlánticos (hábitat 4020 de interés comunitario) y brezales secos característicos del cuadrante norte y noroccidental de la Península Ibérica (hábitat 4030 de interés comunitario).
5. De las especies consideradas como invasoras se ha podido constatar la regeneración a partir de semilla de: *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon*, *Acer negundo* y *Eucalyptus globulus* y procedentes de rebrote las dos acacias anteriores además de *Acacia retinodes*.
6. Ha sido posible realizar una clave dicotómica para la totalidad de las especies identificadas, basada preferentemente en caracteres vegetativos (publicada en esta revista, capítulo aparte).

BIBLIOGRAFÍA

- Arcea Xestión de Recursos Naturais S.L. (2006). As especies exóticas invasoras en Galicia: diagnóstico da situación actual e proposta de liñas de actuación. 2º Informe. Análise preliminar da situación das especies exóticas invasoras en Galicia. Xunta de Galicia. Recuperado el 20 de Mayo de 2016 de: <http://www.agroba.org / downloads/xestec-11/pdf1-125.pdf>
- Arcea Xestión de Recursos Naturais S.L. (2007). As especies exóticas invasoras en Galicia: diagnóstico da situación actual e proposta de liñas de actuación. Xunta de Galicia. Recuperado el 20 de Mayo de 2016 de: http://www.cmati.xunta.es/c/document_library/get_file?file_path=/portal-eb/Documentos_DXConservacion_da_Natureza/Biodiversidade/as_especies_exoticas_invasoras_en_galicia_diagnostico_e_%20proposta_de_actuacion.pdf
- Bailey, L.H. (1949). Manual of cultivated plants. New York: McMillan Publishing Co.
- Blanco, R., Pemán, J., Rodríguez, F., Aunós, Á. (2013). Estado comparativo de las masas de *Pinus uncinata* Ram. Potencialmente protectoras frente a aludes de una zona de Andora y de Cataluña. Pirineos. Rev. de Ecología de Montaña 168:39-57.

- BOE (2013). Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. Madrid.
- Brickell, C.D., Alexander, C., David, J.C., Hettterscheid, W.L.A., Leslie, A.C. Malecot, V., Jin, X., Cubey, J.J. (2009). International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. *Scripta Horticulturae*, 10: 1-204.
- Cascante, A. (2008). Guía para la recolecta y preparación de muestras botánicas. Recuperado el 10 de enero de 2016 de: <http://www.museocostarica.go.cr/herbario/pdf/Guia-para-recolectar.pdf>
- Fagúndez Díaz, J., Barrada Beiras, M. (2007). Plantas invasoras de Galicia: biología, distribución e métodos de control. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, Dirección Xeral de Conservación da Natureza.
- Fernández Alonso, X.I. (2016) Catálogo da Flora Ornamental da provincia de Pontevedra. Universidad de Santiago de Compostela (tesis doctoral, inédita).
- GEIB (2012). Plan Extratéxico Galego de Xestión das Especies Exóticas Invasoras e para o desenvolvemento dun sistema estandarizado de análise de riscos para as especies exóticas en Galicia. Recuperado el 20 de Mayo de 2016 de: http://www.cmati.xunta.es/seccionorganizacion/c/DX_Conservacion_Natureza?content=Direccion_Xeral_Conservacion_Natureza/Biodiversidade/seccion.html&std=Plan_expecies_exoticas_invasoras.html&sub=Xestion_EEI/
- García, X. R. (2016). Guía das plantas de Galicia. Vigo: Edicións Xerais de Galicia.
- García Martínez, X. R. (1991). Guía das plantas con flores de Galicia. 2 vols. Vigo: Edicións Xerais de Galicia.
- García Rollán, M. (2006). Atlas clasificatorio de la flora de España peninsular y Baleares. 2 vols. Madrid: Mundi-Prensa.
- García Treviño, L., García Treviño, C. (2009). El Milplantas. Guía para las plantas de los viveros de España. Sanguñeda (Mos): Viveros Adoa.
- Greuter, W., Rankin Rodríguez, R. (2012, traducción). Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Hongos y Plantas (Código de Melbourne). Madrid: CSIC
- Herrero Villacorta, B., Zaldívar García, P. (2001). Guía para reconocer árboles y arbustos caducifolios en invierno. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Horticolor, Empresa (2008). 2.000 árboles y arbustos (colección) plantas de los viveros españoles. Lyon Cedex: Horticolor.
- International Society for Horticultural Science. (2009). International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Recuperado el 10 de enero de 2016 de: http://www.actahort.org/chronica/pdf/sh_10.pdf
- López González, G. (2001). Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. 2 vols. Madrid: Mundi-Prensa.
- López Lillo, A., Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. 1999. Árboles de España. Manual de identificación. Madrid: Mundi-Prensa.
- Nieto Román, A., Martínez Leyenda, P. (2003). Guía da Natureza: Campus Marcosende. Vigo: OMA. Universidad de Vigo.
- Niño Ricoi, E., Losada Cortiñas, E., Castro González, J. (1994). Catálogo da flora vascular galega. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia.
- Ojeda, F. (2009a). 4020 Brezales húmedos atlánticos de *Erica ciliaris* In Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Ojeda, F. (2009b). 4030 Brezales secos europeos In Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- OMA (2007). Dossier Campus Verde. Oficina de Medioambiente. Universidad de Vigo (inédito).
- OMA (2016) Base de datos botánica del Campus Lagoas Marcosende. Recuperado el 1 de Julio de 2016 de: http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/_OMA_bd_plantas/listaxe_bdplantas_index.php.
- Pañella Bonastre, J. (1991). Las plantas de jardín cultivadas en España. Catálogo general y nombres populares. Barcelona: Floraprint España.

- Pereira-Espiñel Plata, J., Rodríguez Guitián, M.A., Iglesias Díaz, M.I., Rigueiro Rodríguez, A. (2012). Ruta Botánica por el Campus de Lugo. Lugo: Diputación Provincial de Lugo.
- Prieto-Puga, J. (1993). Guía de plantas de jardín. Madrid: Pirámide.
- Ramírez-Chaves, H. E., Pérez, W. E., Mejía-Egás, O., Tobar-Tosse, H.F., Muñoz, A., Trujillo Lozada, A. (2010). Biodiversidad del Campus de la Universidad del Cauca, Popoyán, Colombia. *Fac. CC. Agropecuarias* 8(2):104-117.
- Real Jardín Botánico. CSIC (online). Flora Ibérica. Recuperado en el 2016 de: <http://www.floraiberica.org/>
- Rodríguez Gracia, V., de Jesús González, J.A., Rodríguez Romero, R.A. (2008). Flora ornamental auriense. Orense: Duen de Bux.
- Rodríguez Guitián M. A. & Ramil-Rego P. (2007). Clasificaciones climáticas aplicadas a Galicia: revisión desde una perspectiva biogeográfica. *Recursos Rurais Vol1 nº 3* : 31-53
- Rodríguez Guntín, I. & Rubido Bará, M. (2005). Universidade é natureza: Itinerarios guiados polos hábitats do Campus de Vigo. Vigo: OMA. Universidad de Vigo.
- Romero Buján, M. I. (2008). Catálogo da flora de Galicia. Lugo: Monografía Ibader. Universidad de Santiago de Compostela.
- Royal Botanic Gardens Kew & Missouri Botanical Garden (2013). The Plant List: a working list of all plant species. Recuperado de enero a junio de 2016 de: <http://www.theplantlist.org/>.
- Salazar Mendías, C., Guerrero Ruiz, F.J. (2012). Flora ornamental de la Universidad de Jaén, Campus de Las Lagunillas. Jaén: Publicaciones de la Universidad de Jaén.
- Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (2001a). Guía de las plantas ornamentales. Madrid: Mundi-Prensa.
- Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (2001b). Árboles ornamentales. Valencia: Grupo Mundi-Prensa.
- Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (coord.) (2000). Flora Ornamental Española, vol I: Magnoliaceae-Casuarinaceae. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (coord.) (2002). Flora Ornamental Española, vol. II: Cactaceae-Cucurbitaceae. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (coord.) (2003). Flora Ornamental Española, vol. III: Salicaceae-Chrysobalanaceae. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (coord.) (2005). Flora Ornamental Española, vol. IV: Papilionaceae-Proteaceae. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (coord.) (2007). Flora Ornamental Española, vol. V: Santalaceae-Polygalaceae. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (coord.) (2010). Flora Ornamental Española, vol. VI: Araliaceae-Boraginaceae. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Soto, J., Díaz, J., Sthormes G. 2012 .Especies leñosas ornamentales de la Ciudad Universitaria de la Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 29: 56-71.
- Taín Guzmán, D. (2011). As árbores do Campus de Ourense. Orense: Oficina de Medio Ambiente de la Universidad de Vigo.
- Torroba Balmori, P., Zaldivar García, P., Hernández Lázaro, A. (2013). Semillas de frutos carnosos del norte ibérico. Guía de identificación. [DVD]. Valladolid: Ediciones Universidad de Valladolid
- Wright, M. (1986). Manual de plantas de jardín. Barcelona: Ediciones del Serbal.

CLAVE DICOTÓMICA DE LAS ESPECIES LEÑOSAS DEL CAMPUS UNIVERSITARIO DE VIGO (CUVI)

Rojo Martínez, S.; Castro, M.

e- mail: sergio.rojo.martinez@gmil.com; lcastro@uvigo.es

Anexo del Trabajo Fin de Grado de Sergio Rojo

Para elaborar la clave dicotómica se ha partido del catálogo de especies elaborado durante la realización del trabajo fin de Grado de Biología (publicado en REVBIGO, 2016).

En primer lugar se han separado las especies perennifolias de las de hoja caduca, ya que de esta forma la primera parte de la clave puede ser útil en invierno y, en cada uno de los grupos, se han separado gimnospermas de angiospermas.

Además, se han utilizado como caracteres diferenciadores de las especies los relativos a la morfología y disposición foliar, excepcionalmente se complementa con caracteres visibles “a ojo desnudo” de flores y frutos para que la clave pueda ser útil a un mayor número de personas, sean estudiantes de Biología o no.

Es importante recordar que una clave de identificación no es una flora, ni tampoco una guía, por tanto cuando una persona identifica un taxón a través de una clave dicotómica tiene obligatoriamente que comprobar si su resolución es correcta en alguna obra complementaria de flora, ya sea espontánea (Real Jardín Botánico-CSIC, online, García, 2016, García Rollán, 2006) u ornamental (Bailey, 1949; Castro *et al.*, 2007; Sánchez de Lorenzo Cáceres 2000, 2002, 2003, 2005, 2007, 2010; Whright 1986, entre otros). Verificar las coincidencias con la descripción y obviar las fotografías hasta el último momento. Se aconseja ser muy crítico con páginas de internet, donde el intrusismo es muy frecuente y la falta de rigor también.

CLAVE DICOTÓMICA

1. Plantas con hoja caduca: **110**
Plantas con hoja perenne: **2**
2. Especies con flores sin ovario, semillas desnudas, sin frutos (coníferas): **3**
Especies con flores verdaderas (ovario bien desarrollado) y frutos: **25**
3. Hojas aciculares, 3-6 cm., dispuestas en grupos sobre ramillas muy cortas (braquiblastos): *Cedrus deodara* (D.Don) G.Don
Hojas aciculares, lineares, triangulares o escuamiformes pero con otra disposición: **4**
4. Arbusto achaparrado, ramificación paralela al suelo, hojas escuamiformes (adultas) y aciculares menores de 0,5 cm. (juveniles) en la misma planta: *Juniperus chinensis* L.
Otro aspecto: **5**
5. Hojas escuamiformes, en general fuerte y/o largamente aproximadas a las ramas: **6**
Hojas con otra morfología: **14**
6. Hojas muy decurrentes por la rama: **7**
Hojas no decurrentes: **8**

7. Ramillas secundarias terminan todas a la misma altura, como recortadas: *Calocedrus decurrens* (Torr.) Florin
 Ramillas secundarias terminan a diferentes alturas: *Cupressus x leylandii* A.B.Jacks. & Dallin
8. Ramificación secundaria circular: **12**
 Ramificación secundaria plana: **9**
9. Hojas con una gruesa glándula resinífera olorosa en el dorso. Conos alargados con 6 brácteas sésiles: *Thuja plicata* Donn ex D.Don
 Hojas sin glándula resinífera olorosa, conos alargados o globosos: **10**
10. Ramificaciones verticales en relación al suelo, conos alargados con 6 brácteas sésiles: *Platycladus orientalis* (L.) Franco
 Ramificaciones horizontales en relación al suelo, líneas estomáticas blancas en la cara inferior de la rama. Conos esféricos, menos de 1,5 cm de diámetro: **11**
11. Ápice de las hojas aproximadas a la rama, líneas estomáticas en la parte apical de la rama en forma de x: *Chamaecyparis lawsoniana* (A.Murray) Parl.
 Ápice de las hojas exertas, ramilla áspera al tacto: *Chamaecyparis pisifera* (Siebold & Zucc.) Endl.
12. Hojas en general dispuestas en verticilos de 3, cono carnoso (gábulo) de color azulado: *Juniperus x pfitzeriana* (Späth) P.A.Smidt
 Hojas opuestas y decusadas: **13**
13. Conos leñosos ovoides: *Cupressus sempervirens* L.
 Conos leñosos esféricos, con ápices de las escamas superiores curvadas hacia dentro: *Cupressus arizonica* Greene
14. Hojas estrechas y aplanadas, más o menos triangulares u elipsoides: **15**
 Hojas aciculares, de sección más o menos circular: **16**
15. Hojas triangulares, largas 3-6 x 0,5-1 cm y duras: *Araucaria bidwillii* Hook.
 Hojas flexibles, inferiores a 3 x 0,3 cm, estrechas, disposición dística: *Taxus baccata* Hook.
16. Hojas aciculares, cortas, menos de 1,5 cm, verticiladas de 3 en 3: *Juniperus communis* L.
 Hojas no verticiladas: **17**
17. Hojas aisladas unas de otras: **18**
 Hojas unidas de 2 en 2 por una pequeña vaina basal: **22**
18. Hojas que al caer dejan una cicatriz redondeada y plana en la rama: **19**
 Hojas que al caer no presentan una cicatriz redondeada bien delimitada en la rama: **20**
19. Yemas ovoides en invierno, acículas rígidas, con dos líneas estomáticas en el envés. Conos erectos, rompen antes de caer al suelo: *Abies alba* Mill.
 Yemas extremadamente agudas en invierno, acículas flexibles, sin líneas estomáticas y conos con escama seminal saliente y trifida: *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco
20. Ramificación con hojas de tacto suave, plumosa, en general sin conos: *Cryptomeria japonica* cv. *elegans* hort.
 Ramificación con otro aspecto: **21**
21. Ramificación con hojas, ligeramente falcadas y ásperas al tacto. Conos globosos bianuales: *Cryptomeria japonica* (Thumb. Ex L.f.) D.Don
 Ramificación sin hojas presenta cojinetes pardos, da a la rama cierta aspereza. Conos cilíndricos, brillantes e péndulos: *Picea abies* (L.) H.Karst.

- 22.** Hojas de tamaño inferior a 7 cm de largo, piñas de menos de 6 cm de longitud, subglobosas: *Pinus sylvestris* L.
Hojas y piñas de mayor tamaño: **23**
- 23.** Acículas que rara vez alcanzan los 15 cm y piñas menores de 8 cm. Follaje verde muy oscuro: *Pinus nigra* J.F.Arnold
Acículas que pueden alcanzar 20 cm. o más y piñas que superan fácilmente los 10 cm. de longitud: **24**
- 24.** Acículas hasta 25 cm o más y piñas hasta 20 cm, alargadas y bastante acuminadas en estado inmaduro: *Pinus pinaster* Aiton
Acículas que rara vez alcanzan los 20 cm y piñas redondeadas, muy pesadas, hasta 12-14 cm de longitud: *Pinus pinea* L.
- 25.** Aspecto de palmera, un tronco único y uno o varios penachos de hojas en la cima: **26**
Otro aspecto: **29**
- 26.** Hojas en forma de abanico o de pai-pai: *Trachycarpus fortunei* (Hook.)H.Wendl.
Hojas en forma de cinta, más o menos triangulares: **27**
- 27.** Tronco con aspecto de piel de serpiente, al rozarlo libera un líquido rojo: *Dracaena drago* (L.) L.
Tronco con corteza, más o menos rugosa, sin líquido rojo: **28**
- 28.** Planta con más de 2 m de altura, flores blancas, diminutas en panícula muy ramificada: *Cordyline australis* (G.Forst.) Endl.
Planta en general de menor tamaño, flores que superan los 3-4 cm de longitud, acampanadas, en largos racimos verticales: *Yucca gloriosa* L.
- 29.** Tallo fistuloso, con gruesos nudos (caña). Hojas más o menos falciformes: **30**
Tallo no fistuloso: **31**
- 30.** Tallo con tonalidades doradas: *Phyllostachis aurea* Rivière & C.Rivière
Tallo de color castaño, más o menos oscuro: *Phyllostachis nigra* (Lodd. ex Lindl.) Munro
- 31.** Planta con espinas ya sea en las ramas, en los troncos o en las hojas: **32**
Planta sin espinas, aunque puede tener hojas con margen espinoso: **41**
- 32.** Arbusto con pequeñas ramas transformadas en espinas, flores blancas dispuestas en umbelas o corimbos: **33**
Arbusto con otras características: **34**
- 33.** Frutos amarillentos o anaranjados, hojas y cáliz con bastante pubescencia: *Pyracantha angustifolia* (Franch.) C.K.Schneid.
Frutos rojos, hojas y cáliz glabras o con muy poca pubescencia: *Pyracantha coccinea* M.Roen
- 34.** Conjunto de hojas, total o parcialmente, transformadas en espinas. Flores papilionáceas, amarillas: **35**
Tallos con espinas aisladas, hojas no transformadas, foliolos dentados: **39**
- 35.** Parte de las hojas se transforman en espinas trífidas y se intercalan con el resto: *Genista triacanthos* Brot.
Hojas y ramas transformadas en espinas: **36**
- 36.** Espinas muy pequeñas, duras y recurvadas como garras: *Ulex micranthus* Lange
Otras características: **37**
- 37.** Espinas que pueden superar los 6 cm. Flores con brácteas de más de 2 mm de ancho: *Ulex europaeus* L.

- Espinas menores y brácteas más estrechas: **38**
- 38.** Espinas poco densas y ligeramente flexibles. Cáliz entre 7-8,5 mm: *Ulex minor* Roth.
Espinas muy densas y rígidas. Cáliz entre 9-11 mm: *Ulex gallii* Planch.
- 39.** Hojas imparipinnadas. Flores con ovario ínfero. Fruto formado por una bola que contiene en el interior los verdaderos frutos (cinarrodón): *Rosa canina* L.
Hojas paripinnadas. Flores con ovario súpero. Fruto formado por numerosos frutillos carnosos agrupados al final del pedúnculo (polidrupa): **40**
- 40.** Hojas con 3 foliolos e pelos simples en el envés: *Rubus sampaianus* Sudre
Hojas con 5 foliolos e pelos estrellados en el envés: *Rubus ulmifolius* Schott
- 41.** Arbusto muy ramificado desde la base, ramas flexibles, verdes, sin hojas. Flores papilionáceas en el ápice: *Spartium junceum* L.
Otras características, planta con hojas: **42**
- 42.** Todas o parte de las hojas trifoliadas: **43**
Hojas simples o compuestas, no trifoliadas: **45**
- 43.** Flores dispuestas en un racimo apical, cáliz y fruto con pelos glandulosos de color pardo: *Adenocarpus lainzii* (Castrov.) Castrov.
Flores dispuestas a lo largo de tallos verdes y muy ramificados desde la base: **44**
- 44.** Ovario y fruto totalmente recubierto de pelos blancos: *Cytisus striatus* (Hill.) Rothm.
Ovario y fruto con dos líneas de pelos en las líneas de unión de las valvas: *Cytisus scoparius* (L.) Link
- 45.** Hojas pinnaticompuestas: **46**
Hojas simples: **47**
- 46.** Hojas biparipinnadas, glaucas. Flores globosas: *Acacia dealbata* Link
Hojas imparipinnadas. Folíolos con dientes espinosos en el margen semejantes a un acebo: *Mahonia japonica* (Thunb.) DC.
- 47.** Arbusto de pequeño tamaño con falsas hojas duras (filodios) terminadas en una punta espinosa. Flores y frutos nacen en el envés de los filodios: *Ruscus aculeatus* L.
Otras características: **48**
- 48.** Margen de las hojas con lóbulos espinosos: *Ilex aquifolium* L.
Margen de las hojas liso o dentado, no espinoso: **49**
- 49.** Hojas opuestas o verticiladas, escuamiformes o aciculares, de menos de 1 cm. Flores tetrámeras, rosadas, rara vez blancas, más o menos acampanadas: **50**
Hojas opuestas o alternas, pero con otras características: **56**
- 50.** Hojas muy pequeñas (escuamiformes), opuestas y decusadas. Flores con el cáliz coloreado, mayor que la corola: *Calluna vulgaris* (L.) Hull.
Hojas aciculares. Flores con cáliz verde, menor que la corola: **51**
- 51.** Grupo de flores apical, dispuesto en cima umbeliforme: **52**
Flores dispuestas en racimos: **53**
- 52.** Planta de pequeño tamaño, sin pelos glandulosos: *Erica umbellata* L.
Planta cubierta en la hojas, tallos y sépalos con cilios glandulosos: *Erica tetralix* L.
- 53.** Hojas, tallos y sépalos con cilios glandulosos: *Erica ciliaris* L.
Planta con o sin pelos, pero no glandulosos: **54**

- 54.** Arbusto que rara vez supera los 50 cm de altura, con racimos de flores muy apretados, casi cilíndricos y ramas cubiertas por pilosidad blanca: *Erica cinerea* L.
Arbusto de mayor altura, con grandes racimos laxos de flores rosadas: **55**
- 55.** Flores rosadas: *Erica australis* L.
Flores blancas: *Erica arborea* L.
- 56.** Planta trepadora: **57**
Planta no trepadora: **58**
- 57.** Hojas alternas y ovaladas. Flores blancas: *Solanum jasminoides* Paxton
Hojas pentalobuladas, en las ramas estériles, o elipsoides, en las fértiles. Raíces adventicias en los tallos. Flores verdosas, en cabeza globosa. Frutos negros: *Hedera hibernica* (G.Kirchn.) Bea
- 58.** Hojas opuestas: **59**
Hojas alternas o esparcidas: **81**
- 59.** Arbusto de pequeño tamaño, inferior a 50 cm, color blanco grisáceo, hojas opuestas y decusadas, diminutas (2-3 mm). Olor agradable, a nuez fresca. Flores en capítulos amarillos, aislados: *Santolina chamaecyparissus* L.
Hojas de mayor tamaño: **60**
- 60.** Hojas elipsoides, hasta 6 cm de largo. Flores aisladas, amarillas, pentámeras, de 3-4 cm de diámetro. Frutos rojos del tamaño de un guisante: *Hypericum x moserianum* André
Otros caracteres: **61**
- 61.** Arbusto que puede superar ampliamente el metro de altura, con hojas aciculares y flores azuladas durante casi todo el año esparcidas por las ramas: *Rosmarinus officinalis* L.
Otras características: **62**
- 62.** Ramas cuadrangulares, al menos en las partes más jóvenes. Corola labiada y ovario dividido externamente en 4 partes. En general plantas fuertemente aromáticas: **63**
Ramas cilíndricas. Corola de forma variable: **70**
- 63.** Hojas lineares, grisáceas. Flores pequeñas (2-3 mm), dispuestas en verticilos, formando una espiga cilíndrica, terminada por 2-5 brácteas azuladas o violáceas a modo de penacho: **64**
Flores no agrupadas en espigas apretadas con un penacho de brácteas: **65**
- 64.** Penacho con 4-5 brácteas de color morado: *Lavandula stoechas* L.
Penacho con 2-3 brácteas azuladas, espiga poco apretada: *Lavandula angustifolia* Mill.
- 65.** Planta rastrera, de hojas estrechas, grisáceas, escasamente aromática y sabor poco agradable. Flores blancas o ligeramente rosadas: *Thymus caespititius* Brot.
Arbustos no rastreros: **66**
- 66.** Arbustillo de pequeño tamaño (< 30 cm), no rastrero, con hojas pequeñas (< 1,5 cm), elipsoides: **67**
Arbusto de mayor tamaño u hojas con otras características: **69**
- 67.** Intenso olor a limón: *Thymus x citriodorus* (Pers.) Schreb.
Aromático, sin olor a limón: **68**
- 68.** Flores blanquecinas: *Thymus pulegioides* L.
Flores intensamente rosadas: *Thymus praecox* Opiz
- 69.** Hojas brillantes glabras o casi. Flores rojas, en general dispuestas por pares: *Salvia microphylla* Kunth
Hojas glaucas, totalmente recubiertas de pelos. Flores azules, en verticilastros racimosos: *Salvia officinalis* L.

- 70.** Hojas con el margen dentado: **71**
Hojas de margen entero: **72**
- 71.** Hojas anchas, hasta 3-4 cm. Frutos rojos con pez negra en su interior: *Euonymus japonicus* Thunb.
Hojas más estrechas. Fruto semejante a una aceituna: *Phyllirea latifolia* L.
- 72.** Hojas ovoides, fuertemente reticuladas. Flores blancas, dispuestas en cimas corimbiformes. Fruto negro azulado: *Viburnum tinus* L.
Otros caracteres: **73**
- 73.** Arbustos de pequeño porte, rara vez superan los 120 cm: **74**
Árboles o arbustos de mayor tamaño: **78**
- 74.** Arbustos autóctonos que rara vez sobrepasan el metro de altura, con hojas sésiles, al menos las superiores. Flores relativamente grandes, hasta 1,5 cm de diámetro o más: **75**
Arbustos cultivados, con otras características: **76**
- 75.** Flores amarillas y hojas de la base pecioladas: *Halimium lasianthum* subsp. *alyssoides* (Lam.) Greuter
Flores blancas, todas las hojas sin peciolo: *Cistus psilosepalus* Sweet (si hojas pringosas ver *Cistus ladanifer* L.)
- 76.** Arbusto muy ramificado, en general forma setos, con hojas diminutas, rara vez pasan de 1 cm. Flores blancas, raras, dispersas en grupos de 2 por las ramas: *Lonicera ligustrina* var. *yunnanensis* Franch.
- 77.** Arbusto de pequeño porte, hojas decusadas, con entrenudos cortos, disposición en cruz (4 filas). Flores azuladas, en largas espigas: *Veronica x andersonii* Lindley & Paxton
Arbusto muy ramificado, con ramas flexibles, hojas subdísticas, al menos en parte de la rama. Flores amarillas, de diámetro superior a 2,5 cm: *Hypericum x moserianum* André
- 78.** Árbol de hojas agudas y ligeramente acorazonadas en la base, con grandes panículas de flores blancas. Frutos negros: *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton
Arbustos con otro tipo de hojas: **79**
- 79.** Arbustos con panículas de flores blancas, muy aromáticas: **80**
Arbusto con hojas ovoides, flores poco aparentes, verdosas. Frutos en forma de pote con 3 pies: *Buxus sempervirens* L.
- 80.** Arbustos con las panículas florales dispuestas en grupo apicalmente: *Ligustrum ovalifolium* Hassk.
Arbustos con las panículas apicales dispuestas de forma dística en las ramas apicales: *Ligustrum sinense* Lour.
- 81.** Arbusto de aspecto pardo rojizo, fuertemente ramificado desde la base, hojas filiformes, cortas (1,5 cm). Floración intensa: *Leptospermum scoparium* J.R.Forst. & G. Forst.
Otras características: **81**
- 82.** Árbol con corteza gruesa, suberosa, hojas con margen festonado, a veces con dientes espinosos. Fruto glande con cúpula formada por escamas híspidas: *Quercus suber* L.
Corteza más o menos gruesa, pero no suberosa: **83**
- 83.** Hojas palmatilobuladas, de gran tamaño, 25-35 cm. Flores en grupos de cabezas esféricas situadas en el ápice de la planta: *Fatsia japonica* Decne. & Planch.
Hojas no palmatilobuladas: **84**
- 84.** Hojas adultas falcadas (filodios), perpendiculares al suelo, las juveniles, rectangulares (más o menos opuestas). Cáliz y fruto leñosos, numerosos estambres blanco amarillentos: *Eucalyptus globulus* Labill.

- Hojas adultas con otro aspecto: **85**
- 85.** Hojas de gran tamaño, pueden superar los 25 cm: **86**
Hojas que, en general, no superan los 20 cm: **87**
- 86.** Hojas elipsoides, de margen entera, con vellosidad pardo amarillenta en el envés. Flores blancas, superan los 15 cm de diámetro. Fructificación parece un estróbilo (polifolículo) con semillas rojas: *Magnolia grandiflora* L.
Hojas con nerviación fuertemente marcada, margen dentado, glauco y pubescente en envés. Flores blancas en grupos umbeliformes. Fruto níspero: *Eryobotria japonica* (Thunb.) Lindl.
- 87.** Plantas postradas: **88**
Plantas erectas: **89**
- 88.** Planta leñosa únicamente en la base, rastrera, con hojas ovoides, de 1,5-2,5 cm. Flores azules con un largo tubo en el que se incluyen 5 estambres desiguales: *Glandora prostrata* (Loisel.) D.C.Thomas
Planta leñosa en su totalidad, hojas pequeñas y brillantes. Flores blancas y frutos rojos: *Cotoneaster horizontalis* Decne.
- 89.** Arbustos espontáneos que, en general, no superan los 80 cm: **90**
Árboles o arbustos ornamentales de mayor tamaño: **91**
- 90.** Hojas verdes en el haz y blanquecinas en el envés. Flores en racimo, tubulares, color rosado: *Daboecia cantabrica* (Huds.) C.Koch subsp. cantabrica
Planta vellosa, glauca. Flores blancas con las anteras muy aproximadas y acuminadas. Fruto rojo: *Solanum villosum* Mill.
- 91.** Hojas de margen dentado, más o menos groseramente: **92**
Hojas de margen entero u ondulado, no dentado: **99**
- 92.** Parte de las hojas (adultas o jóvenes) son de color rojo púrpura, al menos en primavera: **93**
Hojas siempre verdes: **95**
- 93.** Sólo los brotes jóvenes de color purpúreo, flores blancas, acampanadas o urceoladas, en panículas grandes. Arbusto que raramente supera 1,5 m de altura: *Pieris japonica* (Thunb.) D.Don ex G.Don
Arbustos de gran talla, hojas ligeramente denticuladas: **94**
- 94.** Hojas mucronadas, con más de 20 pares de nervios. Fruto maduro de color pardo púrpura: *Photinia serratifolia*
Hojas progresivamente adelgazadas hacia el ápice, en general menos de 20 pares de nervios. Fruto maduro de color rojo: *Photinia x fraseri* cv. Red Robin hort.
- 95.** Arbusto muy ramificado, normalmente forma setos, hojas no superiores a 3,5 cm. Flores casi todo el año de color rojo, forma acampanada, pero con los pétalos libres hasta la base: *Escallonia rubra* var. *macrantha* (Hook. & Arn.) Reiche
Otras características: **96**
- 96.** Hojas ovoides, verde oscuro, sin pelos, margen ligerísimamente dentado. Flores grandes, vistosas, de diferentes colores: *Camellia japonica* L.
Hojas elipsoides, otras características: **98**
- 98.** Flores blancas acampanadas, en racimos y frutos globosos de color anaranjado o rojizo, aparecen simultáneamente: *Arbutus unedo* L.
Flores blancas en largos racimos erectos. Frutos negro azulados: *Prunus lusitanica* L.

- 99.** Hojas fuertemente onduladas. Flores púrpura negruzco. Fruto subgloboso con numerosas semillas rojas en el interior, rodeadas por resina: *Pittosporum tenuifolium* Banks & sol. Ex Gaertn.
Hojas de margen ligeramente ondulada o entera y lisa: **100**
- 100.** Margen ligeramente ondulado, flores femeninas poco aparentes. Fruto semejante a una pequeña aceituna negra: **101**
Otra morfología foliar: **102**
- 101.** Árbol o arbusto con hojas aromáticas. Flores femeninas poco aparentes. Fruto semejante a una pequeña aceituna negra: *Laurus nobilis* L.
Flores verdosas o amarillentas. Fruto semejante a una pequeña aceituna de color negro en la madurez: *Laurus azorica* (Seub.) Franco
- 102.** Hojas fuertemente estrechadas en la base y redondeadas en el ápice, de color verde muy oscuro. Flores blancas, muy olorosas. Fruto con numerosas semillas rodeadas por resina: *Pittosporum tobira* (Thunb.) W.T.Aiton
Hojas con otra morfología: **103**
- 103.** Hojas elipsoides que superan ampliamente los 10 cm de longitud: **104**
Hojas de menor tamaño o con otra morfología: **105**
- 104.** Hojas muy brillantes, con 2-6 glándulas basales, lo que le confiere olor a almendras amargas. Inflorescencia racimosa de flores blancas. Fruto negro: *Prunus laurocerasus* L.
Hojas con otras características. Grupos de grandes flores de color rosado, más o menos violáceo: *Rhododendron ponticum* L.
- 105.** Árboles o arbustos que superan los 2,5 m de altura. Flores amarillentas, globosas y fruto en legumbre: **105**
Menor tamaño. Flores y fruto de otro tipo: **107**
- 106.** Hojas adultas (filodios) con nerviación paralela, a veces presenta dimorfismo foliar (inferiores biparipinnadas): *Acacia melanoxylon* R.Br.
Hojas adultas con nerviación pinnada: *Acacia retinodes* Schltdl.
- 107.** Flores aisladas al final de las ramas, muy vistosas y ligeramente asimétricas: **108**
Flores en corimbos o umbelas péndulas, blancas. Frutos rojos: **109**
- 108.** Hojas pequeñas (1,5-2 cm), flores rosadas: *Rhododendron obtusum* hort. ex Wats
Hojas de mayor tamaño, flores grandes, superan los 3 cm de diámetro, colores variados: *Rhododendron indicum* (L.) Sweet
- 109.** Hojas de color verde glauco, vellosas. Frutos en grupos inferiores a 10: *Cotoneaster pannosus* Franch.
Hojas verde brillante. Frutos pequeños, en grupos numerosos: *Cotoneaster turbinatus* Craib
- 110.** Hojas flabeladas (forma de abanico), escotadas o no en el ápice. Nerviación dicótoma: *Ginkgo biloba* L.
Hojas con otra morfología: **111**
- 111.** Plantas que no producen verdaderas flores, ni frutos, aunque sí conos leñosos o piñas (gimnospermas): **112**
Plantas que no producen en algún momento de su ciclo biológico flores y frutos: **113**
- 112.** Hojas aciculares, agrupadas en braquiblastos: *Larix x marschlinsii* Coaz.
Hojas filiformes, disposición dística. Árbol que puede vivir en lagunas y zonas encharcadas: *Taxodium distichum* (L.) Rich.

- 113. Hojas compuestas: 114**
 Hojas simples: **126**
- 114. Hojas palmaticompuestas, en general de color purpúreo: *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.**
 Hojas pinnaticompuestas: **115**
- 115. Hojas opuestas: 116**
 Hojas alternas: **120**
- 116. Menos de 7 folíolos por hoja: 117**
 Con 7 o más folíolos por hoja y fruto tipo sámara: **118**
- 117. Folíolos anchos, irregularmente lobulados, de 3-5 por hoja. Frutos en disámara: *Acer negundo***
 Folíolos estrechos, de 5-7 por hoja. Grandes cimas corimbiformes de flores blancas, muy aromáticas. Frutos negros: *Sambucus nigra* L.
- 118. Gruesas yemas apicales y foliares de color negro, en general folíolos que superan los 2cm de anchura: *Fraxinus excelsior* L.**
 Yemas de color pardo, hojas con 7-9 folíolos: **119**
- 119. Folíolos de 2-3 cm de ancho: *Fraxinus americana* L.**
 Folíolos menos de 2 cm de anchura: *Fraxinus angustifolia* Vahl.
- 120. Árbol con hojas, al menos, bipinnadas: 121**
 Hojas simplemente imparipinnadas: **122**
- 121. Hojas de gran tamaño, tetrapinnadas. Flores blanco violáceas en panículas. Frutos subglobosos amarillentos en la madurez: *Melia azedarach* L.**
 Hojas biparipinnadas. Flores violáceas con numerosos estambres. Fruto legumbre: *Albizia julibrissin* Durazz.
- 122. Planta trepadora con grandes racimos de flores papilionáceas de color azul o blanco. Fruto en legumbre: *Wisteria sinensis* (Sims) Sweet**
 Planta no trepadora: **124**
- 123. Hojas fuertemente aromáticas, de 7-9 folíolos, mucho menores los de la base que los del ápice. Fruto globoso, verde, semilla cerebriforme (nuez): *Juglans regia* L.**
 Otras características: **124**
- 124. Hojas con 11-19 folíolos, fuertemente dentados. Flores blancas en cimas umbeliformes. Frutos rojos: *Sorbus aucuparia* L.**
 Hojas con menos folíolos. Flores papilionáceas en racimos péndulos. Frutos en legumbre: **125**
- 125. Folíolos de ápice agudo. Fruto con constricciones entre las semillas: *Styphnolobium japonicum* (L.) Schott**
 Folíolos de ápice redondeado. Fruto sin fuertes constricciones. Espinas en las ramas más jóvenes o en los brotes a ras de suelo: *Robinia pseudoacacia* L.
- 126. Hojas opuestas: 127**
 Hojas alternas o esparcidas: **139**
- 127. Contorno de la hoja palmeado: 128**
 Hojas elipsoides, ovoides, etc., no palmeadas: **133**
- 128. Arbusto con hojas trilobuladas e inflorescencias globosas blancas: *Viburnum opulus* L.**
 Árbol con hojas tri o pentalobuladas, frutos en disámara: **129**

- 129.** Al arrancar la hoja se libera un látex lechoso, blanco. Hojas pentalobuladas. Disámara con ángulo superior a 120°: *Acer platanoides* L.
Al ser arrancadas las hojas no liberan látex blanco: **130**
- 130.** Margen de las hojas, más o menos, finamente dentado: **131**
Margen de las hojas liso o con profundos lóbulos secundarios: **132**
- 131.** Hojas de pequeño tamaño, diversa coloración a lo largo del año, con lóbulos muy profundos. Disámara con ángulos superiores a 120°: *Acer palmatum* Thunb.
Hojas grandes, con lóbulos poco marcados, verde purpúreas. Disámara con ángulos próximos a los 90°: *Acer pseudoplatanus* L.
- 132.** Hojas pequeñas, trilobuladas. Disámara con ángulo próximo a los 120°: *Acer campestre* L.
Hojas pentalobuladas. Savia dulce. Disámara con ángulo próximo a los 90°: *Acer saccharinum* L.
- 133.** Planta trepadora. Hojas ovoides, pequeñas. Flores en grupos terminales, blanco amarillentas, con 4 pétalos hacia abajo y uno hacia arriba, fuertemente olorosas: *Lonicera peryclimenum* L.
Planta no trepadora: **134**
- 134.** Arbusto con pequeñas hojas alargadas, ásperas al tacto y con intenso aroma a limón. Pequeñas flores blanquecinas, en panículas: *Aloysia citriodora* Palau
Sin olor a limón: **135**
- 135.** Arbusto con intensa floración amarilla, antes de la salida de las hojas, que son elipsoides y fuertemente dentadas: *Forsythia x intermedia* Zabel
Floración posterior o simultánea a la salida de las hojas: **136**
- 136.** Arbusto con hojas de gran tamaño, hasta 20 cm de longitud, dentadas. Inflorescencias formando esferas que pueden superar los 20 cm de diámetro: *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser.
Hojas de menor tamaño, ovales u oval lanceoladas con el margen, más o menos, dentado: **137**
- 137.** Hojas no pubescentes, flores blancas, menudas, dispuestas en umbela corimbiformes terminales: *Viburnum cassinoides* L.
Hojas, más o menos pubescentes: **138**
- 138.** Hojas pubescentes por la cara inferior como las ramas jóvenes. Flores rosadas con pétalos soldados. Flores en grupos de 3 o 4: *Weigela florida* (Bunge) A.DC.
Hojas pubescentes por ambas caras, toscas al tacto. Flores blancas o rosadas, simples o dobles, con pétalos libres y agrupadas en inflorescencias cimosas: *Deutzia scabra* Thunb.
- 139.** Árbol que desprende un látex blanco al arrancar las hojas o los frutos: **140**
Planta que no desprende látex blanco: **141**
- 140.** Hojas acorazonadas, dentadas, raramente lobuladas. Fruto con aspecto de mora (sorosis): *Morus alba* L.
Hojas pentalobuladas. Fruto con aspecto de higo (sicono): *Ficus carica* L.
- 141.** Hojas con el ápice ampliamente escotado en V. Flores grandes, verdosas, con numerosos estambres, pétalos y sépalos indiferenciados: *Liriodendron tulipifera* L.
Hojas obtusas o agudas en el ápice, no escotadas: **142**
- 142.** Limbo desigual en la base (asimétrico), hojas paralelas al suelo, margen dentado. Fruto en sámara con ala circular: *Ulmus parvifolia* Jacq.
Limbo igual en la base (simétrico): **143**
- 143.** Nerviación principal de las hojas palmeada (palmatinervias): **144**
Nerviación principal de las hojas pinnada (pinnatinervias): **154**

- 144.** Hojas de contorno acorazonado. Flores en cimas corimbiformes protegidas por una gran bráctea alargada: **145**
Hojas palmatilobuladas: **147**
- 145.** Hojas grisáceas en el envés debido a la fuerte vellosidad que poseen: *Tilia tomentosa* Moench
Hojas verdosas en el envés, con o sin pelos, pero no totalmente recubiertas: **146**
- 146.** Envés de la hoja con mechones blancos en la axila de los nervios. Inflorescencia péndula: *Tilia platyphyllos* Scop.
Envés de la hoja con mechones de pelos, de color pardo rojizo, en la axila de los nervios.
Inflorescencias erectas: *Tilia cordata* Mill.
- 147.** Arbustos, más o menos, ramificados desde la base o planta trepadora: **148**
Árboles que pueden alcanzar gran talla, tronco único: **151**
- 148.** Hojas pentalobuladas. Flores poco aparentes en racimos péndulos. Frutos rojos: *Ribes rubrum* L.
Hojas trilobuladas: **149**
- 149.** Planta trepadora: *Parthenocissus tricuspidata* (Siebold & Zucc.) Planch.
Planta no trepadora: **150**
- 150.** Hojas con gruesos dientes en el margen, fuertemente adelgazadas hacia el ápice. Flores que superan ampliamente los 3 cm de diámetro, violáceas o blanquecinas: *Hibiscus syriacus* L.
Hojas con otra morfología, flores poco aparentes en racimos péndulos. Frutos negros: *Ribes nigrum* L.
- 151.** Corteza lisa o sublisa en ejemplares adultos, blanca o en manchas: **152**
Corteza más o menos rugosa, de color gris o pardo: **153**
- 152.** Hojas grandes, penta o heptalobuladas, vellosas en el haz y el envés. Frutos globosos (poliaquenios). Corteza con aspecto de traje camuflaje: *Platanus x hispanica* Mill. ex Münchh.
Hojas pentalobuladas irregularmente, verdes en el haz y blanco grisáceas en el envés. Corteza blanca: *Populus alba* L.
- 153.** Ramillas jóvenes con corteza gruesa y suberosa (corcho). Lóbulos de las hojas muy agudos, margen dentado. Frutos globosos (polifolículos): *Liquidambar styraciflua* L.
Ramillas no suberosas. Hojas amplias, de 3-7 lóbulos. Grandes panículas de pequeñas flores. Fruto tipo cápsula, con 4-5 valvas: *Firmiana simplex* (L.) W.Wright
- 154.** Árbol con grandes flores (5-9 cm de longitud), de blanco rosado a púrpura, sépalos caducos, que aparecen antes que las hojas: *Magnolia x soulangeana* Sould.-Bod.
Otras características: **155**
- 155.** Árbol con hojas acorazonadas, muy grandes, hasta 30-40 cm de longitud. Flores blancas, en panículas. Frutos tipo legumbre, péndulas, hasta 30 cm de longitud: *Catalpa bignonioides* Walter
Árbol o arbusto con hojas y frutos de menor tamaño: **156**
- 156.** Hojas de margen lobulado: **157**
Hojas de margen entero o dentado: **163**
- 157.** Hojas tri o pentalobuladas, con base cuneiforme, fuertemente adelgazada hacia el peciolo. Fruto tipo pomo: **158**
Hojas con mayor número de lóbulos y base diferente. Fruto tipo glande (bellota): **160**
- 158.** Planta en cultivo no espinosa. Hojas pubescentes en la base. Fruto de unos 2 cm de diámetro rojo o amarillo al madurar, con 3 semillas en el interior. En cultivo carecen de espinas: *Crataegus azarolus* L.

Planta con espinas: **159**

- 159.** Flores blancas, fruto rojo, con una sola semilla: *Crataegus monogyna* Jacq.
Flores blancas o rosadas, a veces dobles, fruto rojo, con varias semillas: *Crataegus laevigata* (Poir.) DC.
- 160.** Hojas sin pelos, con lóbulos poco profundos y base con aurículas. Frutos sobre un largo pedúnculo: *Quercus robur* L.
Hojas con otra morfología. Frutos no pedunculados: **161**
- 161.** Hojas sin pelos, ápice de los lóbulos grandes trilobulados, agudos, tienden al rojo púrpura en otoño: *Quercus rubra* L.
Hojas con pelos, fuertemente lobuladas: **162**
- 162.** Hojas vellosas por ambas caras, lobulado-partidas a lobulado-sectadas. Cúpula del glande con escamas imbricadas, no sobresalientes: *Quercus pyrenaica* Willd.
Hojas híspidas en el haz, vellosas en el envés, lóbulos muy irregulares, generalmente lobado-sectadas. Cúpula del glande con escamas hirsutas: *Quercus cerris* L.
- 163.** Arbusto muy ramificado, con gran cantidad de grandes espinas. Follaje púrpura rojizo durante todo el año. Flores amarillas y frutos rojos: *Berberis thunbergii* DC.
Árbol o arbusto de color verde, al menos en primavera: **164**
- 164.** Arbustos con espinas en las ramas: **165**
Árboles o arbustos no espinosos en las ramas: **167**
- 165.** Floración antes de aparecer las hojas: **166.**
Floración posterior a las hojas, que son suborbiculares, ligeramente acorazonadas en la base e acuminadas en el ápice, margen dentado. Fruto pomo (pera): *Pyrus cordata* Desv.
- 166.** Hojas ovoides o elipsoides, de margen crenulado, sin estípulas. Flores numerosas y blancas. Frutos globosos tipo drupa: *Prunus spinosa* L.
Arbusto de pequeño tamaño, con numerosas flores rosadas o rojizas antes de la aparición de las hojas, aunque conviven durante un tiempo después del brote de éstas. Hojas con estípulas en la base. Fruto pomo: *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach
- 167.** Limbo de las hojas triangular o deltoide. Pecíolo largo. Las semillas se dispersan acompañadas de una pelusa blanca: **168**
Limbo con otra morfología: **169**
- 168.** Hojas con pecíolo hasta 6 cm, lateralmente comprimido, margen de la hoja festonado-aserrado: *Populus nigra* L.
Hojas hasta 10 cm, margen ampliamente dentado: *Populus x canadensis* Moench.
- 169.** Hojas de margen entero o ligeramente ondulado: **170**
Hojas con el margen aserrado o fuertemente festonado: **172**
- 170.** Arbusto autóctono, corteza rojo púrpura, al menos en las ramas jóvenes. Flores blancas, pequeñas y frutos globosos, de color rojo: *Frangula alnus* Mill.
Árbol con corteza lisa o rugosa, pero no de color rojo: **171**
- 171.** Árbol con corteza muy lisa, hojas con larga pubescencia en el margen y en las axilas de los nervios. Flores poco vistosas. Frutos tipo glande con la cúpula espinosa (hayuco): *Fagus sylvatica* L.
Árbol con corteza más o menos rugosa, hojas glabras y muy brillantes. Flores aisladas de color amarillento. Fruto globoso tipo baya (caki): *Diospyros kaki* L.f.

- 172.** Arbustos de gran talla, con floración en amentos anterior a la salida de las hojas, que son alargadas y, al menos en las ramas jóvenes, presentan estípulas: **173**
Otras características: **178**
- 173.** Hojas al menos 6 veces más largas que anchas: **174**
Hojas más anchas: **176**
- 174.** Envés de la hoja blanquecino o gris claro. Ramillas de color amarillento: *Salix alba* L.
Envés de la hoja verdoso o glauco, no blanco: **175**
- 175.** Ramas péndulas y retorcidas sobre sí mismas, al igual que las hojas: *Salix babilonica* L. cv. *tortuosa*
Ramas flexibles, pero no péndulas: *Salix fragilis* Forssk.
- 176.** Hojas anchas, ápice agudo, color verde glauco, mate: *Salix capraea* L.
Hojas al menos dos veces más largas que anchas, haz muy oscuro, brillante, envés más claro, grisáceo: **177**
- 177.** En general estípulas persistentes incluso en las ramas viejas: *Salix atrocinernea* Brot.
Estípulas caducas, sólo se observan en las ramas muy jóvenes: *Salix x reichardtii* A.Kern.
- 178.** Arbustos que no sobrepasan 1,5 m de altura, ramas muy flexibles, floración blanca intensa, llegando a recubrir totalmente la planta. Hojas alargadas, oblongo lanceoladas: **179**
Otro aspecto: **180**
- 179.** Hojas con escasos y gruesos dientes, fuertemente adelgazada hacia la base: *Spiraea cantoniensis* Lour.
Hojas lanceoladas, estrechas y acuminadas, margen aserrado: *Spiraea thunbergii* Siebold ex Blume
- 180.** Hojas al menos 2,5 veces más largas que anchas, margen con dientes terminados en una punta aguda (no picante). Fruto glande formado en cúpulas espinosas (erizo): **181**
Sin estas características: **182**
- 181.** Nerviación de la hoja muy marcada y dientes más profundos: *Castanea sativa* Miller
Nerviación poco marcada: *Castanea x hybrida* hort.
- 182.** Corteza blanca y lisa, interrumpida por numerosas líneas negras (lenticelas). Ramas muy flexibles, péndulas, hojas romboides y. Flores masculinas en amentos, antes de la aparición de las hojas: *Betula pubescens* Ehrh.
Corteza con otro aspecto y hojas con diferente morfología: **183**
- 183.** Hojas casi tan largas como anchas: **184**
Hojas al menos dos veces más largas que anchas: **188**
- 184.** Hojas redondeadas, margen festonado, obtusas, nerviación muy marcada y las jóvenes pegajosas. Infrutescencias en forma de pequeña piña leñosa (pseudotróbilo): *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.
Hojas jóvenes no pegajosas y fructificación diferente: **185**
- 185.** Pecíolo casi tan largo como el limbo, flexible. Limbo verde claro, con dientes separados, redondeados. Semillas se dispersan acompañadas de una vellosidad blanca: *Populus tremula* L.
Pecíolo no tan largo como el limbo: **186**
- 186.** Hojas doblemente dentadas, ápice muy agudo, nerviación muy marcada. Fruto seco rodeado por brácteas (avellana): *Corylus avellana* L.
Hojas simplemente dentadas. Fruto tipo pomo (manzana): **187**
- 187.** Hojas verde glauco en el envés *Malus domestica* Borkh.
Hojas verdes por ambas caras: *Malus pumilla* Mill.

- 188.** Envés de las hojas gris plateado. Flores blancas, dispuestas en cimas umbeliformes o corimbiformes:
189
Envés de las hojas más o menos verdoso, no plateado: **190**
- 189.** Margen de las hojas finamente aserrado: *Sorbus aria* (L.) Crantz
Margen de las hojas doblemente dentado: *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers.
- 190.** Flores y hojas aparecen simultáneamente: **191**
Intensa floración antes de la aparición de las hojas, aunque posteriormente pueden convivir hojas y flores: **193**
- 191.** Hojas ovoides, flores blancas: **192**
Hojas suborbiculares, flores rosadas. Fruto en pomo (membrillo): *Cydonia oblonga* Mill.
- 192.** Flores dispuestas en racimos. Fruto en drupa (cereza): *Prunus padus* L.
Flores en cimas umbeliformes. Fruto en pomo (pera): *Pyrus communis* L.
- 193.** Árbol ornamental, en general estéril. Flores en cimas umbeliformes con gran cantidad de flores rosadas: *Prunus serrulata* Lindl.
Árboles fértiles, fruto tipo drupa: **194**
- 194.** Flores de color rosa intenso. Hojas estrechas y alargadas. Fruto tipo drupa, con el endocarpo estriado (melocotón): *Prunus persica* (L.) Batsch
Flores blancas y endocarpo del fruto liso: **195**
- 195.** Hojas con la base cuneiforme, haz oscuro. Frutos con pedúnculos cortos (ciruelas): *Prunus domestica* L.
Hojas adelgazadas en la base, pero no cuneiformes. Frutos en drupa, con largos pedúnculos (cerezas): *Prunus avium* (L.) L.

BIBLIOGRAFÍA

- Bailey, L.H. (1949). *Manual of cultivated plants*. New York: McMillan Publishing Co.
- Castro, M., Prunell, A. & Blanco-Dios, J.B. (2007) *Guía das árbores autóctonas e ornamentais de Galicia*. Vigo: Edicións Xerais.
- García, X. R. (2016). *Guía das plantas de Galicia*. Vigo: Edicións Xerais.
- García Rollán, M. (2006). *Atlas clasificatorio de la flora de España peninsular y Baleares*. 2 vols. Madrid: Mundi-Prensa.
- Real Jardín Botánico. CSIC (online). *Flora Ibérica*. Recuperado en el 2016 de: <http://www.floraiberica.org/>
- Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (coord.) (2000). *Flora Ornamental Española, vol I: Magnoliaceae-Casuarinaceae*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (coord.) (2002). *Flora Ornamental Española, vol. II: Cactaceae-Cucurbitaceae*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (coord.) (2003). *Flora Ornamental Española, vol. III: Salicaceae-Chrysobalanaceae*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (coord.) (2005). *Flora Ornamental Española, vol. IV: Papilionaceae-Proteaceae*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (coord.) (2007). *Flora Ornamental Española, vol. V: Santalaceae-Polygalaceae*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (coord.) (2010). *Flora Ornamental Española, vol. VI: Araliaceae-Boraginaceae*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Wright, M. (1986). *Manual de plantas de jardín*. Barcelona: Ediciones del Serbal.

ACTUALIZACIÓN DEL CHECKLIST DE LÍQUENES Y HONGOS LIQUENÍCOLAS DE GALICIA.

Crespo Pardo, E.

e- mail: eugenia482@gmail.com

Trabajo Fin de Grado

Resumen

Tutora:

- Graciela Paz Bermúdez¹
- María Eugenia López de Silanes¹
- Marisa Castro²

¹Área de Producción Vegetal

²Departamento de Biología Vegetal

y Ciencia del Suelo

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

La "Lista de los líquenes y hongos liquenícolas de Galicia" realizada por Álvarez et al. (2001) se actualiza en el presente trabajo. En esta investigación, se aportan un total de 63 taxones nuevos para Galicia. De estos, *Micarea pycnidiphora* Coppins & P. James, *Thrombium thelostomum* (Ach. ex Harriman) A. L. Sm y *Trapeliopsis aeneofusca* (Flörke ex Flot.) Coppins & P. James son primera cita para España y *Verrucaria mundula* P. M. McCarthy lo sería para el Hemisferio Norte. El total de citas nuevas por provincias es: A Coruña (15), Lugo (18), Ourense (39), Pontevedra (16).

INTRODUCCIÓN

Los catálogos en los que se recopilan citas bibliográficas de líquenes suponen un gran beneficio para los liquenólogos y otros investigadores, ya que además de aportar información acerca de la diversidad fúngica de un área geográfica, nos permiten presuponer qué zonas son las que se encuentran más o menos estudiadas y conocer a los autores que recolectaron o identificaron especies que nos puedan interesar. Su revisión nos da acceso a taxones con la nomenclatura actualizada y también a especies que están en una situación de identificación dudosa.

El único catálogo que recopila todo lo publicado en materia de líquenes y hongos liquenícolas de la península Ibérica y las Islas Baleares, es el realizado por Llimona & Hladun (2001) y Hladun & Llimona (2002-2007). Además, existen numerosas publicaciones a nivel autonómico o provincial, como la de Valencia (Atienza y Segarra, 1999), Asturias (De La Torre & Fernández Ordoñez, 2000), Madrid (Burgaz, 2006), Cantabria (Pérez-Ortega & Álvarez-Lafuente, 2006a), Castilla y León (Pérez-Ortega & Álvarez-Lafuente, 2006b), Aragón (Etayo, 2009) o Andalucía (Burgaz, 2014), entre muchas otras.

En Galicia, el primer checklist que se publicó fue el de Carballal et al. (1995), en el que se aportan 725 taxones. En la posterior actualización, llevada a cabo por Álvarez et al. (2001), la cifra de líquenes y hongos liquenícolas ascendía a un total de 888.

Galicia está localizada geográficamente entre los 42° y 44° de latitud norte, con una posición excéntrica en el suroeste europeo. Está bañada por el océano Atlántico por el oeste y por el mar Cantábrico en el norte. Al sur limita con Portugal y al este, con Asturias y las provincias de León y Zamora.

Debido a su proximidad al mar, Galicia presenta un clima de tipo oceánico, con precipitaciones regulares a lo largo del año y temperaturas suaves, sobre todo en la zona litoral, aunque en el verano, las temperaturas suelen ser altas. Galicia supone una franja de transición bioclimática desde el litoral hasta las sierras orientales y sudorientales que continúan hacia el resto de la Península. Esto crea ambientes climáticos particulares a meso- y microescala. Esta multiplicidad climática junto con el tipo de sustrato (mayoritariamente ácido en Galicia), condiciona las características de los suelos, así como la distribución y, a su vez, el comportamiento de las especies vegetales y animales existentes en la comunidad gallega, haciendo que sea elevada la riqueza fúngica, florística y faunística existente (Cortizas *et al.* 1999).

Todo lo anteriormente expuesto, unido al hecho de que desde un punto de vista florístico, encontramos dos regiones, la Eurosiberiana y la Mediterránea, hacen que Galicia sea una zona de confluencia, lo que garantiza una importante riqueza en biodiversidad. En la primera región, son característicos los árboles caducifolios mesófilos, como por ejemplo el roble, el abedul y el fresno. En cambio, en la región Mediterránea son abundantes los bosques de árboles esclerófilos perennifolios, en donde se pueden encontrar, por ejemplo, encinas y alcornoques (Silva-Pando & Rigueiro Rodríguez, 1992).

El objetivo principal de este trabajo es la actualización del checklist de líquenes y hongos liquenícolas de Galicia, ya que la última recopilación de citas de la comunidad gallega se realizó por Álvarez *et al.* (2001).

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente lista se ha realizado en base a las citas bibliográficas recopiladas en trabajos que se han ido publicando en revistas científicas desde el último checklist elaborado en la comunidad gallega (Álvarez *et al.* 2001) hasta el presente. No se han incluido aquellos taxones que se presentan en tesis, tesinas o trabajos de fin de grado, que no fueron publicados posteriormente en revistas científicas. Para la búsqueda de estos trabajos se ha utilizado la página Recent Literature on Lichens de la Universidad de Oslo (base de datos con información relativa sobre revistas científicas, artículos y otras publicaciones en relación con los líquenes) y las recopilaciones bibliográficas realizadas por Burgaz (2003 al 2014), entre otras.

La nomenclatura utilizada sigue básicamente las indicaciones de Index Fungorum (<http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>).

RESULTADOS

En esta memoria presentamos 63 taxones nuevos citados en Galicia desde el año 2001. La relación de citas por provincias es: A Coruña (15), Lugo (18), Ourense (39), Pontevedra (16).

Los taxones están ordenados alfabéticamente, indicando en los casos en los que sea necesario, el sinónimo con el que se citó. Para cada taxón se indican las citas por provincias. Estas están abreviadas del siguiente modo: C (A Coruña), Lu (Lugo), Ou (Ourense) y Po (Pontevedra). A los taxones que sean primera y segunda cita para Galicia los identificaremos respectivamente con los siguientes símbolos: (●) y (◆). Relación de taxones ordenados alfabéticamente por género:

ACAROSPORA A Massal.

(●)*Acarospora murorum* A. Massal.

Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2008).

(●)*Acarospora subrufula* (Nyl.) H. Olivier

Po: Méndez *et al.* (2002a).

(●)*Acarospora veronensis* A. Massal.

Po: Méndez *et al.* (2002a).

ARTHRORHAPHIS Th. Fr.

(●)*Arthrorhaphis citrinella* (Ach.) Poelt

Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2002); Carballal *et al.* (2006).

BUELLIA De Not.

(●)*Buellia dives* (Th.Fr.) Th. Fr.

Ou: Carballal *et al.* (2006).

CALOPLACA Th. Fr.

(●)*Caloplaca conversa* (Kremp.) Jatta

Po: Méndez *et al.* (2002a).

COLLEMA P. Browne

(●)*Collema occultatum* Bagl.

Po: García-Molares *et al.* (2001).

(●)*Collema tenax* (Sw.) Ach. var. *ceranoides* (Borrer) Degel.

C: Carballal *et al.* (2001b); Paz-Bermúdez *et al.* (2003).

Po: Paz-Bermúdez *et al.* (2003).

COLLEMOPSISIDIUM Nyl.

(●)*Collemopsidium monense* (Wheldon) Coppins & Aptroot

Sub: *Pyrenocollema monense* (Wheldon) Coppins

Lu: Valcárcel & Carballal (2002).

Ou: Carballal *et al.* (2006); Valcárcel & Carballal (2002).

DERMATOCARPON Eschw.

(●)*Dermatocarpon intestiniforme* (Körb.) Hasse

Lu: Valcárcel & Carballal (2002).

(●)*Dermatocarpon meiophyllizum* Vain.

Lu: Valcárcel & Carballal (2002).

FULGENSIA A. Massal. & De Not.

(●)*Fulgensia fulgens* (Sw.) Elenkin

Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2007)

FUSCOPANNARIA P. M. Jørg.

(●)*Fuscopannaria ignobilis* (Anzi) P.M. Jørg.

Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2002); Carballal *et al.* (2006).

HYDROPUNCTARIA C. Keller, Gueidan & Thüs

(●)*Hydropunctaria rheitrophila* (Zschacke) C. Keller, Gueiden & Thüs.

Sub: *Verrucaria rheitrophila* (Zschacke)

C, Lu, Ou: Valcárcel & Carballal (2002).

KAERNEFELTIA A. Thell & Goward

(●)*Kaernefeltia merrillii* (Du Rietz) A. Thell & Goward

Sub: *Cetraria merrillii* Du Rietz

Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2008).

KOERBERIA A. Massal.

(●)*Koerberia bififormis* A. Massal.

Po: García-Molares *et al.* (2001)

LECANACTIS Körb.

- (♦)*Lecanactis abietina* (Ehrh. ex Ach.) Körb.
 Sub.: *Lecanactis abietina* (Ach.) Körb.
 Lu: Fernández Rodríguez *et al.* (2005).

LECANORA Ach.

- (●)*Lecanora crenulata* Hook.
 Sub.: *Lecanora crenulata* (Dicks.) Hook.
 Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2008).

LECIDELLA Körb.

- (●)*Lecidella patavina* (A. Massal.) Knoph & Leuckert
 Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2008).

LEPRARIA Ach.

- (●)*Lepraria eburnea* J.R. Laundon
 Lu: Fernández Rodríguez *et al.* (2005)
 (●)*Lepraria umbricola* TØnsberg
 Po: González-Torres *et al.* (2006)

LEPTOCHIDIUM M. Choisy

- (●)*Leptochidium albociliatum* (Desm.) M. Choisy
 Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2002); Carballal *et al.* (2006).

LLIMONAEA Egea & Torrente

- (●)*Llimonaea sorediata* van den Boom, M. Brand & Elix
 C, Lu: van den Boom & Brand (2007)

MASSALONGIA Körb.

- (●)*Massalongia carnosa* (Dicks.) Körb.
 Ou: Carballal *et al.* (2006).

MEGALARIA Hafellner

- (●)*Megalaria pulverea* (Borrer) Hafellner & E. Schreiner
 Lu: Fernández-Rodríguez *et al.* (2005)

MELANELIA Essl.

- (●)*Melanelia commixta* (Nyl.) A. Thell
 Ou: Carballal *et al.* (2006).
 (●)*Melanelia hepatizon* (Ach.) A. Thell
 Ou: Carballal *et al.* (2006).

MELANOHALEA O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsh

- (●)*Melanohalea elegantula* (Zahlbr.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsh
 Sub.: *Melanelia elegantula* (Zahlbr.) Essl.
 Ou: Carballal *et al.* (2006).

MELANELIXIA O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsh
 (●) *Melanelixia glabra* (Schaer.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw & Lumbsh

Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2007)

MICAREEA Fr.

(●) *Micarea pycnidiophora* Coppins & P. James

Lu: Fernández Rodríguez *et al.* (2005)

(●) *Micarea stipitata* Coppins & P. James

Lu: Fernández Rodríguez *et al.* (2005)

NAETROCYPMBE Körb.

(●) *Naetrocymbe saxicola* (A. Massal.) R.C. Harris

Sub: *Pyrenocollema saxicola* (A. Massal.) Coppins

C, Lu: Valcárcel & Carballal (2002)

PACHYPHIALE Lönnr.

(●) *Pachyphiale fagicola* (Arnold) Zwackh

Lu: Fernández-Rodríguez *et al.* (2005)

PARMELINOPSIS Elix & Hale

(●) *Parmelinopsis minarum* (Vain.) Elix & Hale

Po: Calviño-Cancela *et al.* (2012).

Sub: *Parmelinopsis minarum* (Vain.) Elix ex Hale

Po: González-Torres *et al.* (2006).

PELTIGERA Willd.

(●) *Peltigera elisabethae* Gyeln.

Ou: Carballal *et al.* (2006).

(◆) *Peltigera neckeri* Hepp ex Müll. Arg.

Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2008).

Sub: *Peltigera neckeri* Müll. Arg.

C: Carballal *et al.* (2001b)

PERTUSARIA DC.

(●) *Pertusaria rupicola* (Fr.) Harm.

C: Carballal *et al.* (2001a).

PHAEOPHYSCIA Moberg

(●) *Phaeophyscia sciastra* (Ach.) Moberg

Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2007)

PHYSCIA (Schreber) Michaux

(●) *Physcia phaea* (Tuck.) G. W. Thomson

Po: Méndez *et al.* (2002a).

PLACYNTHIELLA Elenkin

(●)*Placynthiella oligotropha* (J.R. Laundon) Coppins & P. James
Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2008).

PLACYNTHIUM (Ach.) Gray

(●)*Placynthium lismoreense* (Cromb.) Vain.
Sub.: *Placynthium lismoreense* (Nyl. ex Cromb.) Vain.
Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2008).

POLYBLASTIA A. Massal.

(●)*Polyblastia cruenta* (Körb.) P. James & Swinscow
C: Valcárcel & Carballal (2002).
(●)*Polyblastia cupularis* A. Massal.
Lu: Valcárcel & Carballal (2002).

PSORA Hoffm.

(●)*Psora decipiens* (Hedw.) Hoffm.
Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2007)
(●)*Psora testacea* Hoffm.
Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2007)
(●)*Psora vallesiaca* (Schaer.) Timdal
Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2007)

PSOROTICHIA A. Massal.

(●)*Psorotichia murorum* A. Massal.
Po: Méndez *et al.* (2002a).

PYRENOPSIS (Nyl.) Nyl.

(●)*Pyrenopsis conferta* (Born.) Nyl.
C: Carballal *et al.* (2001b).

RAMALINA Ach.

(●)*Ramalina clementeana* Llimona & Werner
Po: Méndez *et al.* (2002a).
(●)*Ramalina polymorpha* (Lilj.) Ach.
Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2002); Carballal *et al.* (2006).

RHIZOCARPON Lam. ex DC.

(●)*Rhizocarpon oportense* (Vain.) Räsänen
Po: Méndez *et al.* (2002a).

RHYMBOCARPUS Zopf

(●)*Rhymbocarpus roccellae* (Etayo, Paz-Berm. & Diederich) Etayo, Diederich & Ertz
Sub: *Gelatinopsis roccellae* Etayo, Paz-Bermúdez & Diederich
C: Diederich *et al.* (2001)

RINODINA (Ach.) Gray

(●) *Rinodina milvina* (Wahlenb.) Th. Fr.
Po: López de Silanes & Seijo (2002).

SCOLICIOSPORUM A. Massal.

(●) *Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe ex Stenh.) Vězda
Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2008).

STEREOCAULON Hoffm.

(◆) *Stereocaulon dactylophyllum* Flörke
Po: Lantes & Paz-Bermúdez (2013).

THELIDIUM A. Massal.

(●) *Thelidium impressum* (Müll. Arg.) Zschacke
Sub: *Thelidium impressum* (Stizenb.) Zsch.
Lu: Valcárcel & Carballal (2002).
(●) *Thelidium zwackhii* (Hepp) A. Massal.
C, Lu: Valcárcel & Carballal (2002).

THROMBIUM Wallr.

(●) *Thrombium thelostomum* (Ach. ex Harriman) A.L. Sm
C, Lu: Valcárcel & Carballal (2002).

TRAPELIOPSIS Hertel & Gotth. Schneid.

(●) *Trapeliopsis aeneofusca* (Flörke ex Flot.) Coppins & P. James
Sub.: *Trapeliopsis aeneofusca* (Flörke) Coppins & P. James
Ou: Carballal *et al.* (2006)
(●) *Trapeliopsis wallrothii* (Flörke ex Spreng.) Hertel & Gotth. Schneid.
Sub.: *Trapeliopsis wallrothii* (Flörke) Hertel & Gotth. Schneid.
Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2008).

VERRUCARIA Schrader

(●) *Verrucaria caerulea* DC.
C: Valcárcel & Carballal (2002).
(●) *Verrucaria calciseda* DC.
Ou: Carballal & Paz-Bermúdez (2008).
(●) *Verrucaria funckii* (Spreng.) Zahlbr.
C, Lu: Valcárcel & Carballal (2002).
Ou: Valcárcel & Carballal (2002); Carballal *et al.* (2006)
(●) *Verrucaria mundula* P.M. McCarthy
C, Lu, Ou y Po: Pérez *et al.* (2010).

VERRUCULOPSIS Gueidan

(●) *Verruculopsis lecideoides* (A. Massal.) Gueiden & Cl. Roux
Sub: *Verrucaria lecideoides* (A. Massal.) Trevis
Ou: Carballal & Paz Bermúdez (2008).

VEZDAEA Tscherm.-Woess & Poelt

CONCLUSIONES

Después de recopilar todas las citas de líquenes de Galicia publicadas en trabajos y revistas científicas a partir del año 2001, podemos concluir que la cantidad de nuevos taxones en la región mediterránea gallega sobresale sobre el resto de la comunidad. Probablemente sea porque no es una zona que se haya estudiado a fondo, de hecho, en el catálogo de Álvarez et al. 2001, para la provincia de Ourense recopilaron 281 citas, casi la mitad con respecto al resto de provincias gallegas.

El número total de taxones citados en Galicia asciende, con la actualización aquí presentada, a un total de 951.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, J., Sánchez-Biezma, M. J., López de Silanes, M. E. (2001). Lista de los líquenes y hongos liquenícolas de Galicia. *NACC* 11: 53-151.
- Atienza, V., Segarra, J. G. (1999). A first approximation checklist of the lichens of the Valencian Community. *Fl. Medit.* 9: 231-26.
- Burgaz, A. R. (2004). Bibliografía Botánica Ibérica, 2003. Líquenes. *Bot Complutensis*: 28: 139-141.
- Burgaz, A. R. (2006) Checklist of lichenized and lichenicolous fungi of Madrid Community (Spain). *Fl. Medit.* 16: 57-110.
- Burgaz, A. R. (2009). Bibliografía Botánica Ibérica, 2008. Líquenes. *Bot Complutensis*: 33: 127-129.
- Burgaz, A. R. (2011). Bibliografía Botánica Ibérica, 2010. Líquenes. *Bot Complutensis*: 35: 183-188.
- Burgaz, A. R. (2013). Bibliografía Botánica Ibérica, 2012. Líquenes. *Bot Complutensis*: 37: 199-201.
- Burgaz, A. R. (2014). Líquenes de Andalucía (S de España): catálogo bibliográfico y nuevos datos del NW del área. *Bot. Complutensis*. 38: 53-88.
- Calviño-Cancela, M., López de Silanes, M. E., Rubido-Bará, M. & Urribarri, J. (2012). The potential role of tree plantations in providing habitat for lichen epiphytes. *For. Ecol. Manage.* 291: 386-395
- Carballal, R., López de Silanes, M. E., Bahillo, Álvarez, J. (1995). Recopilación bibliográfica de citas liquénicas de Galicia (1851-1993). *NACC* 5: 49-134
- Carballal, R., Paz-Bermúdez, G., Sánchez- Biezma, M. J., Prieto, B. (2001a). Lichen colonization of coastal churches in Galicia: biodeterioration implications. *Int. Biodeter. Biodegr.* 47: 157-163.
- Carballal, R., Paz-Bermúdez, G, López de Silanes, M.E. (2001b). Flora liquénica del Parque Natural "Complejo dunar de Corrubedo y lagunas de Carregal y Vixán". *NACC* 11: 47-52.
- Carballal, R., Paz-Bermúdez, G. (2002). Algunos líquenes interesantes del Macizo Central gallego. *NACC* 12: 223-224.
- Carballal, R.; Paz-Bermúdez, G & López de Silanes, M.E. (2006). El Macizo Central orensano (LIC, Lugar de Importancia Comunitaria) área de especial importancia para la conservación de la flora liquénica en Galicia. *NACC* 15: 27-36.
- Carballal, R., Paz-Bermúdez, G. (2007). Líquenes de interés corológico del Parque Natural "Serra da Enciña da Lastra"(Ourense, Galicia, España). *NACC* 16: 5-9.
- Carballal, R., Paz-Bermúdez, G. (2008). Nuevas citas de líquenes del Parque Natural "Serra da Enciña da Lastra" (Ourense, Galicia, España). *NACC* 17: 5-10.
- Cortizas, A., Castillo, F., Pérez, A., Válcárcel, M., Blanco, R. (1999). Atlas Climático de Galicia. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia.
- Culberson, W. L., Egan, R. S., Esslinger, T. L., Hodkinson, B. P. (2015). Recent literature on lichens. Fecha de recuperación desde Enero hasta Julio del 2016 en <http://nhm2.uio.no/lichens/rll.html>.

- De La Torre, F., Fernández, M. C. (2000). Catálogo de líquenes de Asturias. *Acta Bot. Malac.* 25: 45-59.
- Diederich, P., Etayo, J., Paz-Bermúdez, G. (2001). *Gelatinopsis roccellae* (Leotiales, Ascomycota), a new lichenicolous fungus on *Roccella* from NW Spain. *Lichenologist.* 33 (6): 473-476.
- Etayo, J. (2009). Líquenes y hongos liquenícolas de Aragón. *Guineana.* 16: 1-501.
- Fernández, R., Paz-Bermúdez, G., Carballal, R. (2005). Los líquenes corticícolas del LIC Fraga de "A Marronda" (Galicia, NO de España). *NACC* 14: 43-49.
- García-Molares, A., Freire, M., Bernárdez, V. (2001). Algunos líquenes epifíticos de los bosques ribereños del Baixo Miño (Pontevedra, España). *NACC* 11: 41-46.
- González-Torres, D., López de Silanes, M.E., Paz-Bermúdez, G. (2006). Determinación de la contaminación atmosférica en la ciudad de Pontevedra mediante bioindicadores liquénicos. *NACC* 15: 37-46.
- Hladun, N., Llimona, X. (2002-2007). Checklist of the Lichens and lichenicolous Fungi of the Iberian Peninsula and Balearic Islands. Fecha de recuperación desde Enero hasta Julio del 2016 en <http://botanica.bio.ub.es/checklist/checklist.htm>
- Lantes, R., Paz-Bermúdez, G. (2013). La biodiversidad liquénica epífita como instrumento de valoración del estado de conservación de un bosque. *Investigación. Cultura, Ciencia y Tecnología* 9 (5): 38-44.
- Llimona, X., Hladun, N. (2001). Checklist of the Lichens and lichenicolous Fungi of the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Bocconeae.* 14: 5-581.
- López de Silanes, M. E., Seijo, J. (2002). Fragmenta chorologica occidentalia, lichenes, 8525-8533. *Anales Jard. Bot. Madrid.* 60 (1): 208-209.
- Méndez, F., Freire, M., García-Molares, A. (2002). Aportación al conocimiento de la flora liquénica del litoral gallego. II. *NACC* 12: 67-73.
- Paz-Bermúdez, G., Carballal, R., López de Silanes, M. E. (2003). Líquenes de los roquedos y suelos del Parque Nacional de las Islas Atlánticas (Galicia, NW España). *Cryptogamie, Mycol.* 24 (3): 385-397.
- Pérez, C., López de Silanes, M. E., Paz-Bermúdez, G. (2010). *Verrucaria mundula* P. M. McCarthy (Verrucariaceae, Ascomycota) a new record for the Northern Hemisphere. *Bryologist.* 113(2): 267-271.
- Pérez-Ortega, S., Álvarez-Lafuente, A. (2006a). Primer catálogo de líquenes y hongos liquenícolas de la Comunidad Autónoma de Cantabria. *Bot. Complutensis.* 30: 5-16.
- Pérez-Ortega, S., Álvarez-Lafuente, A. (2006b). Primer catálogo de líquenes y hongos liquenícolas de la Comunidad Autónoma de Castilla y León (España). *Bot. Complutensis.* 30: 17-52.
- Silva-Pando, F. J., Rigueiro, A. (1992). *Guía das árbores e bosques de Galicia.* Vigo: Galaxia.
- van den Boom, P.P.G. & Brand, A. M. (2007). *Llimonaea sorediata*, a new lichen (Ascomycota), widely distributed in western Europe. *Lichenologist.* 39(4): 309-314.
- Valcárcel, C. P., Carballal, R. (2002). Líquenes pirenocárpicos de los ríos y arroyos de Galicia (España). *Criptogamie, Mycol.* 23(2): 245-271.

GALICIA, UN PARAÍSO VEXETAL

Álvarez Rodríguez, S.; Caride Pérez, A.; Carpena Rodríguez, M.; Rivas-Ferreiro, M.; Tajés Morenza, A.

e- mail: saraalvarez1996@gmail.com;adelinacaride@hotmail.com;
 mariacarpentecno@gmail.com; maurivas@alumnos.uvigo.es;
 andreatajesmorenza@gmail.com

Botánica II, Grao en Bioloxía.

Resumen

Tutora:

Marisa Castro

- Departamento de Bioloxía Vexetal

e Ciencias do Solo

Facultade de Bioloxía

Universidade de Vigo

Neste artigo, baseado na bibliografía dispoñible, trátase a diversidade florística da comunidade galega, analizando por separado os 4 grandes grupos de plantas: briófitos, pteridófitas, ximnospermas e anxiospermas. Mencionanse os xéneros e especies máis curiosas e ameazadas, buscando incentivar o interese pola protección da riqueza florística do paraíso natural de Galicia.

INTRODUCCIÓN

Unha gran parte da superficie de Galicia componse de ecosistemas naturais, o que permite que en conxunto haxa unha gran biodiversidade. No que a flora se refire, a variedade climática, orográfica e edáfica (do solo), unida ao pouco desenvolvemento industrial do país ata ben entrado o século XVIII, propiciaron o desenvolvemento e mantemento dunha gran variedade de especies vexetais na natureza galega (García, 2008).

En conxunto, Galicia conta con máis de 2300 especies de plantas entre briófitos, pteridófitas, ximnospermas e anxiospermas. Inventarios da flora galega téñense feito dende o primeiro cuarto do século XVIII, coas primeiras recoleccións de pregos por Jaime Salvador e Josef Pitton de Tournefort. Baltasar Merino sentou no século XIX, coa creación da Flora de Galicia, as bases do inventario da biodiversidade florística de Galicia. Durante os últimos anos tentouse completar o catálogo florístico galego, principalmente polos investigadores da Universidade de Santiago e polos do Grupo Botánico Galego (Romero Buján, 2008) .

BRIÓFITOS EN PERIGO

Os briófitos en Galicia están amplamente distribuídos, xa que o clima axuda ao seu asentamento, cunha gran cantidade de precipitacións e unha temperatura media moi suave. Distribúense en ambientes moi variados, dende bosques e breixos ata turbeiras e zonas do litoral (Reinoso Franco *et al.*, 2002).

En Galicia están identificadas 558 especies diferentes de briófitos, repartidas entre hepáticas (163 especies), antocerotas (3 especies) e musgos (392 especies). Por desgraza, dentro de estas, 2 especies están en perigo de extinción, 24 son vulnerables e 59 son especies raras ou difíciles de atopar (Reinoso Franco *et al.*, 2002).



Figura 1. *Barbilophozia binsteadii* (Garilleti e Albertos, 2011)

Barbilophozia binsteadii (Kaal.) Loeske é unha hepática de cor parda avermellada que só se encontra nunha turbeira de Lugo, onde foi atopada hai 26 anos. As poboacións que máis preto se encontran están en Escandinavia, co que podemos asegurar que se trata do último relicto na Península Ibérica desta especie (Garilleti e Albertos, 2011).

Lepidozia cupressina (Sw.) Lindbenb. é unha hepática verde que crece tapizando o chan en forma de coxín. O seu nome débese ao seu gran parecido coas follas dun ciprés (xénero *Cupressus*) (Garilleti e Albertos, 2011)



Figura 2: *Lepidozia cupressina* (esquerda) (Garilleti e Albertos, 2011) e ciprés (*Cupressus sempervirens*; follas, dereita) (UNIVERSITAT DE VALENCIA, en liña). Nas imaxes pódense ver as similitudes entre estas dúas especies de grupos tan diferentes.

As dúas especies de musgos en perigo de extinción en Galicia son *Zygodon conoideus* (Dicks.) Hook. & Taylor e *Splachnum ampullaceum* Hedw. A primeira é a única especie de musgo que presenta a seta do esporófito curvada, e aparece xeralmente sobre a cortiza das árbores de ribeira; o aspecto dos seus filidios (“follas”) é moi fráxil, e son case transparentes. *S. ampullaceum*, pola súa parte, presenta unha cápsula do esporófito moi característica (Garilleti e Albertos, 2011).

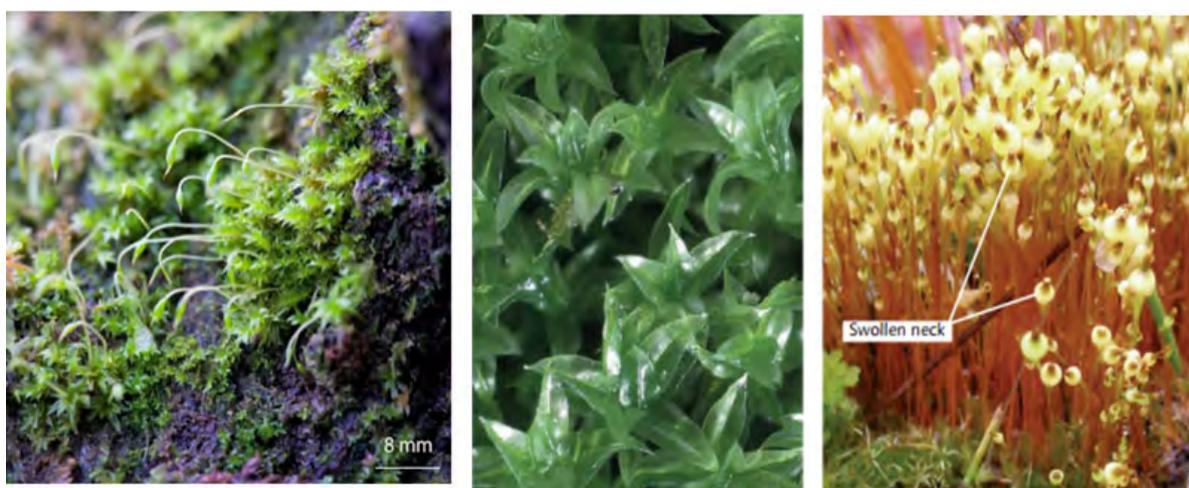


Figura 3: *Zygodon conoideus* (esquerda, observamos a seta curvada no esporófito; centro, filidios) (PROYECTO MUSGO, en liña; BBS Field Guide, en liña [b]) e *Splachnum ampullaceum* Hedwig (dereita, observamos as características da cápsula) (BBS Field Guide, en liña [a]).

Tamén se atopa en estado crítico *Zygodon stirtonii* Schimp., un musgo de pequeno tamaño que presenta un nervio central moi característico nos seus filidios (“folliñas”) (Garilleti e Albertos, 2011).

Figura 4: *Zygodon stirtonii*; as súas follas teñen un nervio central moi marcado; é moi complicado atopar os seus esporófitos (BBS Field Guide, en liña [b]).



CURIOSOS PTERIDÓFITOS

Os fentos son plantas que non producen sementes; reproducense por esporas que poden ser masculinas e femininas, e tamén poden ter tamaños diversos. Para poder realizar o seu ciclo reprodutivo, estas plantas dependen da auga ou polo menos dunha grande humidade constante. Son considerados plantas vasculares porque teñen tecidos condutores (xilema e floema). No podemos ancorarnos na imaxe de fento que todos temos porque, como veremos a continuación, hai unha gran variedade de formas e tamaños.



Figura 5: *Pteridium aquilinum* (GOBIERNO DE NAVARRA, en liña)

Cando falamos de fentos a todos se nos ven á cabeza a imaxe de fento común (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn subsp. *aquilinum*). Tamén dentro da familia das Polipodiaceae atopamos aos fentos máis comúns, en concreto *Polypodium vulgare* L. (García, 2008).

Non obstante, dentro do grupo dos pteridófitos hai unha grande diversidade: un exemplo de isto é a familia das Lycopodiaceae. Posúen talos herbáceos e talos subterráneos. Pódense recoñecer porque teñen estruturas semellantes ás piñas (chamadas estróbilos) e as súas follas dispóñense formando un cilindro. Un exemplo é *Lycopodiella inundata* (L.) J. Holub., que, ademais, é unha especie en perigo de extinción (García, 2008).

Outra familia cunha morfoloxía diferente á dos típicos fentos é la familia Isoetaceae. Estas caracterízanse porque teñen talos curtos e con forma de bulbos sobre o que aparecen as follas dispostas en forma de hélice. Unha especie característica deste grupo é *Isoetes hixrix* Bory, que se encontra en chans húmidos de pouca altitude pero adoita pasar desapercibida porque se confunde coas gramíneas, moito máis comúns (García, 2008).

Por último, outra familia que tamén ten unha



Figura 6: *Lycopodiella inundata* (Plantlife, en liña)



Figura 7: *Isoetes histrix* (dereita, planta arrincada completa en Trombetti, en liña); esquerda, planta enterrada en Ivorra, en liña).

morfoloxía moi curiosa é a das Ophioglossaceae. Caracterízanse porque as súas frondes están divididas nunha parte laminar e outra en forma de espiga. Dentro do xénero *Ophioglossum* distinguimos plantas como *Ophioglossum vulgatum* L. que ten un rizoma globoso, talos carnosos e a parte laminar da folla con forma ovalada. Aparece en prados e terreos húmidos, a miúdo sobre chans areosos (García, 2008).



Figura 8: *Ophioglossum vulgatum* (Farmer, en liña)

XIMNOSPERMAS, MOI ÚTILES!

As Ximnospermas son un grupo de plantas que posúen sementes núas, isto é, que non están incluídas nun froito. Estas caracterízanse por aparecer directamente sobre as brácteas ou follas transformadas que se dispoñen en conos ou piñas; nalgúns casos, protéxense por unha estrutura carnosa denominada arilo. As follas en xeral son perennes e poden ser aciculares ou escumulosas (GARCÍA, 2008).

Este grupo é moito menos numeroso que o das Anxiospermas; actualmente conta cuns 66 xéneros e unhas 800 especies no mundo, das cales en Galicia hai un xénero claramente autóctono, *Taxus*, e son cultivadas unhas 60 especies con numerosas variedades ornamentais (GARCÍA, 2008).

As tres familias máis importantes en Galicia son as Pinaceae, as Cupresaceae e as Taxaceae.

A familia das Pinaceae comprende unha serie de plantas con follas aciculares dispostas en espiral. Os sexos sepáranse en diferentes piñas. Dentro desta familia, o xénero máis representativo é o xénero *Pinus*, onde se inclúen os piñeiros. En Galicia, atopamos catro especies de piñeiros: piñeiro do país (*Pinus pinaster* Ait.), piñeiro de repoboación (*Pinus radiata* D. Don.), piñeiro silvestre (*Pinus sylvestris* L.) e piñeiro piñoneiro ou manso (*Pinus pinea*). Este último é o menos frecuente e en Galicia aparece illado (GARCÍA, 2008).

O primeiro, o piñeiro do país, é o máis abundante en Galicia; pénsase que puido chegar a finais do século XVIII dende Portugal. A súa distribución actual comprende as provincias de Pontevedra, A Coruña

e o norte de Lugo, e a súa extensión ocupa máis do 25% dos nosos montes. Entre os seus principais usos encóntrase o aproveitamento da resina, a madeira de calidade media e as piñas, empregadas de modo tradicional para prender lume, aínda que agora a súa recolección para este último fin non está permitida (GARCÍA, 2008).

O piñeiro de repoboación ou de Monterrei é natural de California e foi introducido arredor do ano 1850. É unha das árbores máis utilizadas para repoboación forestal debido ao seu rápido crecemento. Ademais, a súa madeira é débil e



Figura 9: *Pinus pinaster*. Rama con estróbilo, piña xa aberta. Vese como a piña é grande, e as acículas tamén. Os conos masculinos son amarelentos e están dispostos na terminación das ramas (HERRERO, en liña).



Figura 10: *Pinus radiata*. As piñas aparecen en verticilos, e as acículas aparecen agrupadas de 3 en 3 (Fernández González, en liña).

abetos (*Abies*), falsos abetos (*Picea*, *Pseudotsuga*), alerces (*Larix*) o cedros (*Cedrus*) (GARCÍA, 2008).

En segundo lugar temos á familia das Cupresaceae. Son árbores ou arbustos monoicos ou dioicos con follas escumiformes opostas ou verticiladas. Nesta familia encóntrase o xénero *Juniperus*, no que as follas superiores envolven ao estróbilo e fanse carnosas formando un falso froito ou baga indehiscente. A especie típica en Galicia é o cimbro (enebro) rastreiro (*Juniperus communis* L. subsp. *alpina* (Suter) Celak.), este atópase só en zonas moi elevadas (coma os Ancares, Trevinca...) e as súas bagas son empregadas na aromatización da xenebra e como condimento para carnes (GARCÍA, 2008).

Por último, a familia das Taxaceae agrupa árbores ou arbustos dioicos con follas aplanadas inseridas en

pouco resinosa polo que principalmente é empregada na industria da celulosa e da pasta de papel (GARCÍA, 2008).

Outra das especies de *Pinus* máis importantes é o piñeiro silvestre xa que se pensa que podería ter sido o máis abundante en Galicia hai 10.000 anos. Sen embargo, hoxe en día a súa presenza redúcese a zonas repoboadas de máis de 1000 m. Del obtense madeira de boa calidade para carpintería, polo que antes foi usada para os mastros dos barcos (GARCÍA, 2008).

Ademais do xénero *Pinus*, dentro desta familia cabe destacar en Galicia a presenza doutros xéneros como



Figura 11: *Pinus sylvestris*. As acículas, como se pode ver, son verde-azuladas SCOTT, en liña).



Figura 12: *Juniperus communis* (Mittlehauser, en liña).

vencidos polos romanos. Do mesmo modo, foi utilizada para as tumbas dos faraóns debido á súa resistencia ao paso do tempo. Os “fritos” desta planta serven de alimento para as aves, a súa madeira é moi apreciada comercialmente e ademais, os teixos son plantas moi ricas en alcaloides como a taxina, paralizante e anticoagulante, e taxol, antitumoral moi investigado en varios tipos de cánceres (GARCÍA, 2008).

ANXIOSPERMAS, BELEZA EN ESTADO PURO

As Anxiospermas, ou plantas con flores,

constitúen o grupo dos vexetais máis modernos, máis incluso que as Ximnospermas, e coas adaptacións á reprodución máis complexas (García, 1991). Os óvulos aparecen encerrados nunha estrutura chamada ovario, formada por follas transformadas (carpelos). Isto parece que foi unha fórmula de gran éxito biolóxico, que deu lugar a unha chea de familias con especies arbóreas, arbustivas e herbáceas, sen excluír ás especies parásitas. Podemos atopar tamén especies hermafroditas, monoicas (flores de dous sexos no mesmo pé) ou dioicas (flores masculinas ou femininas en pés distintos) (García, 1991).

A diversidade florística de Galicia é enorme se nos referimos ás plantas con flores. Veremos a continuación un pequeno esbozo das anxiospermas presentes en Galicia, curiosas pola súa forma, o seu aproveitamento ou as súas propiedades.

A flor da abella, ou abellas do Parnaso (*Ophrys apifera* Huds.) é unha das orquídeas silvestres máis coñecidas. É unha planta perenne, con 2 ou ás veces 3 tubérculos sésiles, esféricos e enterrados, dos que xorden talos verdes e lisos en primavera que alcanzan os 50 cm de alto (Menéndez Valderrey, en liña). Florece en maio-xuño, en prados de Ourense, Lugo e A Coruña, pero non é moi habitual. A súa curiosa forma débese a que o labelo (pétalo máis diferenciado) imita ao abdome dunha abella femia, atraendo ás abellas macho para que polinicen a flor.

A seguinte planta presenta uns fritos que semellan saír directamente das follas. Trátase do rusco, acebillo, xilbarbeira, rascacá... (*Ruscus aculeatus* L.). Presenta unhas ramas modificadas con aspecto de follas, que se denominan cladodios; as flores aparecen na cara axial destes. Son de cor verdoso-violeta e

espiral. No xénero *Taxus* as sementes están rodeadas por unha envolta carnosa coñecida como arilo que se orixina a partir da rama. A especie autóctona e representativa en Galicia é o teixo (*Taxus baccata* L.). Hoxe en día trátase dunha planta rara que aparece illada en zonas como A Capelada, Ancares, O Courel, O Xurés... que rara vez forma bosque. Sen embargo, sábese que antigamente debeu ter ocupado grandes zonas como proban os numerosos topónimos como Teixeira, Teixido, Teixidelo, etc (GARCÍA, 2008).

A esta planta van ligadas certas crenzas: crese que os celtas de Monte Medulio inxeriron a súa semente velenosa antes de seren



Figura 13: *Taxus baccata* (Zimmerman, en liña)



Figura 14: Flor da abella (*Ophrys apifera*) (Pernía, en liña)

2013). Hai especies que poden chegar a confundirse se non se identifican con cautela. Tal é o caso do perexil (*Petroselinum crispum*) e a cicuta (*Conium maculatum*) da que chega unha

non demasiado rechamantes. Pola contra, os seus froitos son bagas globosas dunha cor vermella moi atractiva que da un bo efecto decorativo, por iso tódolos anos se recollen no Nadal grandes cantidades de rusco co afán de imitar ao acivro, causando un deterioro considerable das poboacións desta especie tan rechamante nos nosos bosques (Infojardín, en liña).

Outro caso curioso é o do mimetismo, polo cal moitas plantas tenden a simbiotizar coas que teñen ao seu redor, tentando parecerse a elas (Mosquera,



Figura 15: Froito do rusco, flor e planta completa respectivamente (Fernández Villar, en liña)

infusión para ser en mortal, polo que nunca debe utilizarse unha planta silvestre se hai dúbidas acerca da súa identificación ou uso (Mosquera, 2013). A maior concentración tóxica encóntrase na semente. Ambas son plantas herbaceae moi comúns en camiños, cunetas ou xardíns.

Como podemos observar, a gran diversidade florística de Galicia con respecto a plantas con flores, non só se debe ao amplo número de especies, senón tamén ao gran número de calidades que fan que a flora galega destaque e sexa curiosa e interesante.



Figura 16: Planta da cicuta (esquerda) (Menéndez, en liña) na que se observan as flores, e a súa similitude co perexil (dereita) (Moro, en liña).

COMPENDIO FINAL

É tremendamente incrible a diversidade que existe na flora da Galicia. Non obstante, de toda a flora galega temos 68 especies en perigo de extinción, 14 das cales son endemismos exclusivos de Galicia.

A diversidade florística é unha das maiores riquezas do país, e ten influencia en moitísimos ámbitos como o turismo, a agricultura, o ensino... É importante concienciar á poboación da importancia de preservar a biodiversidade, non só da flora vascular, senón de tódalas especies animais e vexetais que viven no noso territorio. Deberíase comezar por educar no respecto á flora e á fauna aos rapaces máis novos, para que a nosa natureza poda perdurar miles de anos máis.

BIBLIOGRAFIA

- BBS FIELD GUIDE (en liña [a]) *Splachnum ampullaceum* In http://www.bbsfieldguide.org.uk/sites/default/files/pdfs/mosses/Splachnum_ampullaceum.pdf [consultada o 23/3/2016]
- BBS FIELD GUIDE (en liña [b]) *Zygodon viridissimus/stirtonii/rupestris/conoideus* In http://www.bbsfieldguide.org.uk/sites/default/files/pdfs/mosses/Zygodon_viridissimus-stirtonii-rupestris-connoideus.pdf [consultada o 23/3/2016]
- FARMER, C. (en liña) West Highland Flora: *Ophioglossum vulgatum* In <http://www.plant-identification.co.uk/skye/ophioglossaceae/ophioglossum-vulgatum.htm> [consultada o 23/03/2016]
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, C. (en liña) *Pinus radiata* D. Don In <http://www.asturnatura.com/especie/pinus-radiata.html> [consultada o 23/03/2016]
- FERNÁNDEZ VILLAR, I. (en liña) *Ruscus aculeatus* In <http://www.asturnatura.com/fotografia/flora/ruscus-aculeatus-2/14205.html> [consultada o 23/03/2016]
- GARCÍA, X. R. (1991). Guía das plantas con flores de Galicia. Vigo. Edición Xerais.
- GARCÍA, X. R. (2008) Guía das plantas de Galicia. Vigo. Edicións Xerais.
- GARILLETI, R.; ALBERTOS, B. (Coords.) (2011). Atlas de los briófitos amenazados de España. In <http://www.uv.es/abraesp> [consultada o 22/03/2016]
- GOBIERNO DE NAVARRA (en liña) Mapa de Vegetación potencial de Navarra. *Pteridium aquilinum* In http://www.cfnavarra.es/agricultura/informacion_agraria/MapaCultivos/htm/sp_pteridium_aquilinum.htm
- HERRERO, J. (en liña) Flora de Iberia: *Pinus pinaster* In <http://floradeiberia.com/407/pinus-pinaster-pino-resinero-pino-maritimo/> [consultado o 23/03/2016]
- INFOJARDÍN (en liña) Rusco, Acebillo, Brusco, Acebo menor, Arrayán salvaje. In fichas.infojardin.com [consultada o 23/03/2016]
- IVORRA, A. (en liña) Joyas Botánicas de Almería: *Isoetes histrix* Bory In <http://www.almerinatura.com/joyas/isoetes-histrix.html> [consultada o 23/03/2016]

- MENÉNDEZ, J.L. (en liña) *Conium maculatum* L. In <http://www.asturnatura.com/especie/conium-maculatum.html> [consultada o 23/03/2016]
- MENÉNDEZ VALDERREY, J. L. (en liña) *Ophrys apifera* Huds. In www.asturnatura.com [consultada o 20/3/2016].
- MITTLEHAUSER, G. (en liña) *Juniperus communis* In <https://gobotany.newenglandwild.org/species/juniperus/communis/> [consultada o 23/03/2016]
- MORO, A. (en liña) *Petroselinum crispum* In <http://luirig.altervista.org/pics/index5.php?recn=41425&page=1> [consultada o 23/03/2016].
- MOSQUERA, M. (2013). *A nosa botica, plantas medicinais*. Pontevedra. Edicións do Cumio, S. A.
- PERNÍA, E.A. (en liña) *Una apifera* In <http://www.asturnatura.com/fotografia/flora/una-apifera/590.html> [consultada o 23/03/2016]
- PLANTLIFE (en liña) *Marsh clubmoss (Lycopodiella inundata)* In http://www.plantlife.org.uk/wild_plants/plant_species/marsh_clubmoss [consultada o 23/03/2016]
- PROYECTO MUSGO (en liña) *Zygodon conoideus*. In <http://elmusgo.blogspot.com/2013/01/zygodon-conoideus.html> [consultada o 23/03/2016].
- REINOSO FRANCO, J.; RODRÍGUEZ OUBIÑA, J.; VIERA BERÍTEZ, M.C. (2002). *Lista Roja de los Briófitos de Galicia (N.O. de España)*. *Nova acta Científica Compostelana (Biología)*. Universidade de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela.
- ROMERO BUJÁN, M. I. (2008) *Catálogo da flora de Galicia. Monografías do Ibader 1*. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo.
- SCOTT, H. (en liña) *Pinus sylvestris* In <https://plantmaterials.wordpress.com/portfolio/pinus-sylvestris/> [consultada o 23/03/2016]
- TROMBETTI, G. (en liña) *Isoetes histris Bory* In <http://luirig.altervista.org/flora/taxa/index2.php?scientific-name=isoetes+histrix> [consultada o 23/03/2016]
- UNIVERSITAT DE VALENCIA (en liña) *Cupressus sempervirens*. In http://www.uv.es/itineraris/Itinerario%20I/Cupressus_Sempervirens.html [consultada o 23/03/2016]
- ZIMMERMAN, M. (en liña) *Taxus baccata* L. In http://www.florafinder.com/Species/Taxus_baccata.php [consultada o 23/03/2016]

DESCUBRINDO A VERDADE SOBRE AS PLANTAS TRANXÉNICAS

Álvarez Pena, J.R.; Camiña Gómez, B.; González Costas, A.; Torres
Gonçalves, M.; Viéitez Lorenzo, A.

e- mail: alvarezpena138@gmail.com; bego_mellow_22@hotmail.es;
albagonzalezcostas@gmail.com; marisol_tg@hotmail.es; antiavieitez@gmail.com

Botánica II, 2º Grao en Bioloxía

Resumo

Tutora:

- Marisa Castro

Departamento de Bioloxía Vexetal

e Ciencia do Solo

Facultade de Bioloxía

Universidade de Vigo.

O traballo trata dun estudo bibliográfico sobre plantas transxénicas. Nel abórdase de forma obxectiva os diferentes puntos de vista sobre este tema, aportando a información necesaria para que cada quen poida formar o seu propio criterio en base a datos científicos e non influído pola información imprecisa ou errónea.

INTRODUCCIÓN

Dende os albores da agricultura o home seleccionou as plantas que lle proporcionaban un maior rendemento en alimentos ou materias primas cas que obtiñan produtos como drogas, medicinas, colorantes, especias... Eran práctica habitual os cruzamentos entre individuos da mesma especie ou especies próximas ata obter individuos híbridos portadores da característica desexada; pero se existía unha gran variedade xenética ou pouco parentesco entre elas, a probabilidade de obter descendencia era moi baixa.

As variedades eran seleccionadas por ciclos de polinización cruzada (hibridación) e selección, creando variedades que acabaron por desprazar as naturais.

Pouco a pouco os científicos interesáronse por estes métodos, e realizaron estudos e experimentos dos que resultou a aparición da Enxeñería Xenética (Beltran *et al.*, 2003).

A Enxeñería Xenética permite o acceso e a manipulación directa dos xenes rompendo as barreiras impostas pola variedade xenética, que permite non só introducir nunha planta xenes de outras especies vexetais senón tamén de animais e microorganismos. Deste xeito pódense obter plantas portadoras dun xen alleo, chamado transxén, que formará organismos transxénicos ou xenéticamente modificados (OXM) co fin de que estes adquiren características novas.

Hoxe en día, en xeral, os transxénicos non están ben aceptados pola sociedade, o que se debe en gran parte a unha confusión creada polas informacións contraditorias aportadas pola industria biotecnolóxica, a favor do uso de transxénicos, e polas asociacións de agricultores e ecoloxistas, en contra. Ademais a comunidade científica ten unha postura intermedia, xa que teñen obrigación de informar sobre o seu traballo, aínda que é inevitable certo posicionamento (Sánchez, 2008).

QUE SON EN REALIDADE OS ORGANISMOS TRANXÉNICOS?

Considéranse organismos transxénicos os que teñen un xen propio substituído por un alleo ou modificado de función, conseguindo así novas características que máis tarde pasará á súa descendencia (SeBiot, en liña, Rivas, 2008).

O proceso para obter plantas transxénicas consta dos seguintes pasos (Sánchez, 2008):

- 1) Identificar un carácter desexable no organismo de orixe.
- 2) Atopar o xen responsable do carácter desexado (xen de interese).
- 3) Combinar o xen con outros elementos necesarios (vector) para que sexa funcional no organismo hospedeiro. Os xenes utilizados poden proceder de calquera organismo, xa sexa unha planta, un animal o unha bacteria e incluso podería ser un xen elaborado no laboratorio de forma artificial, o único requisito é que a súa función sexa coñecida.
- 4) Transferir o xen de interese, introducido anteriormente no vector apropiado ao organismo receptor.
- 5) Crecer e reproducir o organismo receptor, agora xeneticamente modificado. Para conseguir que só crezan as células modificadas úsanse xenes resistentes a antibióticos e cultívase a planta en presenza de dito antibiótico .



Figura 1: Exemplos dos procesos para a obtención de plantas trasxénicas a través dun canón de partículas, mediante biobalística, ou a través da infección da bacteria *Agrobacterium* (http://images.slideplayer.es/2/32293/slides/slide_34.jpg)

Os métodos anteriores non teñen a mesma eficacia para todos os tipos de vexetais e poden levarse a cabo por distintos procesos (Figura 1), aínda que na actualidade as técnicas avanza a pasos axigantados, o que permite que cada vez sexan máis as especies das que se conseguiron elaborar transxénicas. As especies leñosas (como as árbores froiteiras) son as que ata agora máis dificultades presentaron, mentres que as especies de gramíneas (como os diferentes tipos de cereais) ou de leguminosas (xudías, garavanzos...) son máis sinxelas de transformar (SeBiot).

CALES SON OS SEUS USOS?

O cultivo de plantas xeneticamente modificadas permite desenvolver novas características de interese como unha maior produtividade, unha maior resistencia a organismos prexudiciais, a produción de variedades con maior valor nutricional; a capacidade para producir vacinas ou outras substancias terapéuticas ou para producir materias primas de interese industrial como os plásticos biodegradables (SeBiot, en liña).

Ademais son de gran importancia para o desenvolvemento da ciencia e a investigación científica, xa que permite coñecer as funcións dos distintos xenes da planta, modificándoos e observando as consecuencias e os cambios ocorridos na mesma (SeBiot, en liña). Grazas a estes estudos estanse empezando a comprender procesos básicos dos vexetais, como a xerminación, a adaptación á seca, a regulación do momento no que se produce a floración...

CALES SON AS VANTAXES QUE PRESENTAN OS TRANXÉNICOS?

Se tanto tempo, esforzo e diñeiro foron empregados na obtención de plantas transxénicas de grandes compañías como Monsanto, Novartis ou AstraZeneca foi, sen dúbida, polas vantaxes que estas presentan a distintos niveis, pero sobre todo no económico (Riechman e Folch, 2000).

a) No medio ambiente

Contribúen ó desenvolvemento da agricultura sostible. O uso masivo de fertilizantes químicos, insecticidas, fungicidas ou herbicidas é moi prexudicial na agricultura intensiva para o medio ambiente. O uso de plantas transxénicas máis resistentes a pragas, que requiren menos tratamentos, permiten unha agricultura máis respectuosa (Sánchez, 2008).

b) Para o consumidor

Pódense introducir caracteres que melloren a calidade do produto. Os procesos de transxénesis permiten aumentar o valor nutricional, mellorar a textura, o sabor, a composición en graxa e, en xeral, facer o produto máis atractivo á vista do consumidor (Figura 2) (Sánchez, 2008).



Figura 2: *Fresas-kiwi. De momento, isto só é unha montaxe fotográfica, pero tampouco é tan atrevido pensar en atopar una froita así na froitería, tendo en conta todo o que se está a conseguir no mundo da Enxeñería Xenética. (Imaxe: <https://la.alquimia.de.la.vida.wordpress.com/2014/06/18/transgenicos/>)*

c) No peto do agricultor e do consumidor

A inserción nos xenes de resistencia a pragas ou enfermidades favorece tanto ao agricultor, con un menor custe de produción, como ao consumidor, por unha posible redución no prezo do produto de mercado, que ademais, estarán menos contaminados con químicos (Sánchez, 2008).

d) No Terceiro Mundo

Toleran o estrés ambiental, hai xenes que melloran a tolerancia a certas condicións ambientais, como poden ser a seca, as baixas temperaturas, condicións de salinidade extremas, etc. (Sánchez, 2008) o que permite cultivar en zonas non aptas para un cultivo normal, como en moitas zonas do terceiro mundo. Ademais, a posibilidade de aumentar o valor nutricional (Figura 3), pode axudar a erradicar a fame no mundo.

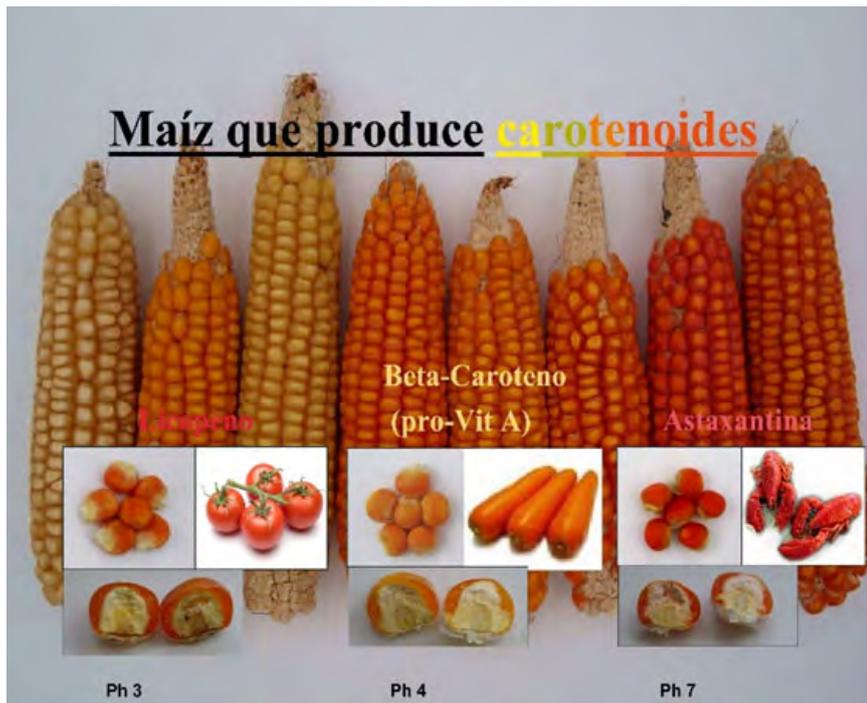


Figura 3: Millo transxénico con maiores niveis de β -carotenos, polo que teñen maior valor nutricional (Imaxe: <http://www.culturabiotec.com/wp-content/uploads/2010/04/20100227-foto-ma%C3%ADz-hipervitam%C3%ADnico2.jpg>)

e) Na industria farmacéutica

Poden modificarse as plantas para que produzan fármacos e vacinas. Isto, ao facer que sexa menos custosa a súa produción, pode facer que certos medicamentos sexan máis alcanzables, sobre todo para os gobernos máis pobres (Sánchez, 2008).

f) En floricultura

Hai xenes que poden mellorar a estética das plantas e das flores, o que as fai máis atractivas para o consumidor, logrouse incluso crear flores con cores inexistentes na natureza (SeBiot, en liña).

NIN TODO O QUE RELUCE É OURO...

Non obstante, a pesar de que os cultivos transxénicos presentan moitas vantaxes fronte aos cultivos de especies naturais hai que ter en conta que tamén presentan inconvenientes (Martínez *et al.*, 2004, Sánchez, 2008):

1. **Aparición de pragas.** As plantas resistentes a herbicidas poderían traspasar estes xenes á maleza, facendo que esta tamén se volva resistente, tendo así que utilizar unha maior cantidade de produtos químicos prexudiciais e a longo prazo faranse totalmente resistentes e no haberá maneira de controlalas.
2. **Resistencia a antibióticos.** O uso de xenes resistentes a antibióticos na creación da planta transxénica que nun principio non aporta ningún beneficio á planta pode ocasionar graves problemas debido á transmisión destes a bacterias do chan (non se detectou nunca en patoxénicas do home), que as farían resistentes ós antibióticos. Este procedemento sucede nunha moi baixa proporción.
3. **Interacción ecolóxica negativa.** A adición de novas características pode ocasionar que se rompan asociacións naturais entre organismos, modificando os ciclos normais de funcionamento ecolóxico, afectando a todo o ecosistema.
4. **Risco para a biodiversidade.** As plantas modificadas tenden a relacionarse cos seus parentes silvestres máis próximos, xa sexa por fluxos de pole ou porque están xeográficamente próximas. Isto fai que se produzan descendentes híbridos con caracteres das plantas transxénicas, que como xa vimos son moito máis resistentes e polo tanto son as que sobreviven co paso do tempo, acabando así coas variedades silvestres e polo tanto coa biodiversidade. Este é un dos problemas que máis preocupan e sobre o que máis investigacións hai, intentando así reducir os riscos.
5. **Aparición de alerxias.** A introdución de novos xenes en plantas que se utilizan como alimento fixo que consumamos substancias que de forma natural non entrarían na dieta e que diversos estudos clasificaron como potenciais alérxenos para os seres humanos .

Estas son as principais razóns polas que a Unión Europea regulamentou a utilización de organismos transxénicos a través das Directivas sobre a utilización confinada destes organismos (Directiva 98/81/CE) e sobre a súa liberación intencional no medio ambiente e sobre a posibilidade dos Estados membros para restrinxir ou prohibir o seu cultivo no territorio (Directiva 2015/412). En España foron incorporadas pola Lei 9/2003, de 25 de abril, pola que se establece o réxime xurídico da utilización confinada, liberación voluntaria e comercialización de organismos modificados xenéticamente (García, 2015).

Así mesmo, pola segunda Directiva, os Estados membros deberán tomar medidas nas zonas fronteirizas do seu territorio para evitar as contaminacións transfronteirizas e poderán decidir sobre a comercialización destes produtos (García, 2015).

No territorio galego o cultivo destes organismos ven da man de compañías como a estadounidense Monsanto ou a alemá BASF. Pero, segundo datos oficiais do Ministerio de Agricultura, Alimentación e medio ambiente, en Galicia non existen cultivos transxénicos dende o ano 2009 (Magrama, 2016a, b).

Isto ten una explicación lóxica: a única especie transxénica con autorización e o Millo Bt, propiedade da multinacional Monsanto (Magrama, 2016c). O cultivo desta especie de millo é especialmente produtiva en zonas onde se dan pragas de insectos barrenadores de talo (que se alimentan en algunha fase do seu ciclo vital do talo o das follas das plantas), xa que produce unha proteína tóxica para estes animais. En Galicia non hai pragas destas características que afecten ao millo, polo que un cultivo deste tipo implicaría un custo máis alto en herbicidas específicos, mercar sementes anualmente... E non tería ningunha vantaxe, polo que o cultivo non sería produtivo.

Intentouse levar a cabo un proxecto que buscaba plantar especies de eucalipto cun menor contido en lignina, xa que este composto é o que máis contaminantes xera ao ser extraído da madeira no seu uso para a produción de papel. Esta empresa nunca foi autorizada, en parte pola dificultade que engade o feito de que en Galicia non exista un plan autorizado actualizado.

Outro motivo polo que non se cultivan transxénicos en Galicia é que, debido á baixa popularidade destes produtos, adoita ser máis rendible buscar especies autóctonas que sexan altamente produtivas. Relacionado con isto, estase a levar a cabo un proxecto chamado "Galicia ecolóxica 100%" que, precisamente, o que busca é a recuperación de especies autóctonas como, por exemplo, maceiras,

pereiras, cereixeiras...

Actualmente, en Galicia só existen tres organismos autorizados para traballar con transxénicos confinados. Un deles está na Facultade de Bioloxía e Ciencias do Mar da Universidade de Vigo, outro en A Coruña e o último en Pontevedra (Anon, 2016).

Ademais de todo isto, tamén existe debate cando se fala de cultivos transxénicos arredor da polémica tecnoloxía Terminator. Esta consiste en que as sementes destes cultivos sexan estériles. Mentres uns apoian que esta medida é necesaria para evitar a aparición de híbridos entre especies transxénicas e naturais, outros só ven nesta “táctica” unha forma de crear a dependencia dos agricultores cara as compañías que comercializan estes produtos (Sánchez, 2008).

Tamén é moi controvertido (figura 4) o tema das patentes das especie transxénicas, pois hai distintos puntos de vista sobre se unha persoa ou unha corporación pode ter dereitos de patente sobre un material xenético, sobre un organismo vivo (Sánchez, 2008).

Como sempre, o mundo humano está cheo de ambigüidades, opinións e distintos posicionamentos, na man de cada un está informarse e poder ver máis alá do que se conta ao público. Nada é branco ou negro.



Figura 4: Manifestación en Guatemala en contra das sementes transxénicas e das patentes sobre estas especies (Raúl Zamora in <https://www.grain.org/article/entries/5143-la-criminalizacion-de-las-semillas-campesinas-resistencia-y-luchas>)

BIBLIOGRAFIA

Beltrán, J., García, F.; Puigdoménech, P. (2003). Plantas transgénicas. [Salamanca]: Universidad.

García, A. (2015) Directiva (UE) 2015/412 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de marzo del 2015, por la que se modifica la Directiva 2001/18/CE en lo que respecta a la posibilidad de que los Estados miembros restrinjan o prohíban el cultivo de organismos modificados genéticamente (OMG) en su territorio. En: <https://blog.uclm.es/cesco/files/2015/04/Directiva-UE-2015-412-del-Parlamento-Europeo-y-del-Consejo-de-11-de-marzo-de-2015.pdf> [Consultada o 13/02/2016].

Magrama (2016a). Informes de resultados - Notificaciones y autorizaciones - Organismos modificados genéticamente (OMG) - Biotecnología - Calidad y evaluación ambiental - magrama.es. en http://www.Magrama/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/notificaciones-y-autorizaciones/informes_resultados.aspx [Consultada o 2/03/2016].

Magrama (2016b). Notificaciones de instalaciones que realizan operaciones de utilización confinada en España en: http://www.Magrama/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/not_inst_utilz_febrero_2015_tcm7-410771.pdf [Consultada o 2/03/2016].

Magrama. (2016c). Estimación superficie cultivada de maíz MON 810 por provincias - Consejo Interministerial de los organismos modificados genéticamente (OMG) - Biotecnología - Calidad y evaluación ambiental - magrama.gob. es. en <http://www.Magrama/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/consejo-interministerial-de-ogms/superficie.aspx> [Consultado o 2/03/2016].

- Martínez, M., Herrera, L.; Cabrera, J. (2004). Las plantas transgénicas: una visión integral. e-Gnosis 2. En: <http://www.redalyc.org/revista.oa> [Consultada o 11/02/2016].
- Riechmann, J.; Folch, R. (2000). Cultivos y alimentos transgénicos. [Madrid]: Los Libros de la Catarata.
- Rivas, C. (2008) Plantas y Cultivos Transgénicos, pp.1-48. In: http://www2.uned.es/experto-biotecnologia-alimentos/trabajos_seleccionados.htm [Consultada o 11/02/2016].
- Sánchez, T. (2008) Plantas transgénicas. Biotecnología y alimentación pp.1-39. En: http://www2.uned.es/experto-biotecnologia-alimentos/trabajos_seleccionados.htm [Consultada o 11/02/2016].
- SeBiot (Sociedad Española de Biotecnología) [en liña]. Biotecnología al alcance de todos: Plantas transgénicas: Preguntas y respuestas. In: <http://www.sebiot.org/> [Consultada o 11/02/2016].

¡FRUCTICULTURÍZATE!

Panebianco Barreiro, A.; Pastor Herranz, I.; Piñeiro Fernández, B.;
Rafael Vidal, C

e- mail: anto.p.b@hotmail.com; ignaciopastro200607@yahoo.es; piñeirobraisla@gmail.com;
carlos_balic@hotmail.com

Trabajo Fin de Grado

Tutora:

- Marisa Castro

Departamento de Biología

Vegetal y Ciencia del Suelo

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

En este trabajo se han analizado los árboles frutales más comunes de Galicia, desde ciruelos y castaños hasta manzanos y perales. Por otro lado, se ha profundizado en las necesidades que éstos presentan para su cultivo, así como en la influencia comercial que sus frutos tienen en nuestra comunidad, poniendo de manifiesto la importancia que tienen y siempre han tenido en Galicia.

INTRODUCCIÓN

ÁRBOLES FRUTALES GALLEGOS

Siempre ha habido en Galicia una gran tradición en el cultivo de árboles frutales. Principalmente para consumo propio y se vendía el excedente en las ferias de los pueblos. Durante siglos se cultivaron aquellas variedades que eran más provechosas, productivas e incluso más sabrosas. Durante el siglo XX muchas de esas variedades quedaron sin cultivar por el desplazamiento del hombre a la ciudad, lo que fomentó la introducción de otras alóctonas (foráneas), suplantando a las autóctonas (Castro *et al.*, 2007).

DESCUBRE LA DIVERSIDAD DE ÁRBOLES FRUTALES EN GALICIA

En este apartado analizamos las especies de árboles frutales usadas tradicionalmente en Galicia.

1. Manzanos (fig. 1)

En primer lugar citamos el manzano (*Malus domestica* Borkh). Es una de las especies más cultivadas en Galicia, tanto antiguamente como en la actualidad, por lo que podemos encontrar un elevado número de variedades autóctonas. Los manzanos se pueden conseguir fácilmente en viveros (Castro *et al.*, 2007).

Algunas variedades son: duraza, francesa grande, San Isidro, bicudas, mingán, San Ramón, coiro de sapo, etc. (Castro *et al.*, 2007).



Figura 1: *Malus domestica* Borkh (Encyclopedia of Life, 2007).

Las variedades comerciales de manzanas cultivadas en España son: belleza de Roma, Granny Smith, reineta blanca, braeburn, imperial gal, reineta encarnada (Castro *et al.*, 2007).

En un principio se reproducían mediante semillas (carozo) pero ahora se utilizan otras técnicas como injertos, cultivo "*in vitro*", estaquillado (se utiliza una estaca, fragmento con yemas que se introduce en el suelo para que arraigue en él y se forme una nueva planta) o acodo. Los métodos de injerto son por púa y por yema (Navarra, 2001). El patrón más utilizado el manzano franco tradicional, es un patrón vigoroso y heterogéneo (Navarra, 2001).

2. Perales (fig. 2)

Los perales (*Pyrus communis* L.) son el segundo tipo de árbol frutal en importancia en Galicia, por detrás de los manzanos. Al igual que en éstos últimos, se siguen cultivando en viveros y podemos encontrar un gran número de variedades autóctonas. Entre ellas destacan: barburiñas, bergamotes, codornos, colloás, manteiga de Galicia, manteiga de ouro, portuxesas (Castro *et al.*, 2007)



Figura 2: *Pyrus communis* L. (Encyclopedia of Life, 2007).

Existen variedades comerciales procedentes de Italia, Francia y Portugal, entre otros, como Abate Fetel, Ercolini, Passa Crassana, Conference, General Leclerc (Castro *et al.*, 2007).

El empleo de semillas se utiliza únicamente para la obtención de patrones francos y de mejora genética. En perales también se utiliza cultivo "*in vitro*", injerto y estaquillado. Los métodos de injerto son yema, escudete y corona. La utilización de diversos patrones hace que se pueda cultivar bajo condiciones diferentes (Navarra, 2001)

Perales francos: eran los utilizados antiguamente, empleando distintas especies de perales según la zona de cultivo. La más usada es *P. communis*, vigorosa, de buena afinidad como los injertos y adaptada a todo tipo de suelos (Navarra, 2001).

También se han usado los membrilleros (*Cydonia oblonga* L.), pero aunque inducen altas producciones, reducen el vigor y tienen mala afinidad con algunas variedades importantes y es un patrón sensible al frío y sequía (Navarra, 2001).

3. Ciruelos (fig. 3)

Antiguamente se cultivaban diversas variedades de ciruelos en Galicia, pero un gran número se han perdido. En relación a los ciruelos encontramos tres grandes grupos: ciruelo europeo (caracterizado porque en el fruto se despega con facilidad la carne del hueso), mirabel (igual que en el caso anterior) y ciruelos chino-japoneses, especies foráneas llegadas a Galicia a partir de 1876 y que fueron muy cultivadas, con la carne pegada al hueso (Castro *et al.*, 2007).



Figura 3: *Prunus domestica* L. (Encyclopedia of Life, 2007).

-Ciruelos europeos (*Prunus domestica* L.): algunas de las variedades más cultivadas en nuestra comunidad son: ameixa branca do país, ameixa negra do país, ameixa de Arillo, bodeira y cirigüelas (Castro *et al.*, 2007).

Las comerciales proceden de Alemania, Francia, Rusia y Serbia, como Anna Späth, Reina Claudia de Oullins, Reina Claudia Verde (Castro *et al.*, 2007).

-Mirabel (*Prunus domestica* L. var. *syriaca*). El destino comercial del mirabel es la elaboración como conserva en almíbar. Se cultiva en la zona del Rosal (Castro *et al.*, 2007).

-Ciruelas chino-japonesas (*Prunus salicina* Lindl.) Las variedades comerciales proceden de Estados Unidos: friar, santa rosa, golden Japan, sungold (Castro *et al.*, 2007).

Inicialmente se multiplican mediante hijuelos y mediante injerto sobre pies francos. Los métodos de injerto son de chapa, escudete o de púa durante la primavera o el verano. Para la injerta tradicional se usa endrino de frutos grandes y ciruela franca. Actualmente mediante injertos sobre patrones (Navarra, 2001). Algunos ejemplos de patrón son los mirabolanos (*Prunus cerasifera* Ehrh.): es un patrón utilizado comercialmente. Es de crecimiento rápido, tolerante a problemas del suelo y adaptado a amplios tipos de suelo. Buena afinidad con los ciruelos europeos (Navarra, 2001). Ciruela mariana: patrones de rápida entrada de producción y bastante resistente a la asfixia radicular. Buena afinidad con las variedades europeas (Navarra, 2001) y para ciruelos europeos: se emplean las especies *Prunus domestica* L. (fig. 3) y *Prunus insititia* L., aunque son patrones de lenta entrada en producción (Navarra, 2001).

4. Cerezos (fig. 4)



Figura 4: *Prunus avium* Moench. (Encyclopedia of Life, 2007).

El cerezo (*Prunus avium* L.), perdió muchas variedades en las últimas décadas. En este caso no se pueden ver cultivadas en viveros actualmente (Castro *et al.*, 2007). Las principales variedades son albariñas, ambrunés, Da Onza, negras do San Cristobito, carretas, negras de Fene, temprana, Pepe García, molariñas de Pielas Castro *et al.*, 2007. Y, las comerciales (procedentes de España, Italia, Francia, Canadá, etc.): Burlant, Stella Sunburst, Napoleón, Van (Castro *et al.*, 2007).

Tradicionalmente se han multiplicado mediante injerto, ya que la reproducción sexual a partir de semillas no garantiza mantener las características de la planta madre. Tradicionalmente para injertar se utilizó el guindo (*Prunus cerasus* L.) y el portainjertos franco. El patrón utilizado comercialmente es *Prunus avium* L., árbol de excesivo vigor y producción lenta. Los suelos ideales son profundos y con pH neutro o ligeramente ácido. Tiene problemas en suelo caliza y secos o húmedos (Navarra, 2001).

5. Melocotoneros (fig. 5)

El árbol es conocido con el nombre de melocotonero (*Prunus persica*), duraznero y alberchigo, “pexegueiro”, aunque pero la presencia de determinadas variedades como pavías, nectarinas y paraguayas crean confusión. Por una parte, existen melocotones de piel lisa con hueso adherente (bruñones o griñones) y con hueso libre (nectarinas). Por otra, hay melocotones (péxegos) con piel pubescente de carne blanda (melocotones corrientes y paraguayos), y de carne dura (pavías o duraznos) (Navarra, 2001).

Estos árboles tienen gran diversidad varietal debido a la facilidad de reproducción por semillas. Algunas variedades autóctonas de pavías son do Santiago, do Ribeiro y Víctor. Las de melocotones son Anca y Tino. Por último, las nectarinas, al no adaptarse bien al clima, no presentan variedades (Castro *et al.*, 2007).

Las comerciales son abundantes y aparecen nuevas que consiguen una maduración más temprana. Proceden de Estados Unidos, Francia, Italia, España, etc. Las principales variedades comerciales de melocotonero son: carne dura, Baby Gold 9, Sudanell, carne branda, Cardinal, Maycrest. Las variedades de peladillo: fantasía, independencia, Armking (Castro *et al.*, 2007)..



Figura 5: *Prunus persica* L. (Encyclopedia of Life, 2007).

Pese a que con las semillas reproducen las características de sus progenitores no es un método muy usado. Este método sólo es utilizado en mejora genética y para la obtención de patrones. La propagación es mediante cultivo *in vitro* o por injerto. Para injertar se utiliza *Prunus persica* franco. Los melocotoneros francos son patrones vigorosos adecuados para suelos fértiles, sueltos, frescos, profundos, pero no muy calizos. Los más utilizados son de origen americano: Nemaguard y Nemared (Navarra, 2001).

6. Castaños (fig. 6)

El castaño (*Castanea sativa* Mill.) es el árbol frutero-forestal más popular de Galicia, y su demanda aumenta conforme pasan los años, aunque la producción en viveros no consigue llegar a los niveles de la demanda.

Las numerosas variedades locales del castaño europeo se pueden dividir en dos grupos: normales y para "marrón glacé" con menos de un 12% de los frutos de mayor tamaño.

De todas las variedades de Galicia, las más importantes son amarelenta, branca, famosa, rubia, luguesa, rapada, verde... (Castro *et al.*, 2007).



Figura 6: *Castanea sativa* Mill. (Encyclopedia of Life, 2007).

A causa de la enfermedad de la tinta, provocada por varios hongos del género *Phytophthora* se investigó la forma de crear híbridos entre el castaño común y el castaño japonés (*C. crenata* Sieb. & Zucc.) o el castaño chino (*C. mollissima* Blume). Estos híbridos resultaron bien para obtener madera de ellos y frutos tempranos, de un amplio tamaño, pero con poco sabor (Castro *et al.*, 2007).

Los árboles en estado silvestre producen vástagos formando bosques densos, por ello tradicionalmente se usaba el castaño asilvestrado para injertar el castaño, pero se está

abandonando debido a la enfermedad de la tinta. Las clases de injertos que se suelen utilizar son de púa y de yema, siempre sobre plantas mayores de 3 años (Navarra, 2001). Comercialmente se usan híbridos como el castaño japonés (Castro *et al.*, 2007).

Las castañas se consumen de múltiples maneras, pero la más popular son las castañas asadas o cocidas. Son muy nutritivas y tienen propiedades energéticas. Además, también es muy apreciada la madera del castaño (Navarra, 2001).

7. Nogal (fig. 7)

El nogal europeo (*Juglans regia* L.) es una especie que tiene mucha importancia en el paisaje rural de Galicia, pero que fue mucho más abundante de lo que lo es hoy en día, aunque no se ha dejado de plantar. La mayoría de las plantaciones recientes corresponden a variedades extranjeras, que no siempre son capaces de resistir las heladas, por lo que mueren o ralentizan el crecimiento.

En Galicia existen distintas variedades, pero no son frecuentes en los viveros porque no están tipificadas. Lo habitual es encontrar las de origen francés como Mayette, o californiano, como Hartley (Castro *et al.*, 2007).

Se conoce como nuez el endocarpo leñoso y a la semilla del nogal, aunque se trata de un fruto carnoso (drupa) se conoce como el fruto seco más popular del mundo y tiene muchas aplicaciones en la cocina. Son ricos en agua, proteínas, grasas e hidratos de carbono. También la madera de nogal es muy apreciada.

Antiguamente los nogales se multiplicaban mediante semillas, pero ahora se hace mediante injertos de púa o de placa, siempre con yemas de madera doble (Navarra, 2001).



Figura 7: *Juglans* L. (Encyclopedia of Life, 2007).

9. Cítricos: naranjo dulce (fig. 8), limonero y mandarinos



Figura 8: *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Encyclopedia of Life, 2007).

Existen variedades autóctonas y también muchas otras comerciales. Entre las que se observan en Galicia, las que más destacan son: naranjo dulce (*Citrus sinensis*, (L.) Osbeck), del que se distinguen tres grupos: navel, blancas y sangre, limonero (*Citrus limon*, (L.) Burm), del que se suele cultivar en Galicia las variedades Lisbon y Verna y mandarino, del que existen varias especies cultivadas como el común (*Citrus deliciosa* Tan.), que fue el primer mandarino en llegar a España desde China y del que todavía se pueden ver algunos ejemplares en Galicia, el Satsuma; el King la clementina; el

mandarino reticulado y numerosos híbridos producidos entre distintos mandarinos o entre distintas especies de cítricos, como es el claro ejemplo la variedad Clemenvilla Castro *et al.*, 2007.

Normalmente, en Galicia, los cítricos son comprados en viveros. Pero existe una excepción, el limonero (*Citrus limon* (L.) Burm), que puede reproducirse por estratificación subterránea, es decir, se les obliga a las ramas a introducirse en el substrato y a echar raíces para formar nuevas plantas (Navarra, 2001).

10. Higueras (fig. 9)

La presencia de higueras (*Ficus carica* L.), en los huertos es muy frecuente, sobre todo en zonas donde no hay muchas heladas, que además suele ser donde también prosperan las viñas. Se trata de un árbol muy rústico que se reproduce fácilmente por estaca (fragmento con yemas que se introduce en el suelo para que arraigue en él y se forme una nueva planta), y que apenas necesita cuidados, solamente proteger el fruto de ser comidos por los pájaros (Castro *et al.*, 2007).

Se suelen cultivar variedades elegidas popularmente, y las más frecuentes son blancos, Brevas, de malva y Migueliños (Castro *et al.*, 2007).

Los higos son el fruto que se obtiene de la higuera, pero desde el punto de vista botánico es una infrutescencia (sicono), procedente de una inflorescencia carnosa. Suelen madurar entre agosto y septiembre. Los higos son utilizados como recurso alimenticio, ya que son muy nutritivos con un alto contenido de azúcar y calcio (Navarra, 2001).

Algunas las higueras dan un “fruto” sobre el mes de junio, al que se le denomina breva. En otras zonas se denomina brevas

a los higos que no han llegado a madurar en otoño, conservándose en estado latente durante el invierno y madurando en la primavera del año siguiente.

Las higueras se pueden multiplicar de varias formas: por semillas, por acodo o por injerto, pero comercialmente se multiplican mediante estaquillas o por cultivos *in vitro* (Navarra, 2001).

Otras especies del género *Ficus* se cultivan para extraer de ellas un látex con el que se elabora caucho, sus higos no son comestibles (Toogood, 1992).



Figura 9: *Ficus carica* L.
(Encyclopedia of Life, 2007).

SI QUIERES CULTIVARLOS, ESTO TE INTERESA

Plantación

En una plantación, la selección del diseño, la densidad y la distribución del arbolado influyen de modo decisivo sobre la cuantía y la calidad de la cosecha, así como sobre la eficacia de las prácticas de cultivo y, por tanto, sobre su rentabilidad. El objetivo a la hora de diseñar la plantación es, por una parte, que los árboles puedan capturar la mayor cantidad posible de luz y, por otra, facilitar el movimiento interior de la maquinaria. Por ello es importante el marco de plantación, es decir, la disposición de los árboles en el terreno, la sistematización y la densidad de plantación, árboles por unidad de superficie, etc. (Agustí, 2010).

Mantenimiento del suelo

Se entiende por técnicas de mantenimiento del suelo al conjunto de operaciones que se realizan a lo largo del año en una plantación frutal. Entre ellas podemos mencionar el laboreo, técnica que consiste en remover las capas más superficiales del suelo. No supone ningún beneficio directo al árbol, pero sí mejora la eficiencia de la fertilización y del riego (Agustí, 2010).

El cultivo sin aplicar esta práctica se denomina no laboreo. En esta técnica puede optarse por el suelo desnudo durante todo el año, por el mantenimiento de una cubierta vegetal (mayor necesidad de agua y fertilizantes), o incluso se puede optar por sistemas mixtos entre éstos (Agustí, 2010).

Es destacable la técnica de herbicación en las plantaciones, consistente en la aplicación de los herbicidas junto con el agua de riego, aunque debemos remarcar que la utilización de este método implica una contaminación elevada que se debe tener en cuenta (Agustí, 2010) y no debería de usarse.

Otra técnica que elimina la vegetación espontánea ahogándola mediante la extensión de una capa de material, suficientemente espeso para que aquella no pueda atravesarlo, es denominada mulching. Si el material que se emplea es orgánico recibe el nombre de mulching orgánico, y si no lo es, se conoce como mulching inorgánico. El mantenimiento del suelo con cubiertas vegetales consiste en que el suelo esté cubierto de vegetación (Agustí, 2010).

Riego

El riego, en períodos muy secos, reduce la caída fisiológica de los frutos y mejora su tamaño final.

También reduce el contenido en sólidos solubles totales y la acidez libre, y, en condiciones áridas, su adecuado manejo puede promover la floración (Agustí, 2010).

El modo de llevar a cabo el riego depende de diversos factores, entre ellos el tipo de parcela, la disponibilidad del agua, etc.

En la práctica son tres los sistemas de riego utilizados:

- 1) Riego por gravedad: consiste en repartir el agua a lo largo del campo de modo que fluya por sí misma (Agustí, 2010).
- 2) Riego por aspersión: es poco común en fruticultura. La aspersión baja se encuentra en algunas plantaciones de frutales de hueso y de cítricos. Este tipo de aspersión distribuye el agua por debajo de las copas de los árboles. Su instalación es móvil (Agustí, 2010)
- 3) Riego localizado: este método de riego proporciona el agua directamente a las raíces del vegetal. Ello puede lograrse de tres maneras (Agustí, 2010):
 - exudación, que consiste en el riego a través de unas cintas de material poroso o tuberías perforadas, situadas en superficie o enterradas, y que liberan humedad.
 - microaspersión, en el que se distribuye el agua mediante microaspersores.
 - riego por goteo, el más utilizado en la Península Ibérica. Consiste en hacer llegar el agua a los emisores situados alrededor del pie del árbol, a través de tuberías, haciéndola caer gota a gota constantemente.

Poda

La eliminación y/o acortamiento de parte de las ramas de un árbol para facilitar su forma, iluminación y aireación de la copa con el fin de mejorar la producción y la calidad de los frutos recibe el nombre de poda. Los factores que influyen para la elección del tipo de poda son la variedad, el patrón, el suelo y el clima. También se debe regular la intensidad y la frecuencia de la poda. Según los objetivos que se persigan, la poda se divide en poda de formación, de fructificación, de mantenimiento y de regeneración (Agustí, 2010).

- de formación se realiza en los primeros años de vida del árbol y persigue la obtención de una estructura equilibrada y resistente, capaz de soportar futuras cosechas.
- de fructificación se practica para lograr la mejor distribución posible entre las ramas. Todo lo que contribuya a reducir el vigor de las ramas, evitando su crecimiento longitudinal excesivo y favoreciendo su desarrollo horizontal, mejora la producción y calidad del fruto.
- de mantenimiento persigue controlar el desarrollo del árbol, para un mejor manejo del mismo, y facilitar su relación con el medio. Consiste en la eliminación de las ramas de pequeño tamaño, resacas, ramas altas, etc .
- de regeneración se realiza en árboles viejos en los que se detecta una reducción de la cosecha. El objetivo es promover la producción de nuevos brotes.

Fertilización

El aporte de nutrientes se puede llevar a cabo por distintos métodos. Podemos dividir la fertilización como la que se realiza sobre el suelo y la que se realiza sobre el propio árbol (Agustí, 2010).

En la fertilización sobre el suelo encontramos la fertilización a manta, que consiste en repartir el fertilizante manualmente sobre la superficie del suelo, en bandas, en surco y con el agua del riego (fertirrigación). Éste último es el más efectivo, aunque es vital controlar el agua utilizada debido a que las sales que se emplean pueden incrementar nocivamente la salinidad del suelo (Agustí, 2010).

Por último encontramos la fertilización realizada sobre el árbol, de aplicación foliar. La utilización de

pulverizaciones foliares es, asimismo, ampliamente ejecutada para resolver problemas nutricionales puntuales o para aprovechar los tratamientos que se efectúan para el control de plagas o enfermedades y para la aplicación de fitoreguladores (producto regulador del crecimiento de las plantas o árboles, como hormonas, por ejemplo) (Agustí, 2010).

Quizás el mejor método de aportar nutrientes se la fertilización sobre el suelo, ya que en él es donde se encuentran las raíces, que son el órgano que se encarga de absorber los nutrientes que se suministran en el suelo.

CULTIVO DE ÁRBOLES FRUTALES PREDOMINANTES EN GALICIA

Manzanos: la mayoría de las variedades de manzanos son autoestériles (no se produce una correcta fecundación entre individuos de la misma variedad), por lo que deben combinar al menos dos variedades compatibles para que se produzca una buena fecundación (Camacho, 2000). A la hora de podar se debe tener en cuenta que los manzanos fructifican sobre ramos cortos, y principalmente en madera de 3 o 4 años. Por ello, con la poda se debe tender a favorecer el crecimiento de estas formaciones. La principal necesidad hídrica de los manzanos se produce durante el verano, donde necesitan mayor aporte de agua. También requieren abonos. Las principales plagas son pulgones, ácaros (como *Panonychus ulmi*), gusano de manzanas (*Cydia pomonella*, polilla), además de enfermedades bacterianas como las causadas por *Erwinia amylovora* y víricas, como la ocasionada por ACLSV (*Apple chlorotic leaf spor virus*) (Navarra, 2001).

Perales: para asegurar una buena fructificación se asocian diversas variedades. Las ramas de un año se dejan sin ninguna intervención, acortándolas un tercio en el segundo año. El periodo crítico de necesidad de riego y abonado es durante la primavera y verano, antes de la maduración de los frutos. El peral se ve afectado principalmente por pulgones, ácaros y moscas de la fruta (Navarra, 2001).

Ciruelos: en el cultivo del ciruelo cabe destacar que existen variedades autocompatibles y autoincompatibles a la hora de la reproducción, por lo que en éstas últimas será necesaria la plantación de variedades polinizadoras. La poda se limita al aclareo de ramos fructíferos, principalmente. Los aportes de agua y abono se deben realizar antes de la fructificación y durante el engorde de los frutos. Las principales plagas que sufre el ciruelo son pulgones, cochinillas, moscas de la fruta y polillas, además de diversas enfermedades fúngicas, la más común es por *Taphrina deformans*, y bacterianas (Navarra, 2001).

¿CONOCES LA INFLUENCIA COMERCIAL DE LAS FRUTAS GALLEGAS?

Como introducción a la parte de comercialización de todos aquellos productos provenientes de árboles frutales, sería conveniente dar una definición de lo que es el comercio; el comercio es toda aquella actividad de compraventa o intercambio de bienes o servicios.

En Galicia, al no haber grandes extensiones de terreno (latifundios) y ser parcelas de particulares (minifundios), el comercio existente se limita a la región de la cual proceden los productos, ya que no pueden competir con los grandes productores. Entre los modelos de comercialización más frecuentes que se dan para los productos gallegos como las manzanas, peras, cerezas, ciruelas, higos, cítricos, etc. están en primer lugar, y el más utilizado, la venta en ferias comarcales, en mercadillos o en el mercado local, donde sus artículos son comprados por particulares (Castro *et al.*, 2007).

Otra posibilidad, que solo se da en las manzanas, es la venta al por mayor a la industria de la sidrería, sobre todo la asturiana, la que está más cerca de los productores y es la más importante de España. Además, las variedades de manzanas gallegas son muy apreciadas para la elaboración de sidra debido a su amargor característico, que le confiere un sabor particular.

Por último, aunque no sea una manera de comercializar los productos, los agricultores plantan para consumo propio, práctica cada vez más común en el ámbito rural (Sánchez, 2008).

BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M. (2010). Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Camacho, J.L. (2000). Árboles froiteiras en Galicia: guía práctica para o cultivo. Baía Edicións. A Coruña.
- Castro et al., 2007 Castro, M., Prunell A. & Blanco-Dios J. (2007). Guía das árbores autóctonas e ornamentais de Galicia. 1ª Edición. Edicións Xerais de Galicia. Vigo. Encyclopedia of Life (2007) archivo de imágenes In www.eol.org [18/03/2016].
- Navarra, J. (2001). Guía de las frutas cultivadas. Identificación y cultivo. Ed. Mundi- Prensa. Madrid.
- Sánchez, J. (2008). Análisis de la estructura geográfica de las exportaciones e importaciones de Galicia. Ed. Fundación Caixanova. Vigo.
- Toogood, A. (1992). Manual de árboles de jardín. Ed. Blume. Barcelona.

QUE FAI UNHA ÁRBORE COMA TI NUN SITIO COMA ESTE?

Blanco González, S.; Gallego García, M.P.; Novo Giménez, I.; Sánchez
Sánchez, P.

e- mail: sofiablancoglez@gmail.com; mgallego@alumnos.uvigo.es; inovo@gmail.com;
paulsanchez@alumnos.uvigo.es

2º Grado en Bioloxía, Botánica II

Tutora:

- Marisa Castro

Departamento de Bioloxía

Vexetal e Ciencias do Solo

Facultade de Bioloxía

Universidade de Vigo.

Resumen

Neste traballo bibliográfico destácanse as especies arbóreas invasoras máis importantes en Galicia, así como as consecuencias e ameazas que leva a súa difusión incontrolada.

INTRODUCCIÓN

A propagación de especies arbóreas alóctonas nos bosques de Galicia é considerada unha das causas do progresivo deterioro da nosa biodiversidade. Neste artigo destácanse as especies arbóreas invasoras máis importantes en Galicia, así como as consecuencias e ameazas que leva a súa difusión incontrolada. Ante esta situación, é necesario loitar contra unha invasión tan prexudicial a través de medidas de prevención, detección temperá e control, para así poder mellorar a biodiversidade.

“Unha cultura non vale máis co que valen os seus bosques”... (W.H. Auden)

e os bosques galegos están a perder a súa identidade.

Toda área caracterizada por unha xeografía e climatoloxía determinadas fai gala dun rexistro arbóreo autóctono adaptado a estas. Sobreiras, castiñeiros, acivros... constitúen unha equilibrada rede pulida co paso do tempo no que fauna e flora interactúan respetuosamente entre si. Unha sutil alteración deste equilibrio desbarata o correcto desenvolvemento dun bosque, e o cambio desatouse en Galicia nun momento de evolución económica e social.

As novas ideas e intereses xurdidos durante a revolución industrial exerceron unha enorme presión sobre os compoñentes da biodiversidade e a base dos recursos. Nun acelerado intento por suplir as necesidades consumistas dunha poboación en auxe económico, procedeuse á tala desmedida para a fabricación de caixas nas que transportar mercadorías e a elaboración de mobles baratos. Non satisfeitos con estas drásticas medidas, seguiron os incendios intencionados co obxectivo de substituír as centenarias especies autóctonas por aquelas de máis rápido crecemento e rendemento económico. Estas espigadas árbores foráneas atoparon nos bosques galegos un hábitat sen competencia onde proliferar, sendo protagonistas de reforestacións que non fixeron senón incrementar o problema dos incendios.

A progresión financeira foi ligada a unha intanxible degradación e empobrecemento xenético. O voraz e acelerado capitalismo supuxo, a longo prazo, perdas nos eidos económico, ecolóxico e social. A explosión do momento alterou unha rede sintetizada dende os comezos e conecta os bosques coa economía, a paisaxe, a identidade social e a cultura (Silva-Pando e Rigueiro, 1990, Fagúndez e Barrada, 2007).

QUE É UNHA PLANTA INVASORA?

Considérase como planta arbórea invasora aquela especie que provén dunha zona xeográfica distinta integrándose e propagándose nunha área da que non é autóctona, e tendo efectos nocivos sobre o ecosistema. A súa introdución puido ser intencionada ou accidental (Fagúndez e Barrada, 2007). Pode ser tamén definida como unha especie intrusiva que, fóra da catividade, establece relacións auto-rexenerantes nun medio situado máis alá do seu límite histórico de distribución.

En todo caso, é de destacar que unha planta invasora triunfará como tal sempre que posúa unha serie de características que permitan a súa adaptación ao medio sacando vantaxe da falta de predadores ou competidores (Fagúndez e Barrada, 2007). En caso de que os houbera, é común a presenza de estratexias colonizadoras coas que reducen ou iniben o desenvolvemento das árbores circundantes.

QUE EFECTOS TEÑEN AS PLANTAS INVASORAS?

Todas as plantas invasoras teñen un maior ou menor impacto sobre os ecosistemas que invaden, xa que son elementos novos que alteran as cadeas tróficas, as condicións do hábitat (cantidade de humus no solo, insolación, etc), introducen patóxenos, producen alerxenos... (Pérez e Bouzó, 2004).

A ameaza máis evidente para as plantas autóctonas é a competencia coas invasoras por uns mesmos recursos. Ademais, a súa capacidade de cambiar as condicións ambientais do hábitat ocupado afecta sobre todo ás plantas endémicas, xa que son, xeralmente, as máis sensibles a este tipo de alteracións. Concretamente, afectan á nitrificación, ao ciclo hídrico, e incluso aos incendios.

Tamén hai que ter en conta a posibilidade de hibridación das plantas invasoras coas autóctonas, o que termina por reducir a diversidade xenética do ecosistema (Pérez e Bouzó, 2004). Estes cruzamentos ou unións sexuais entre organismos de distinta especie ou xénero dan lugar a híbridos con características combinadas de ambos proxenitores, incrementándose as combinacións xenéticas e perdéndose a identidade autóctona inicial.

No que respecta ao ser humano, as plantas invasoras afectan aos cultivos (por exemplo, coa introdución de máis malas herbas), ao gando (pola toxicidade dalgunhas delas), ás infraestructuras, aos lagos, canles, plantas de tratamento, etc... chegando a limitar a dispoñibilidade de agua. Tamén poden producir alérxenos, como o pole, que afectan a gran parte da poboación.

Concretamente, as especies arbóreas invasoras restrinxen o acceso a ríos, e aumentan o risco de incendios (Pérez e Bouzó, 2004).

CALES SON AS ESPECIES ARBÓREAS INVASORAS MÁIS IMPORTANTES EN GALICIA?

MIMOSA, acacia ou alcacia (*Acacia dealbata* Link.)

A mimosa é unha árbore perennifolia introducida para uso ornamental, explotación forestal e, en menor medida, para a fixación de noiros ou como especie melífera. A súa capacidade de invasión e xermolación a partir de resistentes sementes das que nace con gran facilidade convértena nunha árbore invasora de distintas zonas do mundo. Estas sementes permanecen longos períodos resistindo incendios ou outras perturbacións, o cal, sumado ao seu alto potencial alelopático (producen sustancias químicas que iniben o crecemento doutras especies), dificulta a xermolación das especies autóctonas (Pérez e Bouzó, 2004).



Figura 1: Imaxe dunha acacia (Cheek, 2003)



Figura 2: Imaxe dunha acacia negra (James, 2011)

AILANTO, alianto ou árbore do ceu (*Ailanthus altissima* (Mil.) Swingle)

O seu rápido crecemento fai desta especie unha interesante fonte para o sector da xardinaría. É por isto que está sendo implantada nas terras galegas, dispersándose velozmente grazas ás grandes cantidades de sámaras (fritos secos con ás que facilitan a súa dispersión) que cada árbore feminina pode producir. Gromos empregados para a reprodución vexetativa fomentan a súa expansión en zonas alonxadas da árbore “nai”, favorecendo densas formacións arbóreas con capacidade aleopática en medios relativamente húmidos (Pérez e Bouzó, 2004).



Figura 3: Imaxe dun ailanto (Tormo, 2014)

EUCALIPTO COMÚN, eucalipto branco ou eucalipto azul (*Eucalyptus globulus* Labill.)



Figura 4: Imaxe dun eucalipto común (Tormo, 2014)

Esta especie arbórea é empregada para a obtención de madeira preferentemente para a fabricación de pasta de papel, polo que a súa plantación está moi extendida. Porén, considérase unha especie invasora debido ao seu rápido crecemento, que leva asociado diversos problemas para as especies autóctonas coas que entra en competencia, xa que require unha gran cantidade de auga e nutrientes.

Unido a isto atópase o feito de que ten carácter alelopático e axuda a propagar o lume, aínda que as súas sementes e raíces sopórtano ben e poden rebrotar despois. Neste caso, atopámonos cunha erradicación total moi improbable, aínda que se están a tomar medidas para minimizar o problema, xa que a especie está demasiado extendida e hai diversos intereses económicos implicados que non favorecen a eliminación (Capdevila-Argüelles *et al.*, 2012).

Pertencentes ao mesmo xénero pódense atopar outras 3 especies de acacias que tamén presentan comportamento invasor: a acacia de madeira negra (*Acacia melanoxylon* R.Br.), a mimosa negra (*Acacia mearnsii* De Willd.) e a acacia branca (*Acacia longifolia* (Andrews) Willd.). Todas son semellantes entre sí, aínda que presentan certas diferenzas nas follas que permiten distinguilas; proveñen de Australia; e, ao igual que a mimosa, alteran os ecosistemas que invaden, eliminando a meirande parte da flora autóctona (Dirección Xeral de Conservación da Natureza [a], en liña).

FALSA ACACIA, acacia, roblinia ou pan e quesillo (*Robinia pseudoacacia* L.)

Esta especie arbórea caducifolia ten a cortiza de cor grisácea, flores brancas con corola papilionácea e alcanza ata 20 m de altura. As árbores e ramas xóvenes son espiñosas. A súa capacidade de invasión débese principalmente á gran velocidade coa que crece, e se propaga mediante reprodución vexetativa e sementes. É curioso como os incendios poden favorecer a súa dispersión, xa que escarifica as sementes (desgasta a cuberta externa), permitindo que xermolen.



Figura 5: Imaxe dunha falsa acacia (Royal Botanic Gardens, en liña).

O principal efecto desta especie sobre o ambiente é a formación de humus con gran cantidade de nitróxeno, xa que forma nas raíces nódulos con bacterias do xénero *Rhizobium*, coas que habita no solo e é fixadora de nitróxeno. A maior abundancia de nitróxeno facilita a entrada e instalación de novas especies invasoras (Pérez e Bouzó, 2004).

PIÑEIRO BRAVO, piñeiro do país ou piñeiro marítimo (*Pinus pinaster* Ait.)

A partires da segunda metade do século XX, o progreso económico e a demanda de produtos fomentaron



Figura 6: Imaxe dun piñeiro bravo (Tormo, 2014)

o feito de repoboar os bosques galegos con esta especie de rápido crecemento. Aproveitáronse os incendios masivos para o seu cultivo, maioritariamente provocados, e a tala masiva por parte das industrias interesadas.

O seu crecemento vertical cun talo libre de ramificacións laterais (moitas veces eliminadas de forma artificial) fan do piñeiro bravo a materia prima ideal para caixas empregadas, naquel momento de auxe, para a exportación e tamén para a construción de mobles baratos. Hoxe en día segue aportando importantes beneficios financeiros a costa dunha perda de biodiversidade autóctona (Wittenberg e Cock, 2001).

Ademais, existen diversas especies que deben ser vixiadas, xa que pese a non terse mostrado como invasoras en Galicia polo momento, exhiben este comportamento noutras localizacións próximas e son frecuentemente empregadas como ornamentais, como é o caso do loureiro real ou lauroceraso (*Prunus laurocerasus* L.), que se adapta facilmente a lugares como carballeiras e presenta certa facilidade para invadir este tipo de medios; ou o pradairo americano (*Acer negundo* L.), que se está a estender pola península. Tamén habería que considerar os casos de *Hakea sericea* Schr. (que non conta con nome vulgar en galego), que é invasora no norte de Portugal e se detectou no Parque Natural Baixa Limia-Serra do Xurés e monte Aloia, e a figueira (*Ficus carica* L.) que recibiu a consideración de invasora en distintas ocasións (Pérez e Bouzó, 2004).

COMO PODEN SER CONTROLADAS AS ÁRBORES INVASORAS?

Combater as especies invasoras constitúe unha prioridade medioambiental e unha cuestión de desenvolvemento sostible. As actuacións a seguir fronte calquera invasión biolóxica seguen tres etapas sucesivas: prevención, detección temperá e control.

Ante todo, prevención, xa que como di o refrán “*é mellor previr que curar*”, pois unha vez que a planta se converte nunha especie invasora os esforzos para controlala terán que ser maiores e, en moitos casos, resultarán infrutuosos.

No caso da agricultura ou usos forestais existiría a posibilidade de facer unha análise dos riscos potenciais que presente a implantación da especie invasora, sopesando se os beneficios son merecedores do risco (Dirección Xeral de Conservación da Natureza [b], en liña). A partir de aí, as posibles actuacións preventivas son moi diversas: a concienciación ambiental, o control nos focos de entrada e a vixilancia ambiental, o mantemento da cuberta vexetal natural en bo estado, a revexetación con especies nativas, a prevención de incendios. E logo, parece necesario a participación activa de todos nós e actuación responsable das autoridades (Capdevila-Argüelles *et al.*, 2012).

A detección temperá, xunto coa capacidade para actuar rapidamente, resultan claves para poder erradicar con éxito novas introducións de especies invasoras potenciais ou coñecidas (Capdevila-Argüelles *et al.*, 2012). A tal efecto, a Xunta de Galicia creou a chamada Rede de alerta temperá de Galicia, mecanismo público destinado a recoller e proporcionar información (especie, data de detección, coordenadas, tipo de hábitat afectado e outros datos que poidan resultar de interese) sobre estes eventos. Resulta positivo o feito de que calquera persoa poida participar no proxecto. Porén, apenas será eficaz cando as especies sexan de ampla distribución ou leven moito tempo establecidas (Gestiona Global, 2012).

Resulta entón necesario o control, que é a acción destinada a reducir a área de distribución, limitar a abundancia e densidade, ou impedir a dispersión dunha especie invasora unha vez detectada. Isto fai preciso empregar técnicas diversas e axeitadas segundo a especie, que teñan o efecto máis específico posible, sen risco para o ecosistema. Esas técnicas poden ser de control mecánico, químico ou biolóxico (Capdevila-Argüelles *et al.*, 2012).

O control mecánico ten un elevado custo, pois require moito tempo e persoal, ademais do uso de maquinaria pesada para os exemplares grandes. No caso de especies como a acacia, a acacia negra, o eucalipto común, e o ailanto, estes métodos non mostran gran eficacia, salvo que se trate de plántulas e exemplares novos, localizados en pequenos rodais e arrancando todos os exemplares, incluíndo a súa cepa (Van Driesche *et al.*, 2007, Capdevila-Argüelles *et al.*, 2012).

A eliminación (tala e destocnado) de exemplares novos, antes que os exemplares grandes, resulta recomendable cando se trata da acacia negra, pois eliminar primeiro os grandes podería favorecer a aparicións de novas crecenzas debido ás sustancias químicas que produce esta especie. No caso da acacia, tras arrancar os invasores, nalgún caso utilizouse o método de insolarización que consiste na colocación de plásticos negros tras o corte dos individuos manténdoos durante varios anos ata esgotar definitivamente a raíz. Por outra parte, cabe salientarse que a tala do ailanto é desaconsellable, xa que estimula o rebrote, podendo provocar un efecto contrario ó desexado (Capdevila-Argüelles *et al.*, 2012).

O control químico consiste no emprego de herbicidas, que cheguen a todos os puntos da planta, como o glifosato, picloram ou triclopir. Nalgúns casos, como o eucalipto común, este tratamento tivo unha efectividade do 100%, ademais de ser economicamente máis atinxible. Hai tres formas de empregalo: mediante perforacións, nos exemplares grandes; aplicación directa do herbicida sobre os tocos en árbores máis novas, e pulverización en zonas de rebrote. En todo caso, hai que evitar que o produto gotee e chegue ao solo (Capdevila-Argüelles *et al.*, 2012).

Debido ás súas características, como son a súa baixa toxicidade para os seres humanos e un baixo perigo para a fauna terrestre e acuática, unido a unha rápida degradación, o glifosato é o máis utilizado nos traballos de control de plantas invasoras no medio natural. Porén, en acacia negra aprecíase certa

resistencia ó glifosato, polo que se considera recomendable o tratamento con outras sustancias químicas. Ademais, é evidente que o emprego de métodos químicos pode traer consigo problemas de contaminación ambiental (Van Driesche *et al.*, 2007, Capdevila-Argüelles *et al.*, 2012).

O control biolóxico baséase na introdución dalgún inimigo natural da especie invasora (un depredador, parásito, etc.), que poida frear a súa propagación a longo prazo. A aplicación deste método esixe a máxima cautela, pois supón a introdución dun elemento estraño no ecosistema cunhas consecuencias que poden resultar imprevisibles.

Para o control das acacias poden utilizarse moscas dos bugallos, xa que as súas larvas se alimentan de sementes de acacias. Tamén se propuxo o emprego de gurgullos e picudos, que se alimentan de sementes desta especie. Aínda que o custo económico deste tipo de control sexa baixo, o seu impacto ambiental resulta crítico (Van Driesche *et al.*, 2007).

Fronte ao ailanto, na súa zona de orixe, en China, propúxose a utilización de gurgullos e chinches como posibles axentes para o seu control biolóxico. E, en EEUU, tamén se aplicaron fungos patóxenos, como posibles biocontroladores desta especie invasora (Van Driesche *et al.*, 2007).

CONCLUSIONS

Queda patente, polo tanto, o grande impacto que supoñen para os nosos bosques as especies arbóreas invasoras aquí mencionadas, ademais de moitas outras herbáceas e arbustivas. Poñen en perigo devanditos espazos naturais, alterando as características dos ecosistemas, favorecendo os lumes (e incluso sendo provocados incendios para poder plantalas), afectan ás actividades humanas e diminúen a biodiversidade existente. Ademais, débese ter coidado coas novas especies que puidesen chegar, xa que o que nun principio era unha planta decorativa para o xardín pode supor rapidamente un problema para os nosos montes.

A súa eliminación, ou polo menos o seu control, é polo tanto un proxecto de vital importancia se se pretenden conservar as especies autóctonas, motivo polo que se levan a cabo diversas manobras de control, con mellores ou peores resultados, co obxectivo de mantelas a raia. En certos casos isto pode contravir os intereses económicos, polo que se fai necesario sopesar non só o que é mellor a curto prazo, senón como esperamos que sexan os nosos bosques nun futuro, e se iso compensa as ganancias presentes.

Non queda entón máis que loitar por unha lenta recuperación dos espazos agora invadidos pero que quizais, nun futuro, mostren de novo a grande biodiversidade dos montes galegos.

BIBLIOGRAFÍA

- Capdevila-Argüelles, L., Zilletti, B.; Suárez, V.A. (2012). Plan estratéxico galego de xestión das especies exóticas invasoras e para o desenvolvemento dun sistema estandarizado de análise de riscos para as especies exóticas en Galicia. Xunta de Galicia Recuperado o 15 de febreiro de 2016 de http://www.cmati.xunta.es/c/document_library/get_file?file_path=/portal-web/Documentos_DXConservacion_da_Natureza/Biodiversidade/plan_estratexico_eei_Galicia.pdf .
- Cheek, R. (2003). *Acacia dealbata*. Recuperado o 5 de marzo de 2016 de <https://www.rhs.org.uk/Plants/24107/Acacia-dealbata/Details>.
- Dirección xeral de conservación da natureza (en línea, a). Consellería de medio ambiente e desenvolvemento sostible. Xunta de Galicia. Plan galego de especies exóticas invasoras. Recuperado o 30 de febreiro de 2016 de http://cmaot.xunta.gal/c/document_library/get_file?file_path=/portal-web/Documentos_DXConservacion_da_Natureza/Biodiversidade/Fichas_divulgativas_EEI.pdf.
- Dirección xeral de conservación da natureza (en línea, b). Consellería de medio ambiente e ordenación do territorio. Xunta de Galicia. Rede de alerta temperá de especies exóticas invasoras. Recuperado o 15 de febreiro de 2016 de http://www.cmati.xunta.es/seccion-organizacion/c/DX_Conservacion_Natureza?content=Direccion_Xeral_Conservacion_Natureza/Biodiversidade/seccion.html&std=Rede_alerta_EEI.html&sub=Xestion_EEI/
- Fagúndez, J. & Barrada, M. (2007). *Plantas invasoras de Galicia. Bioloxía, distribución e métodos de control*. Santiago de Compostela. Dirección Xeral de Conservación da Natureza. Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible. Xunta de Galicia.
- Gestiona Global, Programa de Cooperación Territorial Espacio Sudoeste Europeo 2007-2013. (2012). Guía de control de bioinvasoras vegetales en los ríos de la Península Ibérica. Recuperado o 20 de febreiro de 2016 de https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/6377/1/REP-A.Monteiro-4-Gu%C3%ADa%20Control%20Bioinvasoras_RICOVER_2012.pdf.
- James, T. (2011). *Acacia mearnsii* (Black Wattle). Recuperado o 10 de marzo de 2016 de [http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/weeds/key/weeds/Media/Html/Acacia_mearnsii_\(Black_Wattle\).htm](http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/weeds/key/weeds/Media/Html/Acacia_mearnsii_(Black_Wattle).htm).
- Pérez, X., & Bouzo, X. (2004). *As bioinvasións na Galiza*. Vigo: Ed. Edicións A Nosa Terra. Vigo
- Royal Botanic Gardens, Kew. *Robinia pseudoacacia* (black locust). Recuperado o 7 de marzo de 2016 de <http://www.kew.org/science-conservation/plants-fungi/robinia-pseudoacacia-black-locust>
- Silva-Pando, F. & Rigueiro, A. (1990). *Guía das árbores e bosques de Galicia*. Vigo: Ed. Galaxia.
- Tormo, R. (2014). Herbarium . Recuperado o 3 de marzo de 2016 de <http://plantasyhongos.es/herbarium/htm/especies.htm>
- Van Driesche, R.G., Hoddle, M.S. & Center, T.D. (2007). Control de plagas y malezas por enemigos naturales. Recuperado o 20 de febreiro de 2016 de http://www.fs.fed.us/foresthealth/technology/pdfs/VANDRIESCHE_CONTROL_Y_PLAGAS_WEB.pdf.
- Wittenberg, R. & Cock, M.J.W. (2001). *Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices*. Wallingford. CAB International. Recuperado o 18 de febreiro de 2016 de http://www.issg.org/pdf/publications/gisp/guidelines_toolkits_bestpractice/wittenberg&cock_2001_en.pdf.

ERNST MAYR: UNA FILOSOFÍA DESDE LA BIOLOGÍA, UNA BIOLOGÍA DESDE LA FILOSOFÍA. BREVÍSIMO REPASO A SUS APORTACIONES

Gefaell Borrás, J.

e- mail: jgefaell@alumnos.uvigo.es

Grao en Bioloxía

Trabajo no Tutorizado

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumo

Mayr es considerado, con justicia, el Darwin del siglo XX. Además de su influyente contribución científica (en sistemática, zoología, biogeografía, historia de la biología y biología evolutiva), destaca su gran producción filosófica, que se caracterizó por el intento de construir una filosofía de la ciencia adaptada a las particularidades de la biología. En este artículo pretendemos hacer un muy sucinto repaso a las principales aportaciones de Mayr en materia filosófica, así como poner en valor la relevancia e impacto de muchas de sus ideas. En particular, nos centraremos en el análisis que realiza de la obra de Charles Darwin. Por último, señalaremos algunas limitaciones de sus ideas filosóficas, que no acaban de encajar con según qué aspectos de la práctica y teoría biológica contemporánea.

ERNST MAYR Y LA FILOSOFÍA

Como muchos grandes científicos a lo largo de los últimos siglos, Ernst Mayr (1904-2005) tuvo una gran amplitud de intereses que le hizo aproximarse a la filosofía en reiteradas ocasiones a lo largo de su dilatada carrera científica. Gracias a ello, así como a su condición de biólogo en ejercicio, fue capaz de esbozar un proyecto de filosofía de la ciencia que tuviese en cuenta las particularidades de la biología. Tal y como él mismo relata en *"Por qué es única la biología?"* (2006), escrito poco antes de su muerte, su interés por la filosofía comenzó durante su juventud, debido a la gran devoción que su padre, jurista de profesión, tenía por dicha disciplina. Aunque su interés por la naturaleza fue más intenso durante sus primeros años de formación, Mayr tuvo la oportunidad de profundizar en la filosofía durante la finalización de su tesis doctoral, ya que, en la Alemania de aquel momento (allá por los años 20 del siglo pasado), para obtener el título de doctor era necesario superar un examen de filosofía. En *"Por qué es única la biología?"*, Mayr relata que, a raíz de ese examen, que superó con una alta calificación, comenzó a desilusionarse con la filosofía de la ciencia vigente en aquella época (el positivismo lógico), debido a su relativo alejamiento de la biología y su excesivo énfasis en la física y en las matemáticas.

En busca de filósofos más biológicamente orientados, Mayr narra que recibió el consejo de introducirse en la obra de los dos únicos pensadores que a principios del siglo XX habían reflexionado acerca de la biología como disciplina científica autónoma: Henri Bergson (1859-1941) y Hans Driesch (1867-1941). En sus primeros viajes por Nueva Guinea, Mayr comenta que solamente se llevó dos libros, las principales obras de estos autores, y que los leía con amplio interés durante las noches, cuando, según él, no estaba despellejando aves (Mayr, 2006). De la lectura de Bergson y Driesch, Mayr quedó también profundamente desencantado, pues ambos autores eran partidarios del vitalismo, una doctrina ya obsoleta que postulaba que los seres vivos eran fundamentalmente distintos a los objetos inanimados debido a la posesión de

algún tipo de sustancia especial no-física que les dotaría de sus propiedades específicas. Mayr sostiene que esta doctrina era demasiado oscura, metafísica y teológica para ser adoptada por cualquier científico; en particular, comenta que él mismo que no estaba dispuesto a creer en algo tan confuso y abstracto como la *vis vitalis* de Driesch (Mayr, 2006).

A partir de entonces, Mayr experimentó un relativo alejamiento de la filosofía que duraría cerca de 20 años. Su interés volvió, según él mismo relata, durante los años 50, en pleno desarrollo y refinamiento de la Síntesis Evolutiva Moderna. Trabajando en ella Mayr observó que varios de los problemas teóricos suscitados por la biología evolutiva podrían ser resueltos más adecuadamente si se desarrollaba un sistema filosófico que explicitara los presupuestos conceptuales de la biología. También pensó que la construcción de una filosofía biológica podría ayudar a los biólogos a orientarse en el ejercicio de su profesión científica. Fue así como a partir de los años 60 comenzó a desarrollar una serie de ideas filosóficas que no solo acabarían revolucionando la forma en la que se piensa la biología contemporánea, sino también la forma en la que se ejerce la filosofía de la ciencia por los filósofos actuales.

LA INFLUENCIA DE MAYR EN LA BIOLOGÍA MODERNA

Combinando armoniosamente erudición científica, originalidad teórica, y un gran conocimiento de la historia de la biología, Ernst Mayr fue el primer gran filósofo-científico que desarrolló una visión de la biología acorde con los resultados y progresos científicos de esta disciplina. Su concepción filosófica de la biología, junto con sus aportaciones más estrictamente científicas, ha sido y sigue siendo enormemente influyente, tal y como se puede observar no sólo echando un vistazo a la literatura académica en biología y en filosofía, sino escuchando atentamente a cualquier biólogo en ejercicio. Así, si se presta un mínimo de atención, y si el biólogo al que se escucha está mínimamente instruido, podrá oírse de éste conceptos como causas proximales y causas distales, teleonomía, organicismo, biopoblación, programa genético, narrativa histórica, o, en un ámbito más estrictamente científico, nociones como suceso fundador o concepto biológico de especie. También podrá advertirse cómo los biólogos ya no suelen sentirse inferiores ante los físicos por el hecho de que la biología carezca de matemáticas en grandes áreas de la misma, o incluso podrá verse cómo se critica el intento de aplicación a las ciencias de la vida de nociones fiscalistas tales como el esencialismo, el reduccionismo, el mecanicismo o el determinismo estricto.

Quizás también uno pueda ver la sombra de Mayr en el modo en el que están estructurados los departamentos de las facultades de biología, en los que está latente la distinción entre biología funcional (con la fisiología, la bioquímica y otras disciplinas más cercanas a las ciencias biomédicas) y biología histórica o "historia natural" (con la zoología, botánica o ecología). En efecto, Mayr distinguió entre la biología del 'cómo' y la biología del 'porqué', o entre la biología funcional y la biología histórica, atendiendo a sus particularidades metodológicas y al tipo de preguntas científicas que se plantean. De hecho, no solo hizo eso, sino que trazó el desarrollo histórico de cada modo de hacer biología desde Hipócrates (padre fundador de la biología funcional, más apegada a la tradición médica) y Aristóteles (padre fundador de la biología histórica o historia natural) (Mayr, 1982).

EL ANÁLISIS MAYRIANO DE LA OBRA DE DARWIN

Además de todas las nociones anteriormente mencionadas, que hoy impregnan gran parte de la biología moderna (aunque sea de manera tácita), a mi juicio uno de los elementos más originales y provechosos de la filosofía de Mayr es el análisis conceptual de la obra de Darwin. En efecto, Mayr diseccionó la contribución a la biología y a la filosofía del padre fundador de la moderna biología evolutiva, Charles Darwin, distinguiendo en ella cada uno de los elementos novedosos. De su análisis, Mayr concluyó que la teoría evolutiva de Darwin, presentada en su opus magna de 1859, *El Origen de las Especies*, más que una única teoría, son en realidad cinco diferentes y relativamente independientes. Así, Mayr distingue entre la teoría de la evolución propiamente dicha (es decir, el hecho de que las especies

cambian con el tiempo), que se consolidó gracias a su propia obra (la de Darwin); la teoría de la ascendencia común, según la cual todas las especies derivan en última instancia de un único ancestro común; la teoría de la multiplicación de las especies, que sostiene que existe especiación en la naturaleza, y que, en términos modernos, no toda evolución es anagenética, sino que también se producen a menudo procesos cladogenéticos; la teoría del gradualismo, que postula que los cambios evolutivos son graduales y paulatinos, por contraposición a los cambios abruptos y repentinos; y, por último, la teoría de la selección natural, según la cual existe una reproducción diferencial no aleatoria entre los miembros de una población.

CONTRIBUCIONES DE DARWIN AL PENSAMIENTO MODERNO SEGÚN MAYR

Dentro del análisis que Mayr hace sobre la obra de Darwin, es especialmente interesante el estudio que realiza sobre las contribuciones de Darwin al pensamiento filosófico en general. De hecho, podría decirse sin ningún tipo de dudas que, en la medida en que creó una cosmovisión que dio un giro radical a la concepción del ser humano y su puesto en el cosmos, Darwin puede considerarse también un filósofo. Mayr sostiene que, en ese sentido, Darwin es uno de los pensadores más influyentes de la historia del pensamiento occidental. Entre las principales contribuciones que Mayr destaca de Darwin están el reconocimiento del papel del azar, el dinamicismo, la crítica del finalismo y el desarrollo del pensamiento poblacional. Veamos brevemente cada una de ellas.

El reconocimiento del papel del azar

En cuanto al reconocimiento del papel del azar, al postular su teoría de la selección natural, Darwin concedió a los procesos estocásticos un papel clave en la explicación de los fenómenos naturales. Así, según Darwin, el origen de las variaciones en los individuos de una población (hoy diríamos, las mutaciones, la recombinación génica, etc.) sería contingente y azaroso; es decir, sería independiente de su posterior papel en el medio. Esto distinguía la teoría evolutiva de Darwin de otras teorías transformacionistas, en las que el medio sería el responsable de inducir las variaciones en los individuos de las poblaciones (por ejemplo, el lamarkismo). Durante el siglo XIX, el que una teoría científica dependiese del azar como factor explicativo era considerado en algunos círculos científicos un elemento indicativo de poca calidad epistémica. Por ejemplo, el geólogo Adam Sedgwick (Milner, 1995), contemporáneo de Darwin, reprochó a este último el carácter parcialmente aleatorio de la selección natural, ya que consideraba que una teoría científica debía ser estrictamente determinista en su caracterización (Mayr, 1982). El triunfo de Darwin contribuyó, junto a otros, a cambiar ese paradigma, fuertemente determinista, y estableció el azar como un elemento epistémicamente respetable. No obstante, cabe destacar que, en cualquier caso, la aceptación definitiva de la selección natural no llegó hasta el desarrollo de la Síntesis Evolutiva Moderna casi un siglo después de la publicación de *El origen*. La ciencia de hoy en día y el pensamiento contemporáneo en general dan la razón a Darwin al reconocer la existencia efectiva del azar, así como su influencia en la mayoría de los procesos naturales. En ese sentido, el reconocimiento de la existencia de procesos aleatorios se trata de una innovación conceptual de gran importancia.

El dinamicismo

De acuerdo con Mayr, el dinamicismo es otra de las contribuciones de Darwin al pensamiento moderno. Aunque el evolucionismo y la concepción dinamicista del mundo llevaba presente en la cultura occidental al menos desde Heráclito, y en la época de Darwin comenzaba a ser influyente, no fue sino la obra de Darwin la que la consagró como la principal filosofía de la naturaleza, frente a concepciones estaticistas o estatistas. En efecto, el sentido común puede llevarnos a pensar que las cosas apenas cambian, y que el

cambio es algo esporádico y menor en la trama del mundo. Esta visión llegó a su culmen de desarrollo en la teología natural vinculada a la doctrina cristiana, que concebía que las especies eran fijas y no habían cambiado desde el momento de su creación por dios. De nuevo, Darwin da la vuelta a este planteamiento y reintroduce la concepción dinamicista que sostiene que lo que prima en la naturaleza es el cambio. Ahora bien, para Darwin, este cambio sería gradual y paulatino, por contraposición a los cambios abruptos y repentinos de las doctrinas catastrofistas tan de moda en la geología de finales del siglo XVII y principios del siglo XIX.

La crítica del finalismo cosmogónico en biología

La eliminación del finalismo cosmogónico (la tesis de que el mundo, y en particular los seres vivos, son producto de un diseño, es decir, que tienen un fin u objetivo último) es otra de las contribuciones de Darwin al pensamiento moderno a los ojos de Mayr. Hoy sabemos, gracias a la investigación en psicología del desarrollo, que el pensamiento finalista constituye una forma automática de entender el mundo para los seres humanos, y que surge muy pronto en la ontogenia (Kelemen, 2012; Kelemen et al., 2012). En cualquier caso, dentro de la tradición filosófica occidental el finalismo estuvo presente en la forma de entender a los organismos al menos desde Aristóteles. Así, el Estagirita postulaba, en su teoría de las cuatro causas, una causa final o teleológica, que entendía como el propósito o finalidad por la que un objeto existía o tenía las propiedades que tenía. No obstante su carácter finalista, el teleologismo de Aristóteles era laico, es decir, no apelaba directamente a ninguna deidad para dar cuenta del carácter finalista de los objetos, y en particular de los objetos vivientes. Sin embargo, la causa final aristotélica fue teologizada por varios filósofos cristianos, entre los que destaca Tomás de Aquino. Para los partidarios religiosos del finalismo, el carácter aparentemente funcional de los organismos no era más que una prueba de que estos habían sido creados por un ser superior.

El culmen de esta concepción en su versión teológica la ejemplifica William Paley en su *Natural Theology* de 1802. Según Paley, si, paseando, un ser humano se encuentra un reloj tirado en el suelo, sabe, por su estructura y la delicadeza de sus mecanismos, que este no ha sido formado por los mismos procesos que dan lugar a la formación de una roca o un mineral cualquiera; en cambio, su forma y función revela que el reloj ha sido creado. Con esta analogía, Paley pretendía reivindicar que los seres vivos, debido a su estructura funcional, no podían haberse formado por las leyes “ciegas” de la naturaleza, sino que en cambio debían haber sido creados por una deidad omnisciente y omnipotente (Dawkins, 2004).

Según Mayr y otros (por ejemplo, Dennett, 2000), la teoría de la evolución por selección natural dio al traste con esa pretensión de que las estructuras de los seres vivos habían sido creadas ex profeso. Así, en una elegante combinación de lo que Monod (1971) llamó, siguiendo a Demócrito, el azar y la necesidad, Darwin ofreció por primera vez una explicación naturalista del aparente diseño de los organismos. O, dicho de otro modo, fue capaz de explicar el diseño de los organismos sin apelar a un designio (Pacho, 2005). Así pues, con Darwin el finalismo cosmogónico o teleologismo cósmico desaparece de la biología, lo que supuso sin duda una auténtica revolución conceptual, ya que contribuyó a la eliminación de la biología de los residuos religiosos que todavía quedaban en ella (y que sin duda eran muy influyentes). Ahora bien, tal y como apunta correctamente Mayr, eso no significa que la noción de teleología, convenientemente científizada y naturalizada, sea inútil en la explicación de los seres vivos (Mayr, 1988).

La crítica del tipologismo y la apuesta por el pensamiento poblacionista

Una última innovación conceptual y filosófica que Mayr atribuye a Darwin es su crítica del tipologismo o esencialismo y su apuesta por el pensamiento poblacional. Según Mayr, con su énfasis en las diferencias entre los individuos de una población, más que en los rasgos que estos tienen en común, la obra de Darwin habría producido un giro copernicano en la forma de entender a los organismos vivos. Hasta el

momento, y debido a múltiples influencias, entre las que destaca el fijismo propio de la teología cristiana, los animales y las plantas reales se consideraban, casi en un sentido platónico, ligeras desviaciones de un tipo modélico o arquetipo que presentaría todos y cada uno de los rasgos o propiedades necesarios para que un individuo concreto se considerase como perteneciente a una especie concreta (Marcos, 2016). Con su teoría de la evolución propiamente dicha, así como con la de la multiplicación de especies y la de la selección natural, Darwin asumió tácitamente una concepción mucho menos esencialista de las especies y las poblaciones. Así, para él estas no se distinguirían por presentar una serie de rasgos necesarios y suficientes, que además fuesen inamovibles e inmutables en el tiempo; en cambio, Darwin asumía (tácitamente), que las poblaciones se describían mejor definiéndolas en torno a una media y una desviación típica. Lo que bajo el esencialismo o tipologismo era visto como desviaciones de un arquetipo modélico, bajo el pensamiento poblacional darwiniano era concebido como el motor último de la evolución, aquella variabilidad que permitiría a la selección filtrar las variantes más aptas para desenvolverse en el medio.

El tipologismo estaba bien asentado, además de en el zeitgeist de la cultura humanística y religiosa occidental del siglo XIX, en las ciencias físicas. En ella constituye, básicamente, una forma correcta de pensamiento. Consideremos un ejemplo típico (Mosterín, 2006). Un átomo se considera de un tipo u otro en función del número de protones de su núcleo, es decir, su número atómico (Z). Si, por ejemplo, en un proceso de desintegración radiactiva del núcleo atómico, se desintegra un neutrón, liberando energía y dando lugar a un protón más en el núcleo, el átomo que resulta de dicha radiación deja de ser del mismo tipo que lo era al comienzo del proceso. Es decir, tenemos que un único criterio (un filósofo diría relación de equivalencia; Díez y Moulines, 2008), cumplido de forma sistemática en todos los casos, es suficiente para distinguir entre clases o tipos de átomos. En cambio, la variabilidad morfológica, fisiológica, bioquímica, genética y etológica dentro de una población de individuos de una misma especie es tal que es muy difícil establecer unos criterios exclusivos y excluyentes para delimitar la pertenencia o no a dicha especie (o al menos lo es más que en física o en química). Por si fuera poco, en cada uno de los criterios que se establecen para determinar la pertenencia a una especie biológica concreta hay una significativa variación cuantitativa, encontrándonos individuos más grandes y más pequeños, más rápidos y más lentos, más y menos inteligentes, más pesados y más ligeros, más coloridos y menos coloridos, con más y menos cromosomas, con distinto tipo de mutaciones genéticas, etc. Por ello, como dijimos, el modo en el que el pensamiento poblacional entiende las especies es mediante una media y una desviación típica para cada uno de los rasgos más o menos generales de las mismas (en el caso de que estén siempre presentes). El pensamiento poblacionista es, según Mayr, una de las contribuciones conceptuales más importantes de Darwin al desarrollo de un pensamiento adaptado a las particularidades de la biología. Constituye una verdadera guía heurística (en el sentido de los programas de investigación de Lakatos) del proyecto darwinista.

Aunque Mayr defienda que todas estas innovaciones conceptuales fuesen obra de Darwin, lo cierto es que puede decirse que son tan suyas como del propio Darwin, ya que fue Mayr quien las explicitó e hizo que se considerasen plenamente en el panorama biológico. Es como si estas innovaciones estuviesen “enterradas” en la obra de Darwin, y fuese Mayr el que las desenterrase, desarrollase y puliese, llegando a percibir las como lo que verdaderamente son: auténticas revoluciones conceptuales en el pensamiento científico y filosófico en general.

VALORACIÓN GLOBAL DE LA OBRA DE MAYR Y ALGUNAS CRÍTICAS A SUS IDEAS

La valoración general de la obra de Mayr arroja un saldo ingentemente positivo. Puede ser calificado, sin duda, como uno de los más grandes biólogos del siglo XX, junto con Cajal, Morgan, los demás autores de la Síntesis (Fisher, Wright, Haldane, Dobzhansky, Huxley, Simpson), Watson, Crick, Lorenz, etc.; así

como uno de los más grandes biólogos de la historia, junto con Aristóteles, Galeno, Malpighi, Leeuwenhoek, Hooke, Linneo, Buffon, Bernard, Müller, Schleiden, Schwann, von Baer, Mendel, Wallace, Darwin y otros. Dentro del panorama filosófico, en el que nos centramos aquí, Mayr es sin duda uno de los filósofos de la ciencia más importantes del siglo XX, en particular para aquellos filósofos interesados en las particularidades científicas de la biología. Sin embargo, a pesar de la envergadura de su obra, y el enorme valor de sus contribuciones, también hay elementos de su pensamiento que merecen ser criticados. Veamos algunos de ellos.

1. ¿Realmente no es predictiva la biología evolutiva?

Una tesis mayriana que puede ser criticada es aquella que sostiene que en grandes áreas de la biología no es posible hacer predicciones, o bien, que en éstas la predicción juega un papel mínimo (Mayr, 1961; reimpresso en Mayr, 1988 y 1997). Según Mayr, los filósofos de la ciencia fisicistas atribuyeron a la predicción un papel clave en la definición de la ciencia. Es decir, para ser una ciencia, una disciplina debía ser predictiva, esto es, ser capaz de predecir los fenómenos que caen bajo su dominio de estudio. En cambio, Mayr postula que la predicción no es un rasgo crucial de la ciencia, al menos si se tiene en cuenta a la biología como ciencia. Así, por ejemplo, la biología evolucionista no podría hacer predicciones, y sin embargo su carácter científico no se cuestiona (excluyendo los fanáticos religiosos). Del mismo modo, gran parte de la geología histórica tampoco podría hacer predicciones y sería igualmente considerada una ciencia de alto nivel.

Sin embargo, esta tesis de Mayr que sostiene que la biología evolucionista no puede predecir, y que por tanto la predicción no es un rasgo estrictamente necesario para definir una disciplina científica es, como mínimo, cuestionable. Aunque la predicción en la mayoría de ciencias tiene que ver con averiguar, antes de que algo suceda, qué es lo que va a pasar en un momento concreto del futuro, así como de qué modo va a ocurrir ese algo, la predicción en un sentido epistémico no siempre tiene esa acepción. En cambio, en muchas ocasiones la predicción tiene que ver, más que con predecir eventos del futuro, es decir, eventos que no han sucedido todavía; tiene que ver, decíamos, con predecir el descubrimiento u obtención de un nuevo tipo de conocimiento que es especificado por la teoría o hipótesis de la que se deriva la predicción. Es decir, la predicción tendría que ver más con predecir la generación de nuevo conocimiento en un sentido determinado que con predecir eventos que no han sucedido todavía. Esto implica que el conocimiento que es predicho por una teoría científica puede ser (aunque no tiene por qué serlo necesariamente) conocimiento relativo a hechos del pasado. Así, una teoría que se refiere al pasado podría generar una predicción del tipo: "si esta teoría es correcta, entonces deberíamos hallar, en el lugar L, un objeto X de hace n años y con las características C1, C2, ..., Cn, dado que la existencia pretérita de un objeto X con características C1, C2, ..., Cn hace n años se deriva de las premisas de la teoría".

Pongamos un ejemplo de este tipo de predicciones en el sentido anteriormente especificado. Para este caso nos sirve el que ilustra el biólogo evolutivo y palentólogo Neil Shubin en su libro divulgativo "*Tu pez interior*" (2008). Shubin fue uno de los descubridores, en el año 2004, del fósil transicional Tiktaalik (Daeschler et al., 2006). Tiktaalik es un pez sarcopterigio tetrapodomorfo que vivió en el Devónico tardío y del que todo apunta que es antepasado directo de los tetrápodos. En un claro ejemplo de predicción en biología evolutiva, Shubin relata en su libro cómo su equipo, que pretendía encontrar precisamente ese tipo de fósil transicional, decidió dónde ir a buscarlo. Comenta que los hallazgos previos de Eusthenopteron, un pez sarcopterigio fósil de anatomía cercana a la de los actuales tetrápodos, así como de Ichthyostega y Acanthostega, dos de los tetrápodos anfibios más antiguos que se conocen, delimitaron temporalmente el tipo de estratos en los que debían excavar.

Eusthenopteron fue encontrado por J. F. Whiteave en 1881 en rocas de aproximadamente 385 m.a. de antigüedad, es decir, del Devónico tardío; por otro lado, Ichthyostega y Acanthostega fueron encontrados por el palentólogo sueco G. Säve-Söderbergh en la década de los años 30 en rocas de hace unos 360-

370 m.a., también en el Devónico tardío. Así pues, si Eusthenopteron constituye un pez cercano a los tetrápodos que se sitúa poco antes (en términos de tiempo geológico) de la aparición de los primeros tetrápodos anfibios (Ichthyostega y Acanthostega), entonces se espera que, si la hipótesis acerca del origen de los tetrápodos a partir de los peces sarcopterigios es cierta, entonces debería encontrarse un fósil de transición que presentara caracteres anatómo-morfológicos de ambos grupos de organismos en la franja de estratos comprendida entre la de los hallazgos de los peces sarcopterigios con estructura anatómica similar a la de los tetrápodos y la de los primeros tetrápodos anfibios. O dicho de otro modo, debiera encontrarse un fósil de transición en rocas de una edad comprendida entre los 385 m.a. (edad del fósil de Eusthenopteron) y los 370-360 m.a. de antigüedad (edad de los fósiles de Ichthyostega y Acanthostega). Tenemos pues que la búsqueda de nuevo conocimiento relativo a un hecho del pasado no es un proceso a ciegas, sino que es un proceso guiado por hipótesis que predicen la obtención de un determinado tipo de datos muy concreto, en este caso el hallazgo de un fósil con unas propiedades determinadas en unos estratos geológicos particulares.

Shubin comenta además cómo el conocimiento acumulado en tafonomía le permitió predecir (como le permite al resto de paleontólogos) en qué tipo de rocas encontrar el fósil. Así, comenta que las rocas sedimentarias son en la mayor parte de los casos las óptimas para conservar fósiles, ya que las ígneas y las metamórficas no son dadas a presentar organismos fosilizados debido a sus extremas condiciones de formación. Por último, Shubin y su equipo fueron también capaces de predecir en qué yacimiento concreto podrían encontrar el fósil. Así, Shubin narra en el libro la constatación de que solo hay tres lugares en el mundo en los que existen rocas del Devónico tardío expuestas a la superficie. Dado que dos de estos lugares ya habían sido investigados, por una suerte de silogismo disyuntivo concluyen que deben buscar en el sitio que no había sido trabajado. Así pues, en conjunto tenemos que Shubin y su equipo fueron capaces de predecir en qué tipo de rocas, de qué edad y en qué yacimiento particular encontrar el animal que andaban buscando. Y lo encontraron; es decir, la predicción que se derivaba de su hipótesis, una hipótesis relativa a un evento pasado, se cumplió.

Este es un ejemplo claro de cómo se pueden hacer predicciones en ciencias biológicas como la biología evolutiva o la paleontología. Pero lo mismo vale para cualquier ciencia histórica en general, desde arqueología hasta historia. Así pues, la concepción de Mayr de que gran parte de la biología no es predictiva, pero sí es científica, no es del todo cierta, al menos si entendemos la predicción en el sentido anteriormente especificado. Hemos visto que disciplinas científicas como la biología evolutiva sí pueden hacer predicciones acerca de hechos pasados. (No obstante, en defensa de Mayr habría que decir que, en su tesis de las narrativas históricas como hipótesis explicativas en teoría evolutiva, se formulan ideas muy semejantes a las aquí defendidas. Es decir, probablemente la discrepancia no fuese más allá de lo terminológico. En cualquier caso, Mayr se equivoca cuando sostiene que la biología evolutiva no puede hacer predicciones. El caso de Tiktaalik y muchos otros lo muestran.)

2. ¿Realmente carece de leyes la biología?

Otra idea mayriana por excelencia postula que la biología, a diferencia de la física y la química, no tiene leyes. Esta tesis, que no es exclusiva de Mayr (Smart, 1963), es, al igual que la anterior, cuestionable, y su verdad dependerá, más que de el hecho de que, en efecto, no existan leyes biológicas, de lo que entendamos cuando nos refiramos al concepto de ley. En sus análisis, Mayr entiende por ley el concepto de regularidad nómicamente necesaria vinculado a un tipo particular de modelo hempeliano de explicación por cobertura legal: el modelo nomológico-deductivo. Según esta concepción, una ley es una pauta objetiva de la naturaleza que vincula necesariamente dos eventos dados y que por tanto se cumple en todas las ocasiones y bajo cualquier circunstancia. Mayr apunta correctamente que las pautas o patrones recurrentes en biología no siempre se dan en todos los casos, es decir, que existen excepciones a su cumplimiento. Como causa de las excepciones aduce el carácter único de muchos sucesos biológicos, así como el papel que juega el azar en ellos.

Sin embargo, no hace falta salirse del modelo de cobertura legal (en el que se inserta el modelo nomológico-deductivo) para encajar esas objeciones en una concepción de ley más rebajada. Así pues, el propio Hempel (1984) y otros defensores del modelo de cobertura legal defienden la existencia de un segundo tipo de leyes que, por su estructura, toleran excepciones: las leyes probabilistas. Las leyes probabilistas son aquellas sostienen que las pautas descritas por ellas solo se cumplen en un porcentaje determinado de los casos, o lo que (sin entrar en detalles) es lo mismo, que se cumplen con una probabilidad de r , donde $1 > r > 0$ (en puridad, lo deseable es que la probabilidad de ocurrencia sea cercana a 1 para que la ley sea significativa). La causa de que no se cumpla la pauta especificada por una ley probabilista puede deberse a varios motivos, entre los que se encuentra también el carácter único (al menos en ciertos aspectos) de los sucesos que describe. En cualquier caso, y pese a Mayr, se puede seguir hablando de leyes en biología, aunque quizás no de leyes universales e irrestrictas. Es más, lo que el análisis metacientífico está postulando desde la segunda mitad del siglo XX es que estas últimas, las leyes universales, entendidas como regularidades nómicamente necesarias, no existen ni siquiera en la física, y que lo que entendemos por ley es más bien una abstracción idealizada de una pauta natural que carece de universalidad propiamente dicha (Cartwright, 1983). En ese sentido se encuentra la caracterización de la totalidad de las leyes naturales como leyes no estrictas (Díez y Moulines, 2008; Diéguez, 2012).

3. ¿Sigue siendo útil la dicotomía causas proximales-causas distales?

Dentro de las tesis más estrictamente filosóficas de Mayr también se puede criticar su caracterización de las causas de los procesos biológicos en causas proximales y causas distales. Así, según ciertos autores (Laland *et al.*, 2011) dicha distinción mayriana ha dejado de ser útil como consecuencia del auge y avance de la biología evolutiva del desarrollo, así como de otros paradigmas evolutivos que superan o completan el establecido por la Síntesis Evolutiva Moderna. Según estos autores, la evo-devo (como se conoce en inglés a la biología evolutiva del desarrollo), al comprender la evolución como cambios en la ontogenia de los organismos a lo largo de las generaciones, disuelve la distinción entre causas proximales y causas distales.

En la medida en que se cuestiona la división proximal-distal, cabe preguntarse qué queda entonces de la pretensión mayriana de clasificar a las disciplinas biológicas en torno a esta dicotomía. Así, Mayr postuló en su momento dividir la biología en biología del cómo y biología del porqué (Mayr, 2016). La biología del cómo incluiría aquellas disciplinas encargadas de averiguar las causas proximales de los fenómenos biológicos, e incluiría a la fisiología, la bioquímica y las ramas de la biología más orientadas hacia la medicina. Por otro lado, la biología del porqué se encargaría de las causas distales, y en ella estarían incluidas la biología evolutiva, la paleontología, la ecología, y, en definitiva, todas las ramas más cercanas a la historia natural.

Más allá de las críticas a su distinción entre causas proximales y causas distales, es obvio que la clasificación de las subdisciplinas biológicas en biología del cómo y biología del porqué no se sostiene, ya que tanto la biología del cómo se encarga también de causas distales, como la biología del porqué se encarga de causas proximales. Así pues, esta clasificación deja mucho que desear. No obstante, y de nuevo, por ser justos con Mayr, él mismo reconoce estas limitaciones en su distinción y no pretende por ello implantarla en la práctica (Mayr, 2016).

4. Otras objeciones a ideas de Mayr

Además de las críticas anteriores, también pueden hacerse objeciones a otras ideas de Mayr. Por ejemplo, tal y como lo desarrolla en algunos de sus libros, su tratamiento del debate acerca del realismo científico en filosofía deja mucho que desear. Así pues, Mayr se compromete sin mayor análisis con una suerte de realismo de sentido común que, aunque pueda ser práctico para el científico, es ingenuo desde un punto de vista filosófico (Diéguez, 1998; Bunge, 2009). Al hacer eso, Mayr está obviando un rico y

complejo debate filosófico en el que tanto las posturas antirrealistas como las posturas realistas deben ser cuidadosamente debatidas para alcanzar una valoración objetiva de su viabilidad en ciencia. Si lo que se pretende es elaborar una filosofía de la biología rigurosa, no se puede despachar este problema tan rápidamente.

Por otro lado, y en un plano más estrictamente científico, han sido criticadas las nociones mayrianas de especie biológica (Fontdevila & Serra, 2013) o de suceso fundador (Moreno, 2008), si bien esta última crítica es, a mi parecer, más débil e injustificada. Otro aspecto llamativo de Mayr que puede ser criticado es su enroque en la escuela evolutiva de taxonomía y su rechazo de la escuela sistemática cladista de Hennig, que es la que proporciona un verdadero marco de clasificación acorde con la historia evolutiva de los organismos. (También es criticable su tesis de que la biología es una ciencia poco matematizada, y que lo seguirá siendo en el futuro. Eso quizás pueda ser cierto para ciertas partes descriptivas de la biología, pero la pretensión es ir hacia una cada vez mayor matematización de los procesos biológicos, cosa que se está logrando paulatinamente con el auge de la bioinformática y el empleo de técnicas de computación.)

Por último, cabe destacar, si bien no tiene por qué ser exactamente una crítica o algo negativo, la particular forma de Mayr de abordar los problemas filosóficos. Aunque es exquisitamente claro en la formulación de sus ideas, lo que constituye sin duda un valor, es, en comparación con la mayoría de filósofos de la ciencia profesionales, un tanto impreciso (por ejemplo, hace un uso poco sistemático de nociones como 'concepto', 'teoría', 'datos', 'hechos', etc.). Así pues, llama la atención la particular mezcla de claridad e imprecisión a la hora de abordar problemas conceptuales de alta complejidad. No obstante, y recalco, esto no tiene por qué ser precisamente algo negativo si nos mantenemos dentro del ámbito de la ciencia, ya que muestra a la perfección el estilo científico de abordar ciertos problemas conceptuales más o menos filosóficos, que, como muestra la historia de éxitos científicos desde la Revolución Científica de los siglos XVI y XVII, tiene gran potencial heurístico.

CONCLUSIÓN

En este artículo hemos realizado un pequeño repaso por algunas de las principales ideas filosóficas de Mayr. Hemos reseñado que, además de sus contribuciones científicas, Mayr puede y debe ser recordado por haber sido pionero en la construcción de una filosofía de la biología que tuviese en cuenta las particularidades de esta disciplina científica. No fue hasta Mayr que la biología pasó a tener un papel importante en el análisis filosófico de la ciencia. A partir de ahí, la filosofía de la biología fue adquiriendo relevancia hasta llegar al punto en el que se encuentra hoy en día, en el que es un campo de investigación de gran importancia en el que biólogos y filósofos colaboran para resolver algunos de los grandes problemas conceptuales de la biología.

Además, en este artículo hemos criticado breve y amigablemente (es decir, desde la cercanía filosófica) algunas de las ideas de Mayr, ya que en cierto modo el progreso filosófico, al igual que el científico, consiste en la crítica y rectificación de las ideas de los grandes pensadores. En cualquier caso, y a pesar de las críticas (siempre menores) que se puedan hacer a su filosofía, Mayr puede ser considerado justamente, por su envergadura teórica y la importancia de sus contribuciones, el Darwin del siglo XX.

BIBLIOGRAFÍA

- Bunge, M. (2009) A la caza de la realidad. Barcelona: Gedisa.
- Cartwright, N. (1983) How the laws of physics lie. Oxford: Oxford University Press.
- Daeschler, E. B., Shubin, N. H. & Jenkins Jr, F. A. (2006) A Devonian tetrapod-like fish and the evolution of the tetrapod body plan. *Nature*, vol. 440, pp. 757-763.
- Dawkins, R. (2004) El relojero ciego. Barcelona: RBA coleccionables.
- Dennett, D. (2000) La peligrosa idea de Darwin. Barcelona: Galaxia Gutemberg.
- Diéguez, A. (1998) El realismo científico. Málaga: Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico de la Universidad de Málaga.
- Diéguez, A. (2012) La vida bajo escrutinio. Una introducción a la filosofía de la biología. Barcelona: Biblioteca Buridán.
- Díez, J. A. & Moulines, C. U. (2008) Fundamentos de filosofía de la ciencia. Barcelona: Ariel.
- Fontdevila, A. & Serra, L. (2013) La evolución biológica. Una reconstrucción darwinista. Madrid: Editorial Síntesis.
- Hempel, C. G. (1984) Filosofía de la ciencia natural. Madrid: Alianza.
- Kelemen, D. (2012) Teleological minds: How natural intuitions about agency and purpose influence learning about evolution. En Rosengren, K. S., Bren, S. K., Evans, E. M. & Sinatra, G. M. (eds.) (2012) Evolution challenges: integrating research and practice in teaching and learning about evolution. Oxford: Oxford University Press.
- Kelemen, D., Seston, R. & Georges, L. (2012) The designing mind: Children's reasoning about intended function and artifact structure. *Journal of Cognition and Development*, 4, 439-453.
- Laland, K. N., Sterelny, K., Odling-Smee, J., Hoppitt, W. & Uller, T. (2011) Cause and effect in biology revisited: is Mayr's proximate-ultimate dichotomy still useful? *Science*, vol. 334, issue 6062, pp. 1512-1516.
- Marcos, A. (2016) "Especie". En *Diccionario Interdisciplinar Austral*, editado por Vanney, C. E., Silva, I. & Franck, J. F. URL=<http://dia.austral.edu.ar/Especie>
- Mayr, E. (1982) The growth of biological thought. Diversity, evolution and inheritance. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Mayr, E. (1961) Cause and effect in biology. *Science*, vol. 134, issue 3489, pp. 1501-1506.
- Mayr, E. (1988) Toward a new philosophy of biology. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Mayr, E. (1997) Evolution and the diversity of life. Cambridge, MA: Belknap Harvard University Press.
- Mayr, E. (2006) Por qué es única la biología?. Buenos Aires: Katz Editores.
- Mayr, E. (2016) Así es la biología. Barcelona: Debate.
- Milner, R. (1995) Diccionario de la evolución. Barcelona: Bibliograf.
- Monod, J. (1971) El azar y la necesidad. Barcelona: Barral Editores.
- Moreno, J. (2008) Los retos actuales del darwinismo. ¿Una teoría en crisis? Madrid: Editorial Síntesis.
- Mosterín, J. (2006) La naturaleza humana. Madrid: Alianza.
- Pacho, J. (2005) Positivismo y darwinismo. Madrid: Akal.
- Smart, J. C. (1963) Philosophy and scientific realism. Londres: Routledge & Kegan Paul.
- Shubin, N. (2008) Tu pez interior. Barcelona: Capitán Swing.

DELICIAS CULINARIAS "ARTROPODIANAS"

Alonso Monteagudo, A.; Álvarez Rodríguez, S.; Blanco González, S.; Cañedo Pérez, I.; Castro Álvarez, R.; Dios Fiaño, A.; López Quiroga, E., Novo Giménez, I.; Pereira Iglesias, A.; Méndez Martínez, L.; Rivas Ferreiro, M., Tajés Morenza, A.

Tutora y autora del texto: M. Jesús Iglesias Briones; e- mail: mbriones@uvigo.es

2º Grado en Biología, Zooloxía II

Tutora:

-M. Jesús Iglesias Briones

Departamento de Zoología,
ecología y biología animal

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

Una forma muy común de llegar al público es mediante campañas informativas, carteles y anuncios publicitarios que muestren las bondades de consumir o bien adquirir determinados productos. Con los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante el desarrollo de la materia *Zoología II: Invertebrados Artrópodos y Cordados*, los alumnos tuvieron que diseñar un anuncio publicitario que incitase al consumo de Artrópodos.

INTRODUCCIÓN

El 28 de octubre del 2015 la Unión Europea publica una nueva regulación alimentaria en la que redefine el concepto de "nuevos alimentos" o "novel food" en inglés (aquellos que se han consumido de forma significativa desde 1997) y da el visto bueno a la inclusión de los insectos como alimento apto para el consumo humano. En esta definición también se incluyen las partes de los insectos (cabeza, patas y alas) y se regula por el Reglamento CE 258/1997. Todo esto se produce tras un análisis de los posibles riesgos realizado por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) con el fin de actualizar las leyes existentes (de casi 20 años de antigüedad) y de facilitar su comercialización.

A pesar de que unos 2000 millones de personas en el mundo ya incluyen insectos en su dieta diaria, Europa y Estados Unidos muestran reticencias. Según un informe de la FAO (2013), esto se debe meramente al "repugnancia del consumidor", pero en un mundo en continuo crecimiento (se espera que la población mundial alcance los 9600 millones en el 2050) consumir más insectos podría ayudar a combatir el hambre en el planeta y a favorecer una mayor seguridad alimentaria. Además, según esta organización internacional, los insectos aportan proteínas de alta calidad, aminoácidos y vitaminas, por lo que consumirlos es más saludable, más sostenible e incluso puede ser económicamente rentable.

En España no existe todavía una regulación propia sobre la comercialización de insectos para consumo humano y son otros países europeos los que van a la vanguardia en la introducción de este tipo de gastronomía en sus sociedades, como son Bélgica, Gran Bretaña, Holanda y Francia. Curiosamente, en



Figura 1. Ilustración creada por 4Ento, una plataforma con el objetivo de educar a los consumidores sobre el mercado emergente de los insectos comestibles (Fuente: 4Ento; <http://4ento.com/about-4ento/>).

nuestro país fueron dos franceses los que en el municipio malagueño de Coín abrieron la única granja de cría de insectos comestibles para su transformación en polvo y derivados agroalimentarios, químicos y de acuacultivos destinados al consumo humano y animal (*Insagri Ecogadadora Europea SL*).

Con el fin de romper barreras culturales e instruir a los alumnos sobre el papel de los biólogos en la divulgación de conocimientos al público no especializado se les planteó una actividad individual consistente en diseñar, en un espacio acotado, una imagen compuesta que animase al público a consumir no sólo insectos si no cualquier artrópodo (excepto el subfilo Crustáceos, ya que en Galicia se consumen de forma habitual y abundante). Se valoró especialmente el esfuerzo creativo e informativo para que el mensaje a la audiencia fuese visual y 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. Los anuncios que se presentan a continuación corresponden a las de los alumnos que obtuvieron las mejores notas en esta prueba.

HISTORIA DEL CONSUMO DE ARTRÓPODOS

Aunque esto parezca una novedad, se han encontrado evidencias en cuevas de Estados Unidos y México que los precursores del Homo sapiens consumían hormigas, larvas de escarabajos, piojos, garrapatas y ácaros (Capinera 2004). Culturas milenarias como la China, de forma tradicional y en la actualidad, son las que más insectos consumen del mundo, tal como apunta Irene Gómez Giménez (Fig. 2).

¿INSECTOS?
¡DALE UNA VUELTA!

Abundantes proteínas
Poco colesterol
Fuente de alimento sostenible: producción menos contaminante y más rápida y barata

y además... ¡son deliciosos!

Animales como los saltamontes, grillos, cucarachas, hormigas... son comunes en la alimentación de culturas milenarias como la oriental y en países como México. Cada vez más gente se apunta a su consumo en países occidentales... ¿por qué perderselo?

Fotografía:
Modificado de: Jaquelinecuriel, *Imagui* [sitio web]. Disponible en:
<http://www.imagui.com/a/grillo-animado-Tjeaobog>
Modificado de: Dibujosyjugos [sitio web]. Disponible en:
<http://www.dibujosyjugos.com/dibujos/picture.php?18864/categorias>

AUTORA: IRENE NOVO GIMÉNEZ

Figura 2 . Las bondades del consumo de artrópodos se conocen desde antiguo (Composición gráfica de Irene Novo Giménez).

En Europa se sabe que los romanos comían *Lucanus cervus* (ciervo volante), el escarabajo más grande de Europa (Bequaert 1921), un aspecto que ha querido resaltar Alex Dios Fiaño en su dibujo (Fig. 3) para intentar abrir la mente y convencer a la gente de que consumir animales diferentes puede esconder grandes beneficios.



Figura 3 .El consumo de artrópodos en la antigüedad (Dibujo original de Alex Dios Fiaño).

VENTAJAS DE UNA DIETA BASADA EN ARTRÓPODOS

Según el informe de la FAO (2013) los insectos que más se consumen en el mundo son los escarabajos (31%), orugas (18%), abejas, avispas y hormigas (14%) y grillos y saltamontes (13%). Todos ellos tienen un alto valor nutricional aportando grandes cantidades de proteína y minerales (Tabla 1).

Según este mismo informe (FAO 2013), el elevado contenido nutricional junto con otros aspectos, como son el hecho de que estos organismos tienen una distribución geográfica amplia, que crecen y se

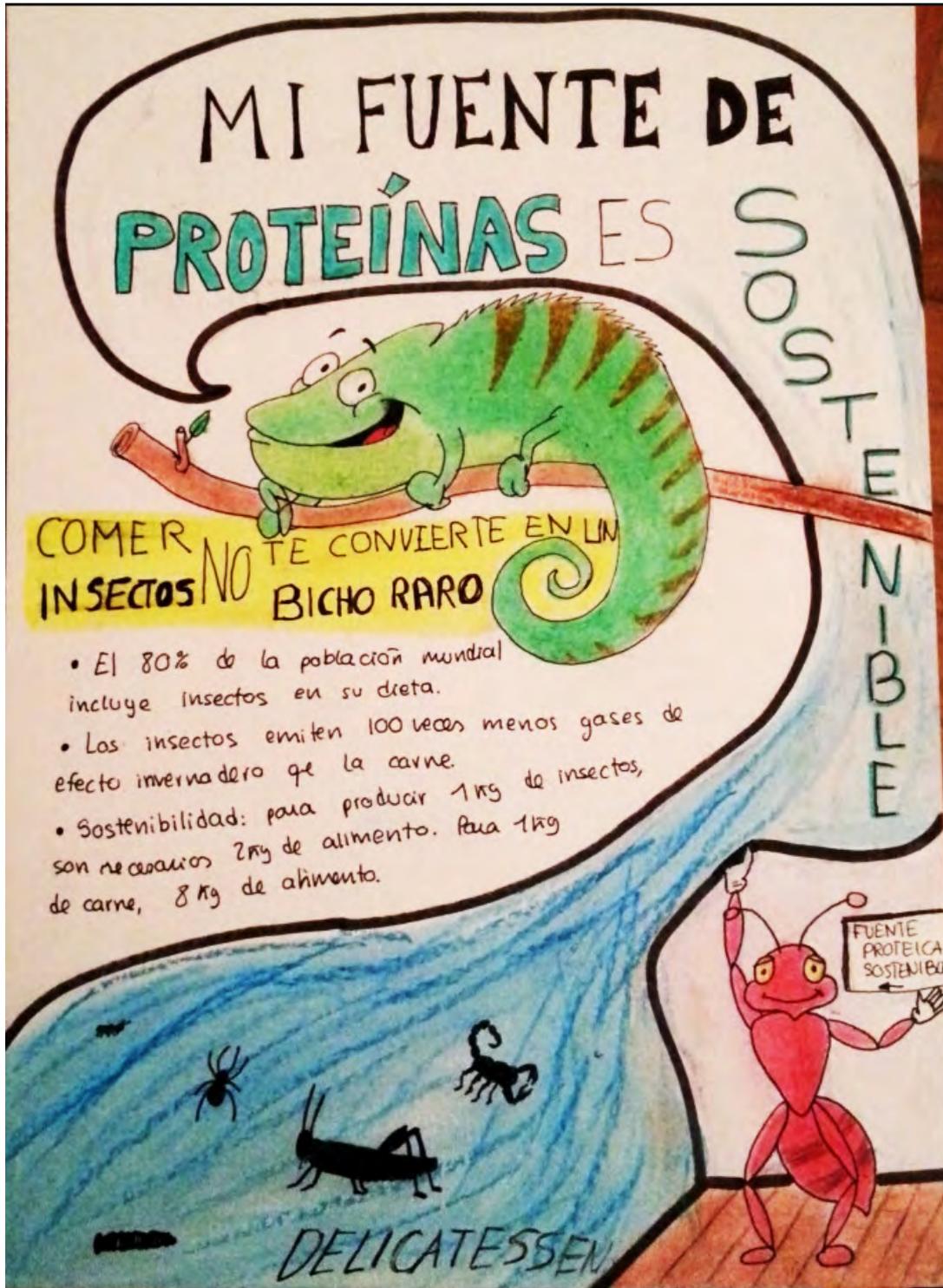


Figura 5 .El consumo de artrópodos como una alternativa nutricional y sostenible (Dibujo original de Eva López Quiroga).



Figura 6 .Cinco buenas razones para el consumo de artrópodos (Composición gráfica de Ana Pereira Iglesias).

Otra forma de hacer llegar el mensaje al público es mediante comics o historietas. Los nacidos en la década de los 60 seguro que recuerdan a Mafalda, la niña protagonista de la tira de prensa argentina creada por el humorista gráfico Quino. La faceta comunicadora de defensa y denuncia de este personaje ha servido de modelo a Luis Méndez Martínez para elaborar su tira cómica (Fig. 7).



Figura 7. El paradigma de la exquisitez o la repugnancia de los invertebrados basado en la obra de Lavado Tejón Joaquín Salvador (Quino) (Mafalda, 1ª edición, Barcelona, editorial Lumen, 1978; las figuras de los personajes y dibujos provienen de diferentes libros de esta colección) (Composición gráfica de Luis Méndez Martínez).

LA IMPORTANCIA DE LA EDUCACIÓN

Las tareas de aprendizaje de actitud frente a los alimentos deben comenzar ya desde la infancia y no sólo los padres, sino también la publicidad que se dirige a los niños debe inculcar unos hábitos alimenticios saludables y libres de prejuicios. De ahí que Rocío Castro Alvarez proponga este divertido cartel publicitario emulando al clásico "Cola Cao" (Fig. 8).



Figura 8. Anuncio publicitario para niños "Niño, come insectos y te harás grande" (Composición gráfica de Rocío Castro Alvarez).

Otra idea original para llegar al pequeño público es la elaboración de snacks y aperitivos como sugiere Andrea María Tajés Morenza (Fig. 9), ya que son ellos los que suelen comprar aperitivos en bolsa cuando van al parque, al cine, etc. y si los niños quieren comerlos, sus padres acabarían comprándoselos y seguramente probándolos. Según Andrea también podrían acabar sirviéndolos en cafeterías para acompañar un refresco y de esta forma promover su consumo hacia público más diverso.



Figura 9. Anuncio publicitario para niños de aperitivos a base de artrópodos (Composición gráfica de Andrea María Tajés Morenza).

SUGERENCIAS PARA RESTAURANTES

En estos tiempos en los que la “nouvelle cuisine” está en auge, en el que la originalidad va más allá de los ingredientes, sino también en los nombres que se les atribuyen a los platos, refleja que el “marketing” del producto es un aspecto fundamental para incrementar su aceptación como nos indica Adrián Alonso Monteagudo en su propuesta (Fig. 10)



Figura 10. La importancia del nombre del producto en los menús (Dibujo original de Adrián Alonso Monteagudo).

Sería deseable que el futuro, el consumir artrópodos sea tan habitual que pasemos a exigir que los platos contenga abundante proteína procedente de insectos, arañas, ciempiés y larvas, como se escenifica en la propuesta de Sofía Blanco González (Fig. 11).

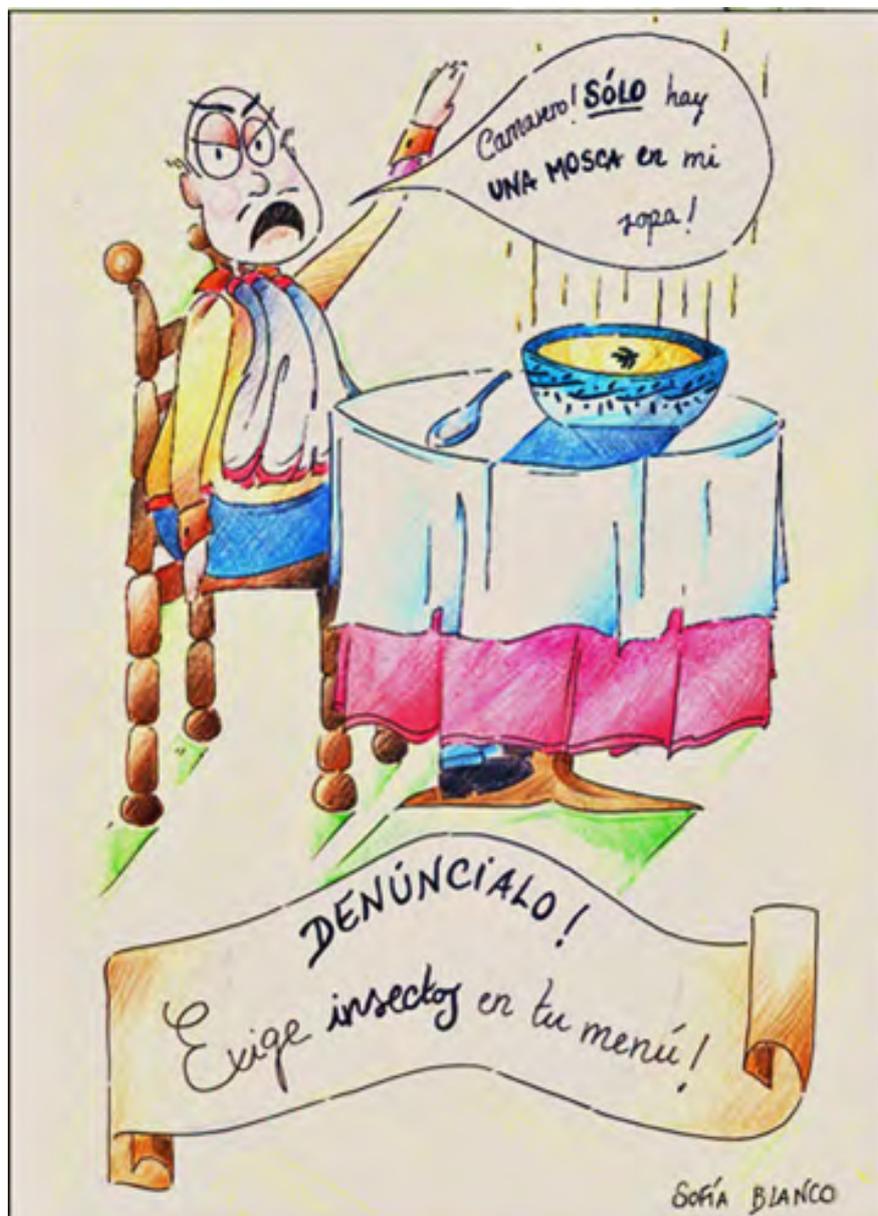


Figura 11 . Demanda insectos en tu menú (Dibujo original de Sofía Blanco González).

SUGERENCIAS PARA RESTAURANTES "FAST FOOD"

Todo el mundo conoce ya el Happy Meal, esa "comida feliz" que McDonald's ha hecho famosa entre los niños de todo el mundo y que ha sido criticada por muchos. El principal argumento es que incita al consumo de alimentos insanos por parte de un colectivo fácilmente impresionable, lo que los convierte, según algunos, en "cómplices inocentes" de esta industria. Las campañas publicitarias de estas compañías se basan en utilizar llamativos colores y seducir a los niños con promesas de regalos. Esta política publicitaria ha sido aprovechada por Sara Álvarez Rodríguez para sugerir a McDonald's la inclusión de un nuevo menú para niños que ha bautizado como "Happy Bug" en honor a sus ingredientes ("bichos") (Fig. 12).



Figura 12 . La importancia del nombre del producto en los menús (Composición gráfica de Sara Alvarez Rodríguez).

SUGERENCIAS PARA COMEDORES PÚBLICOS

Otra forma de introducir alimentos nuevos es mediante la organización de catas culinarias en la que se ofrezcan degustaciones gratuitas e incluso clases de “MasterChefs” impartidas por cocineros reconocidos, tal como recoge Mauro Rivas Ferreiro en su original diseño de un salvamanteles para las bandejas de los comedores sociales (Fig. 13). Tiene la ventaja de que es una publicidad directa que se expone al consumidor durante todo el tiempo que dura su comida (mucho mayor que el dispone un televidente frente a cualquier anuncio televisivo) y por tanto, con mayor probabilidad de que la información expuesta sea leída y asimilada.



Figura 13 .Salva-mantel para bandeja de comedor social con fondo de esterilla de madera en el que se encuadran textos informativos que explican algunas razones básicas para apoyar el consumo de insectos, junto con algunas imágenes de platos atractivos y sorprendentes y para finalizar una invitación a los lectores para participar en una muestra culinaria con degustaciones gratuitas y clases maestras para introducir a los asistentes en el mundo de la entomofagia (Composición gráfica de Mauro Rivas Ferreiro).

CONCLUSIONES

El consumo de insectos y otros artrópodos está fuertemente influenciado por tradiciones culturales y religiosas. Mientras que en Oriente el consumo de este tipo de alimento está bien asentado, en Occidente es visto con repugnancia. Aunque existen numerosas referencias históricas sobre el uso de este tipo de animales para el consumo humano, es en la más reciente actualidad cuando han vuelto a centrar el interés mundial. Sin embargo, existen todavía un gran número de barreras sociales y estéticas que impiden que reinen en nuestra gastronomía. Las sociedades occidentales requieren un mayor esfuerzo en mejorar las estrategias de comunicación de los medios y de los programas educativos para superar el factor "rechazo" (FAO 2013). Aunque como se indica en este trabajo, la instrucción debe comenzar en edades tempranas, en la enseñanza universitaria tampoco podemos obviar nuestra responsabilidad como educadores de las generaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA

Bequaert, J. (1921). Insects as food. *Natural History* 21: 191–201.

Capinera, J. L. (2004). *Encyclopedia of Entomology*. Kluwer Academic Publishers. ISBN 0-7923-8670-1.

FAO (2013). *Edible Insects - Future prospects for food and feed security*. FAO Forestry Paper 171. ISBN 978-92-5-107595-1

Ano 2016

Anuario de la Faculta de Biología 1

Traballos Académicos

- ▶ **Determinación de los niveles de melatonina presentes en frutas y zumos de frutas habituales de la dieta.** Verde Rodriguez, A. 45
- ▶ **Uso tradicional de las plantas en el ayuntamiento de tui (Pontevedra).** Alonso Rivero, A. 55
- ▶ **Respuesta del sistema circadiano hepático al estrés en la trucha Arco Iris.** Prito Vázquez, L; Naderi, F. 66
- ▶ **Polinización en Lepidopteros nocturnos.** Estévez Caride, P. 75
- ▶ **Cuantificación de la longitud y volumen de la red vascular a partir de secciones.** García Oliveira, P. 83
- ▶ **Polimorfismo del color de las conchas en poblaciones naturales de *Littorina fabalis* del mar blanco (Rusia).** González Conde, M. 92
- ▶ **Metaanálisis del sistema olfativo como diagnóstico precoz en Parkinson y Alzheimer.** De la mata Pazos, M. 102
- ▶ **Estudio de la flora leñosa del campus Universitario de Vigo.** Rojo Martínez, S. 111
- ▶ **Claves dicotómica de las especies leñosas del campus universitario de Vigo.** Rojo Martínez, S.; Castro, M. 122
- ▶ **Actualización del checklist de líquines y hongos liquenocolas de Galicia.** Crespo Pardo, E. 137
- ▶ **Galicia, un paraíso vexetal.** Álvarez Rodríguez, S.; Caride Pérez, A.; Carpeno Rodríguez, M.; Rivas Ferreiro, M.; Tajés Morenza, A. 146
- ▶ **Descubriendo a verdade sobre as plantas transxénicas.** Álvarez Rena, J.R.; Camiña Gómez, B., González Costas, A., Torres Gonzçalves, M.; Viéitez Lorenzo, A. 155
- ▶ **!Fruticulturizate!** Panabiano Barreiro, A.; Pastro Heranz, I.; Piñeiro Fernández, B.; Rafael Vidal, C. 162
- ▶ **Que fal unha árbore como ti nun sitio como este?** Blanco González, S.; Gallego García, M.P.; Novo Giménez, I.; Sánchez Sánchez, P. 171
- ▶ **Ernst Mayr. Una filosofía desde la biología. Brevisimo Repaso a sus aportaciones.** Gefaell Borrás, J. 178
- ▶ **Delicias culinarias "Artropodianas".** Iglesias Briones, M. J. y alumnos. 188