

Número IX

RE **VB** IGO

Revista da Facultade de Bioloxía. Universidade de Vigo

ANUARIO

Homenaxe a:

Baltasar Merino

- 2017 -

RE **VB** IGO

Revista da Facultade de Bioloxía. Universidade de Vigo

2017
ANUARIO

Volume IX

HOMENAXE A BALTASAR MERINO

1845 - 1917



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.

REVB IGO

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 Ecoloxía e Bioloxía Animal.
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 Vexetal. Dpto. de Bioloxía Vexetal e CC. do Solo.
Jesús M. Míguez Miramontes	Profesor Titular da Área de Fisioloxía Animal. Dpto. de Bioloxía Funcional e CC. da Saúde.
Castor Muñoz Sobrino	Profesor Titular da Área de Botánica. Dpto. de Bioloxía Vexetal e 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 Ecoloxía e Bioloxía Animal.
María Jesús Iglesias Briones	Catedrática da Área de Zooloxía. Dpto. de Ecoloxía e Bioloxía Animal.
Emilio Rolán Álvarez	Catedrático da Área de Xenética. Dpto. de Bioquímica, Xenética e Inmunoloxía.
Humberto Quesada Rodríguez	Profesor Titular 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.

Maquetación:

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	Secretaría

ISSN: 2386-8929

Ciencia: Vocación e Paixón	1
Baltasar Merino. Un adiantado ao seu tempo	2
Divulgación da botánica na Facultade de Bioloxía	6
Unha década de aprendizaxe O atlas de histoloxía vexetal e animal	8
Entonar a porta	11
Delegación de Alumnos de Bioloxía "Lynn Margulis" Quen somos e como traballamos?	13
Conferencia inaugural curso académico 2017/18 Astrobioloxía: La vida al límite	17
Actividades de San Alberte 2016	
A bioxeografía da cor, Jorge Paiva	28
Para que nos serve a mente, Xurxo Mariño	30
Concurso de Fotografía	31
Concurso de Debuxo Biolóxico	33
Cineforum de Bioloxía	35
A experiencia do "Incubi- Emprende" 2016	39
Acto de Graduación da Promoción 2012/2016	
Orla	41
Discurso madriña	41
Discurso padriño	43

Traballos Académicos

Evaluation of antioxidant capacity in several commercial varieties of date palm fruits. Latrach, S.; Verde Rodriguez, A.	47
Regulación de la ingesta y de la saciedad. Echave Álvarez, A.; Panebianco Barreiro, J.; Rafael Vidal, C.	56
Abundancia de flora vascular exótica invasora no monte Aloia. López Quiroga, E.	64
Linfocitos TH17. Importancia y función en patologías. Alonso Rial, J.C.	69
Los líquenes y la degradación/conservación del patrimonio arquitectónico. Gamboa Osorio, J.P.; Lago González, A.; Nieto Iglesias, J., Núñez Estévez, B.; Núñez González, C.	76
Papel dos neurotransmisores dopamina e serotonina na activación / desactivación da resposta ao estrés crónico en peixes teleósteos. Naderi, F.; Chivite Alcalde, M.	89
Revisión de la primera carpeta del herbario de José Arias Teijeiro, depositado en el convento de San Antonio de Herbón (Padrón, A Coruña). Carpena Rodríguez, M.; Rivas Ferreiro, M.	99
Variación espacial e temporal das comunidades de macroinvertebrados no río Fragoso (Ourense) en relación co impacto das minicentraís . Martínez Barciela, Y.	108
Plantas invasoras do Campus Universitario de Vigo. Reboreda Gómez, G.	119
El terrario de la Facultad de Biología. Pérez Lago, J.	126
Diseña tu prototipo "Piscícola". Barandela González, M., Carramal Pérez, S., García Ramírez, M.L., Gutiérrez Álvarez, S.M., Melón Rodríguez, I., París Barbeitos, N., Rodríguez Carín, M., Rodríguez Salas, C., Ruíz Domínguez, L., Veiga García, M.M.S.	131

OBXECTIVOS DE REVBIGO

No mundo da ciencia, os investigadores están obrigados a dar conta pública dos seus descubrimentos, de forma que o coñecemento da humanidade vese enriquecido progresivamente coas achegas de miles e miles de persoas que desempeñan labores científicos en todo o mundo. Ler, reflexionar, abstraerse, criticar, innovar e un longo etcétera de formas verbais poderían ser adxudicadas ao científico biólogo que traballa para descubrir as funcións dun constituínte celular, visualizar as capacidades dun fármaco para curar unha enfermidade, descifrar o xenoma dunha especie ou predicir as consecuencias do cambio climático sobre a avaliación e adaptación dos organismos. Son incalculables as novas ideas que se poñen en marcha nos laboratorios e nos centros de investigación co fin de achegar luz, abrindo novos camiños e metas a conseguir en investigacións que van xurdindo unha tras outra nunha infinidade.

A progresiva incorporación de tecnoloxías cada vez máis potentes para resolver problemas concretos pero de difícil consecución, a miúdo impensables pola súa complexidade, acelerou fortemente o impacto da ciencia na vida cotiá das persoas, rompendo as tradicionais barreiras da investigación científico técnica. Pero a realidade do momento fai que os investigadores se vexan a miúdo excedidos polo volume de artigos que aparecen nas revistas científicas especializadas, o que á súa vez actúa como émbolo de presión que lles empuxa nunha carreira vertixinosa cara á publicación inmediata das súas investigacións, con resultados non sempre ben medidos e contrastados. Nesta carreira ten un papel o Sistema Nacional de Ciencia e Tecnoloxía que premia de maneira contundente ao publicador por encima de calquera outro valor. Lonxe de incidir en controversia respecto diso, esta reflexión só pretende resaltar o valor do científico que busca unha orde nos fenómenos naturais, dando conta rigorosa á sociedade dos seus éxitos, pero tamén asumindo e reflectindo os resultados negativos da súa experimentación.

Un dos grandes obxectivos de REVBIGO é o permitir que os novos estudantes de Bioloxía

penétrense no apaixonante e a miúdo pouco coñecido mundo da investigación, sen un obxectivo finalista que force a aparición de novos resultados determinantes do proceso experimental. Trátase de implicarse nun proxecto que combine o estudo empírico e a consulta bibliográfica, que recolla evidencias xa publicadas ou que expoña situacións novas e aínda pouco escritadas. É, en definitiva, asumir o papel do investigador e do divulgador científico desde a base. Para o estudante é un motivo de ilusión que a recado estimulará a súa vocación científica, podendo servir de acicate para o inicio dunha etapa investigadora. Para os profesores que exercen de tiores do traballo publicado polo estudante, é un motivo de satisfacción que dá continuidade xeracional a unha actividade que forma parte do seu labor profesional e seguramente da súa orientación vocacional.

É por tanto un motivo de satisfacción para a Facultade de Bioloxía manter a súa aposta decidida por REVBIGO, a pesar das numerosas dificultades que leva a xestión editorial. Incidir nunha maior difusión da revista ao alumnado de Grao e de Másteres debe ser unha aposta do comité editorial para ampliar o espectro de traballos que se presentan e estender a súa presenza entre os novos valores científicos. O presente número da revista dedícase á figura de Baltasar Merino, reputado botánico e meteorólogo ao que se rendeu homenaxe como científico do ano 2017 en Galicia. O inventario do manto natural galego que recolle a súa obra de referencia "Flora descritiva e ilustrada de Galicia," publicado entre os anos 1905 a 1909, é todo un exemplo de entrega e paixón pola ciencia. Un exemplo que REVBIGO quere así trasladar en todo o seu valor e brillantez ao estudantado de Bioloxía; estimulando a súa vocación e paixón pola investigación e a divulgación científica. Un ano máis, manténdonos na senda do obxectivo marcado.

Jesús M. Míguez Miramontes
Decano da Facultade de Bioloxía

BALTASAR MERINO, UN ADIANTADO AO SEU TEMPO

Baltasar Merino Rollán naceu, no Muíño Pisón de Lerma (Burgos), o 6 de xaneiro de 1845. Fillo de muiñeiros, foi o quinto de seis irmáns que se criaron nas ribeiras do río Arlanza (Fig. 1).

Preparou os cursos de latinidade en Lerma recibindo as primeiras nocións de Matemáticas, Álgebra, Física, Química e por suposto, Latín, considerado por entón o alicerce fundamental de todas as ciencias.

Aos 15 anos ingresa no noviciado de Loiola (Guipúscoa) sentindo a chamada da Orde e alí permaneceu ata cumprir os 20 anos, desenvolvendo estudos de Filosofía e Humanidades nas etapas de noviciado e xuniorado.



Fig. 1. Muíño Pisón (Lerma, Burgos) sobre o regato Chico. Casa natal de Baltasar Merino.

Para continuar a súa formación xesuíta é destinado ao Colexio Máximo de León onde estudou Filosofía e Ciencias ata os 22 anos. A partir dese momento comezou a súa etapa de grandes viaxes, ao ser destinado ao Real Colexio de Belén na Habana (Cuba) para completar o Maxisterio e onde impartiu clases de Retórica e Matemáticas durante un trienio. Na súa estancia cubana tivo acceso no Colexio a unha magnífica biblioteca con máis de 11 mil volumes, un Museo de Historia Natural e un gabinete de Física e Química moi ben dotado con equipos imprescindibles para o estudo das ciencias. Ademais, o colexio contaba cun observatorio meteorolóxico co

que Merino puido familiarizarse. En 1870 chegou a La Habana, Benet Viñes Martorell (1837 1893) un sacerdote italiano que se fixo cargo do observatorio e realizou grandes contribucións ao estudo e predición de furacáns e tormentas tropicais.

Precisamente en 1870, Merino trasladouse a Woodstock (Maryland, Estados Unidos) para realizar os 3 primeiros anos de Teoloxía, previos á súa ordenación como sacerdote en 1873. En Woodstock coincidiu con algúns cregos napolitanos como Guiseppe Marra (1844 1915), enviados como misioneiros a terras recentemente descubertas e observadores atentos do mundo natural.

Ordenado sacerdote, realiza o último ano de Teoloxía, a denominada «Terceira Probación» en Larbey (Aquitania, Francia) a onde fora destinado en 1874, porque os xesuítas estaban expulsados de España desde a Revolución de 1868. Finalizado este período relixioso ascético, regresa en 1875 ao continente americano, neste caso ao Colexio Seminario de San Juan de Porto Rico onde permaneceu 5 cursos impartindo clases de Matemáticas e outras materias. Merino enfermou durante a súa estadía en Porto Rico e aconsellouse o seu traslado a España. Foi destinado por un ano á Comunidade Xesuíta de Sevilla para ser trasladado en 1880 ao Colexio de A Pasaxe de Camposancos (A Garda, Pontevedra).

Alí permaneceu os seguintes 5 cursos ata o seu destino temporal no Colexio Vasco de Orduña (Biscaia) en 1885. A aparición dun brote de peste bubónica no Colexio puido aconsellar o seu traslado. A partir dese momento, residiu ata practicamente o final da súa vida en A Garda, con viaxes ocasionais fóra das terras galegas.

O Colexio de A Pasaxe era dunha considerable magnitude cun Instituto de Ensino Elemental, o Seminario de San Xosé e unha Sección de Estudos Universitarios. Estes dous últimos foron o xerme das futuras Universidades de Comillas e Deusto. Dispuña de biblioteca, laboratorio de Química, gabinetes de Física e Historia Natural e un observatorio meteorolóxico, que fora creado en

1880 e instalado no maior e máis despexado xardín do Colexio, paralelo ao xardín botánico onde Merino cultivaría posteriormente algunhas das plantas recollidas no campo.

Nos primeiros cursos Merino dedicouse a tempo completo á docencia, impartindo clases de Inglés na sección universitaria e de Latín e Grego, Agricultura, Física, Química e Historia Natural no colexio. Foi ademais, durante algún tempo, Xefe de Estudos do Seminario.

Con todo, pronto foi abandonando paulatinamente as tarefas docentes como consecuencia da súa maior dedicación, primeiro ao observatorio meteorolóxico e, posteriormente, ao estudo da flora. Entre 1888 e 1906 foi o responsable do observatorio meteorolóxico que fora creado en 1879 polo P. Tomás Gómez no Colexio de A Garda (Pontevedra). A partir de 1892, compaxinou as tarefas docentes e meteorolóxicas coas investigacións sobre a flora de Galicia, que se converteron na súa principal ocupación a partir de 1899.

Merino dedicouse, coa minuciosidade e rigor que lle caracterizaban, ao estudo da meteoroloxía, alcanzando un nivel inigualable para a época. O observatorio contaba con termómetros de máxima e mínima, termógrafo, psicómetro, evaporímetro, pluviómetro, barómetro e ozonómetro. Comezou publicando en 1891 un resumo das observacións meteorolóxicas efectuadas no Colexio de Camposancos, realizadas no decenio anterior. E engadiu algúns comentarios sobre o clima da vila, como as especies indicadoras daquel, o uso da integral térmica para definir a adaptación ao clima de determinadas plantas, como o millo ou a vide, protocolos de previsión de temporais para os mariñeiros e unha colección de 34 refráns climatolóxicos da bisbarra. Ata 1897 seguiu publicando regularmente os resultados obtidos neste observatorio meteorolóxico nunha revista creada ao efecto, o Boletín do Observatorio de A Garda.

O 27 de febreiro de 1892 tivo lugar unha traxedia nas praias de Vila do Conde (Portugal), na que morreron 105 mariñeiros por un temporal, e que tivo gran repercusión en Galicia porque

algúns cadáveres apareceron nas costas galegas. Merino fíxose eco da traxedia no xornal «A Integridad» 11 días despois do suceso, sinalando que non tiña que terse producido de seguir os sinais que precederon á tormenta, e recomendando a adopción de medidas preventivas como o uso do barómetro por parte dos mariñeiros.

No ano seguinte, publicou un «Estudo sobre as borrascas na costa occidental de Galicia», que mereceu grandes eloxios entre as autoridades do momento, e que foi seguido en 1894 dun estudo físico químico sobre a auga meteórica. Finalmente, foi un pioneiro da ecoloxía ao publicar unha obra que relacionaba a vexetación espontánea coa temperatura, na cunca do Miño onde residía.

Precisamente esta obra e un pequeno opúsculo anterior foron o punto de partida das súas pescudas botánicas. Primeiro comezou realizando excursións botánicas na contorna de Camposancos, para amplialas a todo o val da desembocadura do Miño, nos municipios ribeiregos de Tui, Tomiño, O Rosal e A Garda e nos costeiros de Oia e Baiona. Pero xa a finais desa década, empeza a ampliar os territorios de exploración sendo convidado por alumnos do colexio, sacerdotes, colegas de profesión ou polos seus superiores, estendendo as campañas de herborización ás catro provincias galegas, visitando persoalmente ou recibindo material de diferentes colaboradores de 156 concellos distintos de Galicia, case a metade do total.

Merino concibiu enseguida o proxecto dunha flora de Galicia. De feito, os títulos das súas primeiras publicacións, a serie «Contribución a la Flora de Galicia» non deixan lugar a dúbidas sobre as súas intencións. Cando xa alcanzara un grado de coñecemento exhaustivo das especies que crecían no territorio, publicou a «Flora descriptiva e Ilustrada de Galicia», un traballo que viu a luz entre 1905 e 1909 e que aínda hoxe, segue considerándose unha obra básica nos estudos da flora ibérica e a única que existe hoxe sobre Galicia.

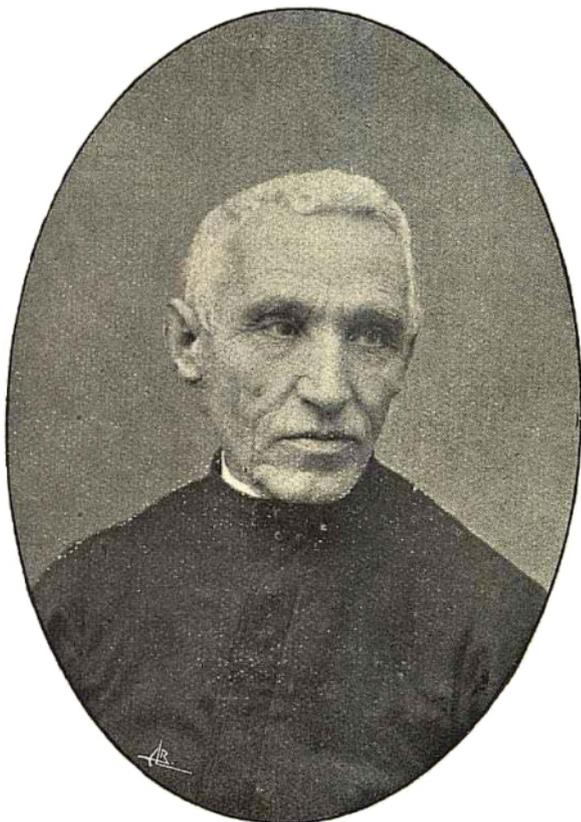


Fig. 2. P. Baltasar Merino c. 1910
(Fonte: Luisier, 1917).

Dedicou o resto da vida a mellorar a súa obra cume, a «Flora», publicando anualmente engadidos e correccións á mesma, que non puideron abarcala por completo, pois o seu falecemento sobreveu antes de acometer a revisión do tomo terceiro.

Como base de todo este edificio científico, elaborou unha extensa colección de material herborizado que serviu para a confección do seu propio herbario e os que donou xenerosamente á Sección de Santiago da Real Sociedade Española de Historia Natural e ao Instituto de Ensino Medio de Pontevedra. A calidade destas coleccións reflíctense na Medalla de Ouro que obtivo en 1896 pola presentación do herbario do Miño no Congreso Rexional de Lugo. Aínda hoxe, os herbarios de Merino constitúen unha das representacións máis completas das plantas de Galicia, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo.

Merino ampliou o catálogo de plantas de Galicia en máis de 900 taxons e describiu e denominou máis de 700 taxons novos, unha proeza non igualada dende entón. Describiu dous xéneros novos (*Homophyllum* e *Verinea*), 70 especies, máis de 400 variedades e case 200 formas, a máis doutras categorías taxonómicas.

Ao final da súa vida, mostrou tamén interese polas briófitas, publicando un traballo sobre as que apañara en Galicia co apoio de Julius Clowacki, quen en 1909 lle invitou ao intercambio de materiais.

Mantivo contactos con diferentes colegas ao longo da súa vida como Carlos Pau, Víctor López Seoane, Michel Gandoger, Júlio Augusto Henriques, Gonçalo Sampaio, Blas Lázaro e Ibiza ou Joseph Henri Lévillé, con quen intercambiaba material e documentación.

Presentado por López Seoane e Ignacio Bolívar, Merino foi aceptado como socio na Sociedade Española de Historia Natural, e por Longino Navás, na Sociedade Aragonesa de Ciencias Naturais. Foi nomeado Vicepresidente da Xunta Directiva do Primeiro Congreso de Naturalistas Españóis, celebrado en Zaragoza, os días 7-10 de Outubro de 1908. En 1912, foi aceptado como membro da Academia Internacional de Xeografía Botánica de Mans, e tres anos despois foi elixido Director desa mesma Academia, un fito sen precedentes entre os seus contemporáneos españois. Antes, en 1913, Merino xa fora elixido Presidente da Sociedade Aragonesa de Ciencias Naturais para o ano 1914.

Tampouco eludiu as súas responsabilidades cos colegas galegos e facilitou a súa integración nas estruturas científicas da época ao propoñer como socios da Sociedade Española de Historia Natural a Francisco Novoa Álvarez, médico municipal de Tomiño en 1899; a Julián José Urdariz de San Ciprián en 1900 e a Rafael Areses en 1903; tamén presentou con Longino Navás, a Alejandro de Colomina e Cárol de Pontevedra en 1907, neste caso á Sociedade Aragonesa de Ciencias Naturais.

Participou na organización de visitas de reputados especialistas a Galicia como a do P. Longino Navás, que permitiu descubrir especies novas de neurópteros para Galicia, ou as invitacións reiteradas a Carlos Pau para que visitase Galicia, viaxe que non chegou a efectuarse.

Atento observador do mundo natural, os diversos materiais que recollía no campo eran doados puntualmente a diferentes sociedades ou

entregados a especialistas. Enviou mostras de liques a P. Longino Navás, briófitas a Luisier ou cogomelos a Sobrado Maestro. Donou un fósil de *Cyathocrinus pinnatus* atopado nos xistos devónicos de Pontearas, e mesmo remitiu información sobre os terremotos observados no sur de Galicia a Navarro Neumann. Merino tamén realizou donativos de minerais, como unha peza de olixisto sobre cuarzo concrecionado de San Xoán de Tabagón ou unha pirolusita de A Garda.

En 1916 o Colexio de A Pasaxe trasladouse a Vigo, e con el o noso protagonista, cunha saúde precaria, coa idea de que o clima da cidade melloraría o seu estado de saúde. Non foi así e decidiuse o seu traslado á Escolástica de Oña (Burgos) a principios do ano seguinte. Lamentablemente, tampouco alí se observou melloría algunha e a mediados de xuño de 1917 regresou a Vigo. Merino tiña a secreta esperanza de volver á Camposancos, invitado polos xesuítas portugueses que naquel momento ocupaban o colexio. Con todo, o seu estado empeorou rapidamente e faleceu o 3 de xullo de 1917, sendo enterrado no cemiterio de Pereiró (Vigo).

A noticia causou fonda consternación na

comunidade científica e publicáronse necrolóxicas nos boletíns da Real Sociedade Española de Historia Natural e da Sociedade Aragonesa de Ciencias, en Brotéria e na Razón y Fe, publicacións coas que colaboraba habitualmente e que enxalzaban tanto as súas calidades e logros como investigador como o seu carácter afable e humilde.

Lonxe de recoñecementos, e afastado de calquera rebumbio sobre os seus éxitos, poucos días antes do falecemento escribía ao seu superior pedíndolle regresar desde Vigo ao seu lugar preferido, o concello de A Garda, ás suaves costas de Camposancos, entre o río Miño e os vastos horizontes do océano.

Rubén Pino

Autor da Tese «Revisión nomenclatural y tipificación de nombres nuevos en Cormophyta de Baltasar Merino»

DIVULGACIÓN DA BOTÁNICA NA

Como se fixo hai uns anos nos corredores de Zooloxía-Ecoloxía e de Citoloxía-Fisioloxía Animal este curso decidíuse incluír no de Botánica-Fisioloxía Vexetal algunhas vitrinas con obxectos relacionados coa botánica: espécimes secos, bugallas, maquetas, fósiles, sementes, froitos, piñas, traballos etnobotánicos,... co fin de facilitar que os alumnos interesados nos temas botánicos: plantas, algas e fungos poidan aproximarse a eles (Fig.1).

As vitrinas están coroadas por dous «posters», un coa clasificación da biota en 7 reinos, consensuada por Ruggiero e colaboradores en 2015, e outro, cos extraordinarios debuxos de Alexandra Skinner, no que se invita a coñecer as especies comestibles de cogomelos e as tóxicas coas que se poden confundir.



Fig. 1. Imaxe das vitrinas

Moitos observadores se preguntan como están conservados os fungos, así que vou quitarlos de dúbidas. Hai fungos secos directamente ao ar como a trufa, a zarrota ou os que teñen consistencia de corcho, outros son liofilizados e barnizados (base de plástico) e por último, hainos que son maquetas en resina (a base é de madeira). Os dous últimos foron adquiridos comercialmente a unha empresa especializada.

É de salientar a colección de sementes andinas doadas por unha alumna do Programa Universitario de Maiores (manifestou o desexo de permanecer no anonimato) a de fósiles, doada por o ex-alumno Manuel García Dávila e o

profesor Castor Muñoz a de bugallas, polo ex-alumno Sergio Rojo, e a colección de cestiñas feitas con carozos de froitos (sementes e endocarpo de drupas) polo médico Francisco X. Martins.

Na exposición para diferenciar inmediatamente organismos autótrofos de heterótrofos, é dicir, algas e plantas de fungos recobriuse a parte posterior con papel de cor verde e parda (por eso do outono), respectivamente. Os liques, tal e como se indica no Código Internacional de Nomenclatura de Algas, Fungos e Plantas (2012), están no mesmo compartimento que os fungos, xa que no holobionte (organismo) liquénico os únicos elementos que conservan a reprodución sexual son os micobiontes (fungos).

As etiquetas colocáronse, sempre que foi posible, indicando nome popular e científico, e só nos nomes que foron modificados na súa nomenclatura hai pouco, ou nos que a denominación antiga é moi coñecida, se incluíu tamén un sinónimo, por exemplo, *Parmelia caperata* (L.) Ach., que actualmente se denomina *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale.



Fig. 2. Reino Fungi

Ademais, no corredor que comunica despachos e laboratorios de Botánica, coa colaboración dos membros do Laboratorio de Micología (MicoUvigo), cubríronse con fotografías os corchos que estaban instalados nel e que antigamente (antes do uso de FAITIC) se empregaban para colocar os listados de prácticas, os avisos, ... das materias de ambas áreas.



Fig.3. Reino Chromista (esquerda) e Plantae (dereita)

Neste caso tamén se estableceu a separación entre reino Fungi (macromicetos e fungos liquenizados, Fig. 2) e reinos Chromista e Plantae (Fig. 3), conservando as mesmas cores de fondo que se usaron nas vitrinas.

Xunto con algúns cadros referidos a ecosistemas, dispersos nas paredes, e coa pantalla situada sobre a porta do laboratorio de prácticas, na que se amosan os coñecidos, e recoñecidos, vídeos do grupo DIVULGARE, inténtase que o «ladrillo» da Botánica sexa menos duro e anime máis aos alumnos a aproximarse a este mundo. Ademais resultan estéticos fronte ás paredes núas.

Marisa Castro
Profesora de Botánica

UNA DÉCADA DE APRENDIZAJE: EL ATLAS DE

El 9 de septiembre de 2007 se inició un sitio web dedicado a la citología y a la histología al que se puso el nombre de Atlas de Histología Vegetal y Animal de la Universidad de Vigo (<http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>). La idea de partida fue simple, crear un conjunto de páginas con contenidos en texto e imágenes accesibles a través de Internet que sirvieran a nuestros alumnos de Biología para estudiar las materias de Citología e Histología. El pasado mes de septiembre se cumplieron 10 años desde que se subieron a la web las primeras páginas.



Fig. 1 Página de inicio del atlas

La etapa inicial consistió en redactar y editar las secciones de histología animal, vegetal y citología. Esto no parecía muy complicado, pero a medida que trabajábamos en los contenidos, necesitamos ir aprendiendo sobre la marcha a manejar las herramientas para diseñar páginas web (html, css, php, un poco de javascript), puesto que todo el sitio se construyó desde cero. A la vez que íbamos ganando confianza en los procedimientos, un poco envalentonados, surgieron ideas para nuevos contenidos. Así, aparecieron secciones

relacionadas con los órganos animales, con los órganos vegetales, con las técnicas de laboratorio y una con tipos celulares. Apareció una sección de microscopía virtual y después se pensó que sería buena idea editar todo el contenido en archivos en formato pdf y posteriormente en archivos de sonido en formato mp3 (aún por completar). Todos los contenidos cuentan con ejercicios de autoevaluación, donde se presta especial atención al diagnóstico de imágenes de microscopía. La última iniciativa, coincidiendo con el programa de internacionalización de la Universidad de Vigo, en la que participa la Facultad de Biología, y en concreto, entre otras, la asignatura de Citología e Histología, es la traducción de todo el contenido al inglés, trabajo que está en proceso. Actualmente todas las secciones siguen creciendo y actualizándose, cada una a su propio ritmo.

La idea de partida era que el sitio se convirtiera en una herramienta docente útil, es decir, que los estudiantes lo usaran con provecho para estudiar las asignaturas relacionadas con estas temáticas. Para ello se tuvieron claras dos premisas, que se siguen manteniendo hoy en día. La primera es que lo más valioso que podemos ofrecer es un buen contenido. Éste ha de presentarse de manera clara, estructurado de manera lógica, y fácilmente accesible. Esta premisa ha condicionado todo el diseño del sitio y cómo se presentan los contenidos en cada página. Así, la información se organiza en páginas, éstas en capítulos, y éstos en secciones. Cada sección tiene un itinerario de aprendizaje en el que se presentan los contenidos de manera lógica. Intentando ser útil a estudiantes con diferentes requerimientos, o a usuarios en general, hay varios niveles de profundidad en la presentación de los contenidos, desde uno sencillo con información básica y esencial a otros donde dicha información se presenta mucho más detallada y desarrollada.

La segunda premisa es que el contenido debe



Fig.2 Página de proteínas, dentro del capítulo dedicado a las membranas y en la sección de Citología

ser de acceso libre, liberado bajo una licencia muy permisiva. El conocimiento es el resultado de un esfuerzo colectivo y es un legado al que debemos contribuir y transmitir. La educación es esencial, especialmente relevante en países o comunidades con menos recursos, y las herramientas docentes, cualquiera que éstas sean, han de estar disponibles para toda persona que las necesite, independientemente de su nacionalidad o estatus social, y sin restricciones. Por ello, todo el contenido de este sitio se libera bajo la licencia “Creative commons by-nc-sa”, es decir, se puede usar, copiar, distribuir y modificar libremente, siempre que el material derivado tenga la misma licencia, no sea para usos comerciales y se dé crédito a los autores.

A día de hoy el Atlas cuenta con más de 400

páginas con contenido y casi mil imágenes y esquemas. Tal como se refleja en el apartado de novedades del Atlas esto es el resultado del trabajo continuado durante todos estos años, y da la impresión que seguirá así en los venideros. La dedicación ha sido recompensada por la acogida y difusión que ha ido obteniendo el sitio durante este tiempo. En los primeros años, al calor de la iniciativa de los planes de Bolonia, se presentó a varios congresos de histología, consiguiendo dos premios en la sección de docencia (Albacete, 2009 y Argentina, 2009). En 2011 se incorporaron imágenes de microscopía electrónica gracias a un proyecto de innovación docente financiado por el Vicerrectorado de Alumnado, Docencia e Calidad de la Universidad de Vigo. Este año, la revista docente Alambique nos ha solicitado una reseña para presentarlo como herramienta docente en el número 090 de su publicación que acaba de ver la luz.

Pero el mayor estímulo para seguir trabajando en este proyecto es saber que hay una amplia base de usuarios. A través de la información que nos envían directamente algunas personas que utilizan el sitio y de los datos detallados de la actividad de los usuarios que nos aporta el contador de Google Analytics, nos consta que las diferentes secciones del Atlas se utilizan como material de apoyo en enseñanzas medias y universidades, apareciendo como referencia bibliográfica en diversas asignaturas de Universidades españolas y sudamericanas. En total, desde que se inauguró el Atlas, lo han visitado más de 9 millones y medio de usuarios únicos y en lo que va de este año (hasta noviembre) lo han hecho más de 1.600.000 usuarios procedentes de 184 países. Su disponibilidad a través de Internet hace que el porcentaje de usuarios de países hispanohablantes sea elevado, de hecho los usuarios españoles representan actualmente menos del 10%. Actualmente se está traduciendo al inglés, por lo que esperamos que estos números cambien en el futuro próximo. Durante los últimos 10 años hemos estado alimentado este proyecto con contenidos,

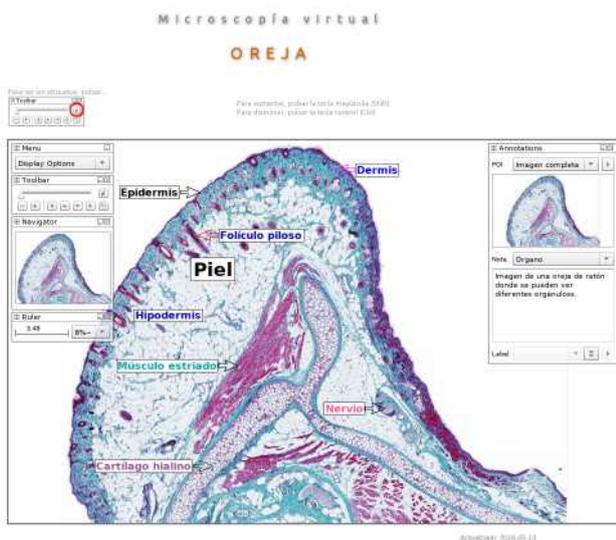


Fig. 3 Página de microscopía virtual dedicada a los órganos animales.

imágenes y secciones, que se traducen en horas de dedicación y trabajo. Ha ido creciendo sin un plan establecido y, lo que es peor, sin decidir un punto y final. Actualmente seguimos sin plan de desarrollo, y, ¡lo que es aún peor!, no hemos decidido una fecha en la que parar, por lo que el Atlas de Histología de la Universidad de Vigo probablemente siga engordando sin saber muy bien en qué se va a convertir. Quizá dentro de otros 10 años podamos tener alguna pista.

Manuel Megías

Pilar Molist

Manuel A. Pombal

Profesores del área de Biología Celular

PARA FACER DA FACULTADE DE BIOLOXÍA UNHA ENTIDADE ALGO MÁIS CULTURAL, ATRACTIVA E COÑECIDA POLA CIDADANÍA

Ao longo do ano académico na Facultade de Bioloxía celébranse moitas actividades, algunhas fora do centro, por iso de achegar a «montaña ao profeta», é dicir, membros do claustro de profesores, normalmente do Equipo Decanal, aproxímanse aos colexios que o solicitan para explicar os estudos que se desenvolven na facultade. Neste pasado curso foron visitados o IES Carlos Casares e o Colexio Miralba (Vigo), o IES A Xunqueira (Pontevedra), IES Pintor Colmeiro (Silleda) e o IES Johan Carballeira (Bueu).

Sen embargo, entre os centros de ensino foron moitos máis os que visitaron as nosas instalacións, procedentes de toda a bisbarra. Destacan: IES Primeiro de Marzo, Colexio Apóstol Santiago, IES A Guía, IES O Castro, Colexio Amor de Deus, IES Álvaro Cunqueiro, IES Politécnico, IES Beade e Colexio Marista El Pilar (Vigo), Colexio Los Sauces (Pontevedra), IES de Rianxo, Cemar International School (Mondariz), IES A Sangriña (A Guarda), IES Francisco Asorey (Cambados), IES Illa de Tambo (Marín), IES Antón Alonso Ríos (Tomiño) e IES de Ponteceso.

Tamén se celebra cada ano unha Xornada de Portas Abertas, na que a Facultade pode ser visitada por alumnos e profesores de colexios e centros de secundaria, empresarios ou calquera outro grupo social interesado. Os asistentes participan en visitas guiadas a laboratorios e, os escolares, en pequenos experimentos científicos, coordinados por profesores como Flora Alonso Vega, Raúl Iglesias, Mercedes Gallardo, Manuel Megías, Esther Barreal, Fuencisla Mariño e Jesús Míguez, ou por técnicos de laboratorio como Eduardo Gallardo e Montserrat Pestaña e neste ano foi impartida unha conferencia temática por parte do profesor Emilio Rolán Álvarez.



Fig.1. Programa da Xornada de Portas Abertas



Fig. 2. Programa da Semana Cero

Nesta actividade extra-curricular dáselle especial relevancia ás actividades internas, realizadas para os alumnos da Facultade, que nalgún caso como a Semana Cero, lles axuda a integrarse na dinámica do Centro cando chegan de novas. Nela presentáselles tanto a propia facultade (biblioteca, delegación de alumnos, normas de funcionamento interno,

etc.) como a titulación (materias de 1º curso, guías docentes, Plan de Acción Titorial, temas de mobilidade relacionados coas estancias tipo Erasmus ou Séneca, plataformas de coordinación, etc.), é dicir, información que deben coñecer para saber desenvolverse neste



Fig. 3. Algúns dos obradoiros realizados.

Ao longo do curso, especialmente para alumnos que van a graduarse inmediatamente, os de 4º de Grao, desenvólvense obradoiros «profesionalizantes» que lles poden axudar a enfrontarse co mundo laboral, a resolver problemas en certas materias, como os Traballos Fin de Grao, ou a coñecer os máster que se desenvolven na facultade.

Especial relevancia ten a festividade do patrón, San Alberte Magno, ao redor do cal se

desenvolven varias actividades culturais, para contribuír a que ademais de «pasar os alumnos pola universidade, sexa a universidade a que pase por eles». Organízanse o concurso de Fotografía Biolóxica, un veterano, xa na décimo terceira edición, e o de Debuxo Científico, organizado por cuarta vez desde a Delegación de Alumnos «Lynn Margulis», a Exposición Micolóxica con cogomelos frescos, que cada ano realiza e explica o Grupo de Investigación MicoUVigo da Facultade e unha ou varias conferencias. Tanto nun concurso como no outro a participación sempre é moi importante e as obras presentadas, de grande calidade. Difícil situación para os xurados de ambos.

A conferencia estrela deste ano foi impartida polo biólogo e divulgador científico Xurxo Mariño, membro do grupo de investigación «Neurociencia e Control Motor» da Universidade da Coruña. Coa claridade e a axilidade mental que o caracteriza, explicou a importancia da neurociencia en todas as actividades diarias. En palabras súas, a mente emerxe a partir de actividade eléctrica e química de numerosas células, as neuronas. E descubrir a estrutura e o funcionamento desa máquina chamada cerebro produce que o coñecemento do “eu” sexa fascinante e os descubrimentos sobre ela servirán para tratar enfermidades neurolóxicas, deseñar robots, coñecer máis e mellor a intelixencia artificial, etc. Para todos os que queiran entender mellor esta temática recomendo o libro «Neurociencia para Julia» (edita Laetoli, 2012), que de forma activa introduce a calquera interesado neste fascinante mundo.

Fuencisla Mariño Callejo
Vicedecana da Facultade de Bioloxía

DELEGACIÓN DE ALUMNOS DE BIOLOGÍA «Lynn Margulis». ¿QUIÉNES SOMOS Y CÓMO TRABAJAMOS?

La Delegación de Alumnos de Biología «Lynn Margulis» (DAB «Lynn Margulis») está formada por alumnos y alumnas de la Facultad de Biología de la Universidad de Vigo, a los que les gusta realizar las cosas bien y de otra manera. ¡Sabemos que lo que se aprende en las aulas está para ser aplicado de puertas afuera!



Fig. 1. Logo de la Delegación de Alumnos de Biología "Lynn Margulis"

La DAB «Lynn Margulis» (Fig. 1) está formada por un grupo de alumnos(as) que surge de una necesidad inminente, ya que los alumnos durante un Grado pasan mucho tiempo juntos, por lo que resulta fácil deducir que van a surgir conflictos, dudas o simplemente necesidad de coordinarse. Los primeros problemas comienzan a solucionarse gracias a los «delegados» de clase, sin embargo, algunas veces se escapan al control de una o dos personas, y otras, requiere de la continuidad año tras año, lo que no siempre consigue cubrir un delegado de curso.

Además, al ganar en organización también se gana en recursos, y eso permite desarrollar actividades que nos ayuden a formarnos fuera de las aulas.

Administración

De este modo se genera un «nicho» que da paso a la DAB «Lynn Margulis», cuya asamblea está formada por todo el alumnado interesado en colaborar, más allá de salir elegido o no como delegado o delegada, o a haber entrado a formar parte del Claustro o de la Junta de Facultad.

Para el correcto funcionamiento de la Asamblea contamos con una Dirección formada por, al menos: Presidente(a), Vicepresidente(a), Secretario(a) y Tesorero(a). Los miembros de la dirección son los encargados de coordinar las actividades y recursos de la DAB. Para ser miembro de la directiva se requiere haber sido electo para alguna representación por los compañeros (delegado, miembro de Junta de Facultad, del Claustro o tener cualquier otra responsabilidad como representante).

Difusión y actividades

Queda claro que la primera actividad es por tanto de apoyo a las necesidades básicas de nuestros compañeros. De hecho, en el «acto de bienvenida anual» realizado para los alumnos nuevos por los miembros del Decanato, se nos cede un tiempo para hablarles y darles nosotros también la bienvenida.

Durante ese tiempo les animamos para comenzar esta nueva etapa de sus vidas y les ofrecemos nuestra ayuda para resolver asuntos oficiales como trámites con decanato, rectorado y nuestro apoyo, de modo que se sientan lo más cómodos posible al entrar en la universidad. Lógicamente les invitamos a unirse a nosotros, ya que la Delegación está formada por alumnado, y cada curso es importante para que siga funcionando y se vaya renovando.

Al margen de esto, hay cuestiones más banales, pero importantes para nosotros, de las que también nos encargamos, por ejemplo, los distintos servicios de préstamo:

1. Se asignan taquillas a todo el alumnado que manifiesta interés, con una capacidad de 252 taquillas (fig. 2).



Fig.2. Taquillas en préstamo

2. Se prestan batas de laboratorio. Biología es una carrera científica, y para graduarnos pasamos muchas horas en los laboratorios (con lo que ello implica, como el uso de batas de laboratorio). Si alguien no tiene su bata en la taquilla, se la ha dejado en casa, o simplemente no la ha comprado todavía, puede acercarse a la Delegación y salir del apuro gracias a este préstamo.
3. Prestamos calculadoras, para las materias que lo requieran. Ciertamente se agotan con frecuencia los días de ciertos exámenes.
4. Y, en último lugar, tenemos una serie de regletas a disposición del alumnado. De todos es sabido que las aulas tienen un déficit acusado de enchufes en relación al volumen de personas que pueden necesitarlos así que como dichas conexiones están accesibles sólo para los más próximos, gracias a las regletas se puede multiplicar el alcance y número de enchufes en toda la Facultad.

Al correo electrónico de la DAB llega un gran volumen de información con interés para el alumnado, que, previa selección de la más interesante, redirigimos a los inscritos en ella, para que puedan enterarse de cursos extraacadémicos, como idiomas, extensión universitaria, buceo, parques naturales, etc., a conferencias, ofertas de trabajo o investigación,...

Todos los que participamos en la Delegación somos alumnos, así que le dedicamos el tiempo que nos sobra, pero nos organizamos para trabajar en ella (local de Delegación), a disposición de cualquiera que tenga alguna necesidad o cuestión en particular. El esfuerzo que suponen estas labores quita relativamente poco tiempo de nuestras obligaciones académicas, entre todos resulta fácil estar siempre disponible y hacer más y más cosas. Por ello es importante que participe gente nueva, al menos con el mismo ritmo con el que se gradúan los miembros de la asamblea de la delegación, y, si pudiera ser, más rápido.

Sólo con esto la DAB cumple un papel fundamental, sin embargo, en Biología somos más inquietos y surgen proyectos y actividades nuevas continuamente, de las cuales alguna prevalece curso tras curso.

Grandes proyectos

Lo primero que puede destacar es el «Concurso de Dibujo Biológico», que lleva en marcha cuatro años seguidos. Este concurso promueve aptitudes transversales tradicionales en nuestra profesión, ya que durante siglos no se podía fotografiar cada observación, y ni tan siquiera con la llegada de las cámaras fotográficas pierde utilidad para anotar observaciones importantes tanto en el cuaderno de campo como en el de laboratorio.

Esta iniciativa, «a priori» aventurada y un poco trasnochada, tiene una gran acogida entre el alumnado.



Fig. 3. Javier Echave, miembro de la Comisión de «Concurso de Dibujo Biológico» luciendo las carpetas de publicidad ilustradas con el dibujo ganador de Adriana Arbizu

Otra de nuestras actividades estrella es el «Proyecto DivulGATE: a falar apréndese falando» en el cual, durante el segundo cuatrimestre, organizamos un ciclo de conferencias en el Salón de Actos de la Facultad para tener la oportunidad de presentar, ante cualquier público, nuestros trabajos de curso. Esto tiene éxito gracias a que, por un lado, permite abrir a la comunidad una ventana hacia lo que trabajamos dentro del Grado de Biología al presentar nuestras «investigaciones», y por otro, nos acerca al profesorado que las tutorizan y con los que colaboramos para su organización.



Fig. 4. Público asistente a la apertura del III Proyecto DivulGATE: «a falar apréndese falando»

Y, por último, pero no menos importante, es una herramienta ideal para perder el miedo y ganar experiencia en las presentaciones orales fuera de un entorno totalmente seguro y controlado como es un aula, en la que se conoce a todos los asistentes, de esta forma te enfrentas más al «mundo real», donde además de ser riguroso es imprescindible hablar con asertividad.



Fig. 5. Brea B. Carrillo, expresidente de la Delegación en la inauguración de las jornadas de 2016

Durante cuatro años hemos estado realizando este proyecto y, asumiendo críticas, gracias a las cuales se pudo ir mejorando. De este modo nacieron las «**Jornadas de Especies Exóticas Invasoras**».

Las especies exóticas invasoras (EEI) son un problema actual en la conservación de la biodiversidad, debido a ello son muchos los investigadores de todo el mundo que trabajan este tema. También en nuestra universidad, incluido el personal de la Oficina de Medio Ambiente (OMA) de la UVigo y el Servicio de Jardinería.

Con la ayuda de estos profesionales intentamos transmitir a los miembros de la comunidad universitaria la importancia de este problema y, sobre todo, intentamos que los alumnos de biología sean conocedores de los problemas que



Fig. 6. Vista de la isla Sur (Islas Cíes) desde la de Faro durante la actividad en la Jornada de EEI

conllevan este tipo de organismos sobre la conservación de la biodiversidad.

Las Jornadas se han complementado con una salida de campo, en la cual se pudieron ver de



Fig. 7. Vista de la isla Norte (Islas Cíes) desde la de Faro, durante la actividad en la Jornada de EEI

primera mano las especies exóticas invasoras, y observar su distribución en una ruta guiada.

Los últimos tres años hemos tenido el privilegio de asistir a una salida teórico-práctica en las Islas Cíes (Parque Nacional Marítimo Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia), donde hemos podido conocer de primera mano un parque nacional, reserva de la biosfera con especies protegidas,



Fig. 8. Participantes en la salida a las Islas Cíes (Jornada EEI)

curiosidades biológicas... y especies invasoras (reconocerlas, controlarlas y erradicarlas).

Durante la actividad hemos podido practicar cómo se realizan estas labores de erradicación, control y análisis, desde la detección hasta la erradicación, en un entorno interactivo de protección de la biodiversidad.

Aunque no lo parezca, también en la Delegación sabemos hacer más cosas que trabajar, ayudar en los trámites administrativos y organizarnos para atender necesidades de nuestros compañeros. Una pequeña parte de nuestras actividades se dirige a **actos lúdicos** como ayudar a los que quieran hacer un «paso de ecuador» o que estén preparando la orla y la graduación. Entre estas labores también se incluye la festividad del patrón de la facultad, «San Alberte Magno».

Es fácil deducir que en la Delegación de Alumnos de Biología «Lynn Margulis» toda idea es válida y toda actividad posible. Anímate a participar!

Alonso Rial, J. C.
 ju_loto@hotmail.es

- CONFERENCIA INAUGURAL DEL CURSO
ACADÉMICO 2017/18 -

ASTROBIOLOGÍA: LA VIDA AL LÍMITE

Emilio Gil Martín

"Lo que tiene de extraño el Universo es que comprendemos sus orígenes mucho mejor de lo que entendemos los orígenes de la vida". Seth Lloyd, Professor of Mechanical Engineering and Engineering Systems and Physics. Director of the Center for Extreme Quantum Information Theory (xQIT).

La astrobiología (en ocasiones también conocida por exobiología, xenobiología o bioastronomía) aborda el estudio de las condiciones exigidas para la existencia y sostenimiento de la vida entre las estrellas. Es una ciencia en fase embrionaria que se esfuerza aún por asentar su cuerpo científico entre las voces críticas de quienes insisten en que debe demostrar fidedignamente la existencia de su objeto de estudio, puesto que no se conoce ni un solo ejemplo de vida fuera de nuestro planeta. No obstante lo anterior, los avances de la Biología experimental y teórica, así como los continuos descubrimientos de la exploración espacial han revelado que la vida extraterrestre es de veras posible y con ello desvanecido las dudas sobre el horizonte científico de la astrobiología de buena parte de la comunidad científica.

El funcionamiento de la vida: su definición

¿Qué es la vida? La respuesta a esta gran pregunta no se desprende de la mera relación de sistemas vivos ni de la descripción de sus comportamientos característicos como alimentación, reproducción, relación con el entorno, constancia del medio interno, etc. La respuesta debe ser conceptual y la Biología teórica la responde desde dos perspectivas conexas.

1. La vida como transmisión de información: definición genética o darwiniana. Todo sistema

vivo debe contener estructuralmente una descripción de sí mismo, un manual de funcionamiento o código (genoma), y ser capaz de ejecutarlo autónomamente (autorreplicarse). Debe, asimismo, evolucionar mediante selección natural, esto es, cambiar su código a lo largo del tiempo tanto por errores intrínsecos de la maquinaria de replicación como por interferencias de variables del entorno. El resultado es una modificación plástica del genoma en relación dinámica con el entorno, lo que va logrando adaptar gradualmente los replicadores a las condiciones imperantes en el medio en que viven y con ello aumentar sus expectativas de éxito reproductivo (su fitness).

2. La vida como desequilibrio energético: definición termodinámica. Todo sistema autorreplicativo precisa de un extraordinario nivel de complejidad estructural (de composición y organización). Sin embargo, las organizaciones complejas son muy improbables porque, en el universo conocido, los sistemas físicos se precipitan por el denominado gradiente entrópico desde estados organizados de baja entropía hacia un estado o nivel de equilibrio isomorfo, sin organización y entropía máxima. La vida lucha sin cesar contra esta tendencia inercial a la degradación expresándose en sistemas alejados del equilibrio termodinámico, que precisan de un aporte continuado de energía para financiar su alto grado de orden y sólo podrán aflorar, por tanto, allí donde el entorno se la provea.

La vida terrestre actual desempeña estas funciones con extraordinaria elegancia. Contiene una completa descripción de sí misma (genoma), así como una intrincada red de reacciones químicas que liberan energía (metabolismo) a partir de precursores del entorno (entropía negativa), la cual invierte en la construcción de

los polímeros (macromoléculas) que mantienen su propia complejidad. Un ejército de proteínas se encarga de poner en marcha y controlar la red metabólica, de proporcionar la maquinaria necesaria para materializar las instrucciones contenidas en el genoma y de copiarlas para transferirlas a la generación siguiente. Sin embargo, este conjunto de funciones no podrían ejecutarse sin el último atributo de la vida terrestre: estar confinada dentro de un espacio cerrado, la célula. Cualquier forma de vida conocida en el planeta está acotada por una unidad de membrana que 1) delimita físicamente la localización en que se operan las reacciones químicas de abastecimiento de energía y de almacenaje de información, 2) evita que los componentes de éstas se disgreguen por el espacio circundante y 3) actúa como una barrera selectiva que mantiene un control activo sobre el tráfico de materia y energía con el entorno.

Las funciones moleculares de la vida

Como ha quedado dicho, la organización celular y su característico funcionamiento puede mantenerse únicamente sobre la base de una financiación energética suficiente. En este sentido, la estrategia universal (planetaria) para obtenerla es la oxidación, esto es, la sustracción de un electrón de una estructura química (atómica o molecular). Esta cesión debe producirse simultáneamente al proceso inverso, la reducción o adición a otra estructura química del electrón despojado de la anterior (como partículas subatómicas, los electrones carecen absolutamente de toda estabilidad fuera de las estructuras atómicas). Los procesos redox o de óxidorreducción resultantes constituyen la base del abastecimiento de energía (química) por parte de todos los seres vivos porque desprenden energía. El metabolismo o conjunto de procesos de obtención de energía, en consecuencia, consta de secuencias de reacciones redox organizadas en unidades de proceso denominadas rutas o vías metabólicas, a través de las cuales compuestos reducidos (nutrientes o combustibles, que actúan como reductores) desprenden electrones que van siendo transferidos a una larga secuencia de intermediarios para que su energía potencial

pueda ser paulatinamente aprovechada. Estos electrones son finalmente cedidos a un último aceptor (oxidante final), que se reduce a su costa. Los equipos enzimáticos de los organismos superiores utilizan O_2 como aceptor final (necesitamos respirar O_2) y el proceso metabólico resultante se denomina respiración aeróbica. No obstante, nuestras células, al igual que las de muchos procariotas (arqueas y bacterias), son también capaces de llevar a cabo otra variante oxidativa denominada respiración anaerobia (que prescinde del O_2) o fermentación, consistente en la oxidación parcial de los combustibles.

Los eucariotas utilizamos como nutrientes moléculas totalmente oxidables aeróbicamente o que, alternativamente, puedan fermentar hasta estructuras canalizables a través del ciclo de los ácidos tricarbónicos para completar su oxidación y aprovechamiento energético. Los procariotas, por el contrario, destacan por su virtuosismo químico y pueden emplear como nutrientes casi cualquier fuente de alimento imaginable, esto es, cualquier estructura química (átomo o molécula) capaz de oxidarse y, por tanto, de poner en movimiento electrones que puedan emplearse para propulsar el metabolismo de la célula por ejemplo, el Fe^{2+} , capaz de oxidarse a Fe^{3+} y liberar un electrón. Así pues, muchos procariotas no precisan descomponer oxidativamente moléculas orgánicas complejas porque son capaces de obtener energía metabólica a partir de reacciones inorgánicas. Algunos son incluso completamente autosuficientes y ni siquiera necesitan recurrir a precursores orgánicos como fuente de C para sintetizar sus componentes esenciales (azúcares, aminoácidos, bases, etc) debido a que fabrican todos sus componentes partiendo de cero, del CO_2 . Los procariotas destacan, además, por su facultad de emplear numerosos aceptores finales, como iones de metales pesados (el arsénico, mortal para otras células) o radiactivos (uranio, potasio o torio). La abundancia de estos últimos en el periodo inmediato al origen de la vida quizá propulsó la bioquímica de los procariotas ancestrales: la energía liberada por las emisiones radiactivas

pudo brindar un estímulo energético a las primeras moléculas para reaccionar entre sí y dar lugar a una química compleja.

La corteza de la Tierra posee un potencial redox negativo natural (reductor), mientras que la atmósfera y los océanos están ligeramente más oxidados debido a la luz del sol y la radiación. Esto crea un gradiente electroquímico (o diferencia de potencial) entre la corteza y el sistema agua/aire situado sobre ella, es decir, una batería de dimensiones planetarias. Muchos microorganismos litótrofos extraen su energía de esta diferencia haciendo reaccionar los iones reducidos de la corteza con los oxidados que se encuentran sobre ella. Curiosamente, la intervención de la fotosíntesis ha acrecentado este gradiente de energía, ya que da lugar a la acumulación de sustancias muy reducidas en forma de sedimentos sobre el suelo y los fondos oceánicos, mientras inyecta oxígeno en el aire y en el agua. En consecuencia, la diferencia de potencial del planeta ha ido aumentando a lo largo del tiempo evolutivo y, por tanto, su capacidad generativa de vida.

¿Habría otra manera?

Contamos con evidencias que nos instan a pensar que la vida de cualquier otro mundo se parecerá en lo fundamental a la nuestra. En primer lugar, muchos de los componentes esenciales que emplea la vida terrestre (azúcares, aminoácidos o bases, entre otros) parecen tener un origen extraterrestre. De hecho, estos compuestos basados en la química del C en medios acuosos y sus precursores se producen en las ingentes nubes de polvo interestelar responsables de la formación por acreción (condensación gravitatoria) de los sistemas planetarios. Precisamente por esta razón la esperanza de encontrar vida basada en la química del carbono y el agua es lo que guía la exploración actual del Sistema Solar.

Por otro lado, el trabajo realizado sobre las posibilidades de que polímeros diferentes al sistema DNA/RNA desempeñen las funciones genéticas, de que otro elemento reúna condiciones para generar una química polimérica

tan compleja como la del C o de que algún disolvente alternativo cuente con la formidable lista de habilidades químicas del H₂O han llevado a callejones sin salida o desembocado en el fracaso. La percepción general en este momento es que 1) cualquier vida extraterrestre que hubiera evolucionado a partir de un caldo de sustancias prebióticas similares a las de la Tierra primitiva probablemente usaría RNA o una molécula muy parecida para salvaguardar la información genética 2) en nuestro rincón de la galaxia abundan los componentes orgánicos y los planetas primordiales (como la Tierra en su momento) se han visto colmados ¡por lluvia meteorítica y el impacto de cometas! con la llegada de compuestos de C (y sólo de C) esenciales para el arranque de una química compleja y 3) ningún otro líquido aúna el asombroso potencial de solubilidad y concentración de compuestos del H₂O, por lo que una química que prescindiera de esta molécula resulta inconcebible. Es decir, que las principales leyes que rigen la Biología serían universales en el mismo grado en que lo son las de la Física y la Química.

Por todo lo anterior, el modelo de vida extraterrestre que buscan las agencias espaciales se basa en la posibilidad de una química compleja basada en el C y asentada en medios acuosos, y el lema astrobiológico que rige sus proyectos “seguir el agua”. En este sentido, el agua líquida debería abundar en todo cuerpo astral a una determinada distancia de su estrella (denominada zona de habitabilidad) y así ocurre en algunos planetas y satélites del Sistema Solar.

La vida al límite

La chispa que realmente encendió el interés por la posibilidad de vida extraterrestre fue el descubrimiento de la vida extremófila, organismos adaptados a entornos hostiles que, hasta hace bien poco tiempo, se creían absolutamente estériles. Los hallazgos de esta sorprendente rama de la microbiología nos hacen sospechar la existencia de vida en proliferación en cualquier entorno del planeta que inspeccionemos. Es decir, una vez surgida la

vida en la Tierra, da la sensación de haberse convertido en incontenible y haber colonizado cualquier nicho húmedo del planeta.

A lo largo de las últimas décadas se han aislado organismos que prosperan en cotas extremas de temperatura, pH, presión, salinidad o radiación, unas condiciones que retan nuestros preceptos sobre estabilidad biológica y muy similares a las que se cree que imperan en ciertos entornos extraterrestres. La complejidad de la célula eucariótica la hace sensible a condiciones fisicoquímicas extremas, de modo que estos nichos de supervivencia se encuentran poblados fundamentalmente por procariontes. Es el caso, por ejemplo, de microorganismos psicrófilos capaces de sobrevivir a temperaturas muy bajas en entornos como las aguas y hielo antártico o sedimentos de las profundidades marinas o, en el extremo contrario, de microorganismos (hiper)termófilos que llegan a soportar temperaturas por encima de los 100°C en laderas de volcanes o alrededores de géiseres y chimeneas hidrotermales. Igualmente sorprendentes son los microorganismos tolerantes al ácido o acidófilos, capaces algunos de ellos de soportar pH 2, similar al zumo de limón, o incluso pH 0, 100 veces más ácido o, en el extremo opuesto, los basófilos o alcalófilos, capaces de sobrevivir en aguas muy alcalinas en las que deben hacer frente a un pH similar al del amoníaco doméstico (pH 11). Es asimismo portentoso que una amplia variedad de organismos oligotrofos sea capaz de proliferar en agua prácticamente pura o en entornos muy pobres en C (como la mayor parte del océano abierto), otros puedan prosperar en medios con bajo contenido de agua (xerófilos) y algunos más capaces de lidiar con altas concentraciones de sal o incluso de medrar por encima de su punto de saturación en salinas (halófilos).

Pese a que los ejemplos más sobrecogedores de supervivencia en condiciones extremas corresponden a procariontes, algunos eucariotes son también capaces de plantar cara a ambientes extremos, lo cual es de especial relevancia para analizar las posibilidades de afloramiento de ecosistemas complejos en

entornos extraterrestres. Si bien la célula eucariótica no puede sobrevivir por largo tiempo a temperaturas superiores a 60°C (la temperatura del té caliente), son muchos los que se manejan bien en entornos helados, como 1) los insectos de la familia de los grilloblátidos (“bichos del hielo”), que recorren las capas de hielo de las cumbres montañosas en busca de animales muertos por el frío, o 2) el “aro de agua” (*Lysichiton americanus*), una planta que crece por debajo de 0°C en suelos solidificados por congelación, o 3) los extraordinarios tardígrados (“osos de agua”) que, entrando en criptobiosis (estado de animación suspendida), son capaces de resistir prácticamente cualquier condición física por extrema que sea, incluidas temperaturas entre -253°C y 150°C, las presiones más extremas alcanzables en el planeta (en el fondo de la fosa de Las Marianas) o incluso la microgravedad y radiación extrema del espacio exterior, como demostraron durante 12 días de septiembre de 2007 a bordo de la cápsula no tripulada Foton-M13 de la ESA (Agencia Espacial Europea).

Los cercanos mundos alienígenas

Por razones obvias, la identificación de los límites físicos para el afloramiento de vida en la Tierra interesa sobremanera a la astrobiología, de modo que uno de sus objetivos estratégicos de estudio son las claves de la colonización biológica de ciertos lugares del planeta que consideramos muy semejantes a conocidos enclaves extraterrestres.

Los valles secos de la Antártida

La Antártida no es sólo el sitio más frío de la Tierra, sino también el que alberga algunos de los parajes más secos. El aire gélido que azota el continente porta poca humedad y la forma cóncava de éste lo impele hacia cotas altas, donde se seca aún más. Estos aires secos son los que recorren los valles del continente, denominados valles secos o “valles de la muerte”, superficies enormes de roca yerma libre de hielo, congeladas en torno a los -40°C salvo durante los 15 días de verano (1°C).

Los animales que se adentran por estos parajes mueren irremediabilmente por liofilización (se

han encontrado focas conservadas intactas durante milenios), pero, sin embargo, diminutas poblaciones de nematodos y tardígrados logran sobrevivir en las minúsculas grietas rocosas gracias al microclima más benigno de su interior el tibio sol del estío calienta las rocas y funde el hielo, y las grietas protegen a sus moradores del brutal viento exterior y de la intensísima radiación ultravioleta (la más alta del planeta, en parte debido al agujero de la capa de ozono). Unos pocos milímetros de roca translúcida bastan para proteger las macromoléculas de la destrucción por irradiación ultravioleta y, simultáneamente, permitir el paso de suficiente cantidad de luz para garantizar la producción fotosintética. Algunos investigadores sostienen que estos hábitats criptoendolíticos son posibles en la superficie de Marte.

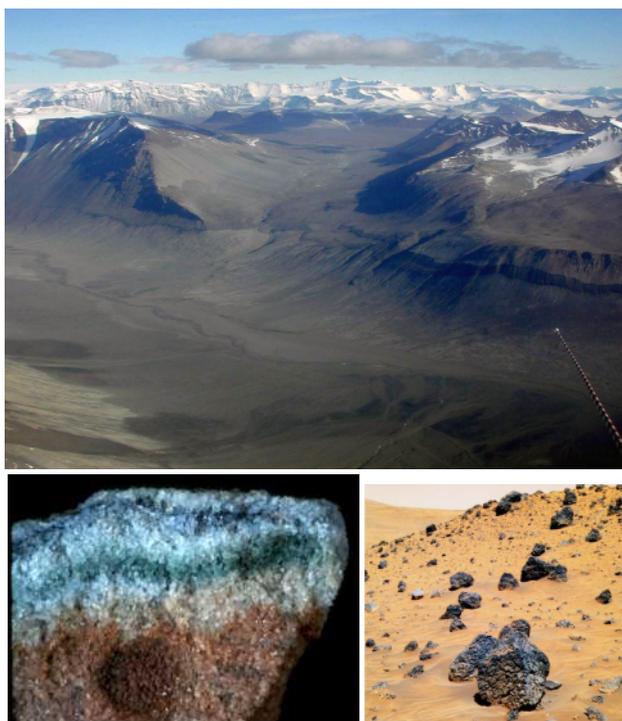


Figura 1. Los valles secos de la Antártida. Imagen aérea de su superficie, rocosa y yerma (A), y hábitat criptoendolítico (B) como los que se cree que pueden darse en la superficie de Marte (C). Fuentes:

A). <http://www.coolantarctica.com/Antarctica%20fact%20file/antarctica%20environment/dry-valleys-blood-falls-don-juan-pond.php>

(B). <https://www.nsf.gov/pubs/1998/nsf9824/ch7.htm>

(C). Copyright de NASA/JPL-Caltech/Cornell/NMMNH . Obtenido de: DiGregorio B. E. (2010) Martian sheen: life on the rocks. New Scientist, 10 February

Las chimeneas hidrotermales de las profundidades oceánicas

En las crestas o hendiduras de expansión del fondo oceánico, por las que emerge el magma subyacente y se renueva la corteza, el agua se filtra a través de la corteza agrietada y entra en contacto con la cámara magmática incandescente, donde se sobrecalienta y arranca minerales por lixiviación (de Fe y S sobre todo). Esta agua sobrecalentada (a 350°C) mana a borbotones por puntos localizados del lecho abisal, las chimeneas hidrotermales o fumarolas negras (black smokers), y al contacto con las gélidas aguas circundantes rápidamente se enfría y libera por precipitación los minerales disueltos. No obstante, por sorprendente y curiosa que sea la geología de estos parajes abisales, lo que más cautiva la curiosidad de los científicos es la espectacular proliferación de vida que mantienen a su alrededor abundantes cangrejos y quisquillas sin pigmentación, almejas gigantes, novedosos gusanos tubícolas de hasta 3 m de longitud y aspecto alienígena o caracoles desprovistos de concha, además de una amplia variedad de quimioautótrofos hipertermófilos que se alimentan de los iones reducidos que emergen del interior de la corteza. Sin embargo, este abismo custodiaba una sorpresa aún mayor aunque a estas profundidades llega menos luz que a Neptuno, se han encontrado órganos fotosensibles en el dorso de algunos crustáceos y, en 2005, ¡bacterias fotosintéticas en las aguas de las chimeneas! El descubrimiento de la existencia de organismos capaces de sobrevivir en base a la utilización fotosintética de la tenue luz emitida por el agua sobrecalentada (luz geotermal) representa una fuente energética absolutamente inesperada para la astrobiología y confirma 1) que los surtidores hidrotermales muy probablemente representan un nuevo modo de vida universal que añadir al catálogo de las estrategias de supervivencia conocidas, y 2) que cualquier planeta o satélite con un océano acuoso y una fuente interna de calor podría sostener ecosistemas en la interfaz entre la caliente corteza reducida y la fría y oxidada agua oceánica.

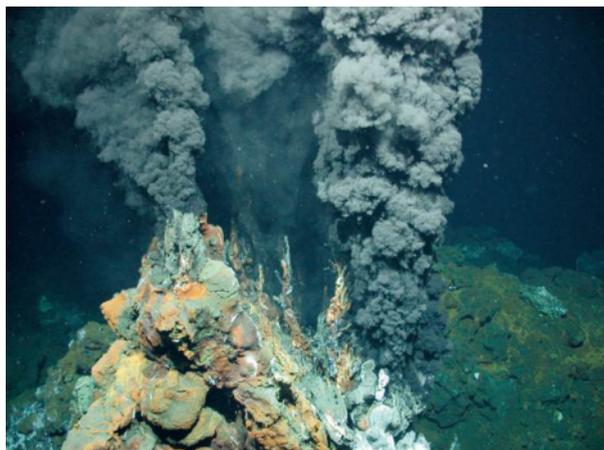


Figura 2. Chimenea hidrotermal (fumarola negra) en una cresta de expansión del fondo oceánico. Copyright de World Ocean Review. Obtenido de: <http://five-oceans.co/the-issue-with-seabed-mining/>

Acuíferos en basaltos profundos: ecosistemas SLIME

A más de 1 km bajo la cuenca del río Columbia (estado de Washington), e insertas en una gruesa capa de roca basáltica rica en Fe^{2+} , anidan arqueas quimioautótrofas que obtienen toda la energía que necesitan oxidando este hierro y transfiriendo el electrón liberado al CO_2 disuelto para fijarlo. Los productos resultantes son agua y gas metano (CH_4). Estas arqueas metanogénicas, anaerobias estrictas, son por entero independientes tanto de las moléculas orgánicas producidas por acción fotosintética en cotas más superficiales como de los focos activos de calor geotermal tan solo precisan de un bloque de roca volcánica reducida. Los ecosistemas resultantes constituyen el mejor ejemplo disponible en la Tierra de vida absolutamente aislada y reciben el nombre de SLIME (ecosistemas microbianos litótrofos subterráneos). La densidad celular que soportan es muy reducida y extremadamente lenta su tasa de crecimiento, pero teniendo en cuenta el inmenso volumen de corteza, esta biosfera de las profundidades y temperaturas elevadas podría contener una pasmosa cantidad de biomasa, que algunos investigadores estiman superior a la de la cubierta superficial. En este sentido, una perforación reciente hasta los 5.3 km en Suecia, donde la temperatura de la roca supera los 70°C ,

ha encontrado una variedad de bacterias heterótrofas activas, por lo que es probable que el límite de profundidad para la supervivencia se alcance tan solo a cotas en que la temperatura ambiente sea letal.

Un colofón adecuado a estos deslumbrantes hallazgos de vida estableciéndose en nichos donde jamás se la hubiese considerado posible hace escasos años son las palabras de Ricard Amils, catedrático de microbiología de la Universidad Autónoma de Madrid e investigador asociado del grupo de Habitabilidad y Ambientes Extremos del Dpto. de Planetología y Habitabilidad del Centro de Astrobiología (INTA-CSIC), y asimismo uno de los grandes expertos mundiales en vida extremófila y pionero del estudio de las comunidades de acidófilos microbianos del Río Tinto (Huelva): “La comunidad científica entiende que no conocemos los límites de la vida”.

Otros lugares del Sistema Solar

El potencial astrobiológico de un planeta o de un satélite se establece en base a 1) la existencia de una fuente de energía explotable por la vida, 2) la posibilidad de una química polimérica con carbono y 3) la existencia de un disolvente líquido. En base a estos criterios, de los aproximadamente 160 planetas y satélites que alberga el Sistema Solar, la astrobiología ha reunido una lista selecta de al menos 4 candidatos a albergar hábitats extraterrestres potenciales dos planetas rocosos del interior del Sistema Solar (Venus y Marte) y dos satélites rocosos de los dos mayores gigantes gaseosos exteriores (las lunas Europa de Júpiter y Titán de Neptuno).

Venus. La árida superficie del planeta es completamente inhóspita, fruto de un intensísimo efecto invernadero debido a la proximidad del Sol. La atmósfera, compuesta de CO_2 casi en exclusiva, es extraordinariamente densa (genera una presión atmosférica en la superficie 90 veces superior a la terrestre) y aboca a un calentamiento asfixiante (la temperatura media a ras del suelo es superior a los 500°C , suficiente para fundir el plomo).

Aparte, como consecuencia de pasados periodos

de vulcanismo intenso, la poca agua de la atmósfera disuelve los gases emitidos, lo que

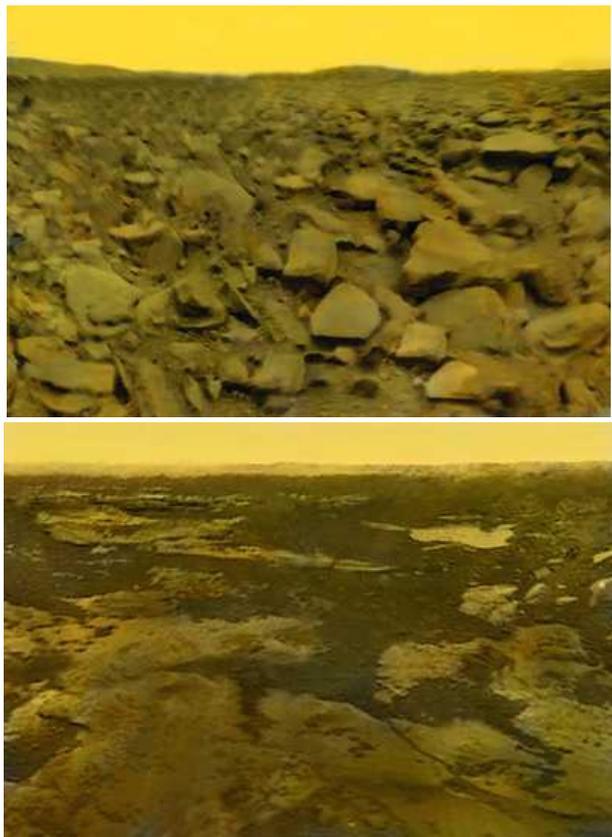


Figura 3. Imágenes de la superficie rocosa de Venus tomadas en 1975 por la sonda rusa Venera 9. Imágenes procesadas por Ted Stryk. Obtenidas de: <http://planetimages.blogspot.com.es/2014/07/standing-on-venus-in-1975.html>

depara lluvias ocasionales de ácido sulfúrico.

Pese a estas condiciones extremas, la astrobiología no descarta las posibilidades de vida en Venus, si bien a 50 km sobre su superficie, donde se dan unas condiciones de presión y temperatura parecidas a las de la Tierra y donde se sabe que existe agua líquida. Se desconoce la concentración de ácido sulfúrico en este entorno, pero se cree a niveles tolerados por algunos acidófilos terrestres. Aunque este entorno plantea muchísimas dudas sobre sus posibilidades de albergar vida microscópica en altura, sin jamás tocar tierra, si algo ha aprendido la Biología del último medio siglo es que no debe subestimarse la capacidad de la vida para adaptarse a cualquier nicho.

Europa. El menor de los cuatro satélites más grandes de Júpiter que, aun distante de la zona habitable por su lejanía del Sol (-170°C), reúne

en torno a sí fuertes sospechas de que posee grandes océanos acuosos a pocas decenas de km bajo su superficie helada, gracias al calor emitido por las desintegraciones radiactivas del interior y los poderosísimos efectos de marea generados por la atracción gravitatoria de Júpiter. No obstante, ¿existen posibilidades fundadas de encontrar vida en este hipotético océano profundo? Sí. En la Tierra contamos, además, con un entorno que guarda mucha relación con la capa de agua subsuperficial de Europa el centenar de lagos bajo la placa de hielo antártica. El mayor de todos ellos, Vostok, se encuentra bajo una cubierta aislante de 4 km de hielo, que permite la existencia de agua líquida. En febrero de 2012, una misión científica rusa logró perforar hasta el nivel del agua y los primeros resultados parecen indicar la existencia de vida psicrófila latente. En el supuesto océano interior de Europa, con más agua líquida que toda la Tierra, se darían las condiciones para el florecimiento hipotético de una química orgánica en fase acuosa y un posible metabolismo quimioautotrófico impulsado por los gases reductores emitidos por el núcleo del satélite, al

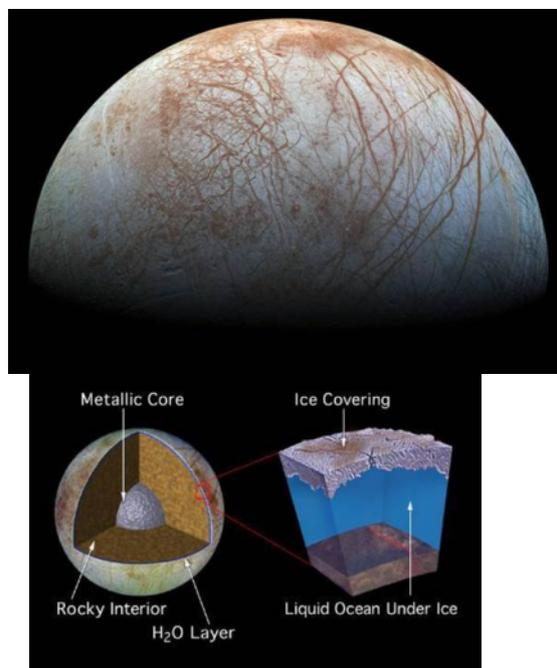


Figura 4. La luna de Júpiter Europa. Imagen de la luna Europa tomada por la sonda Galileo (A). Recreación del posible océano subsuperficial existente a pocas decenas de kilómetros de profundidad (B).

(A). Copyright de NASA/Jet Propulsion Laboratory, SETI Institute. Obtenida de: <https://phys.org/news/2015-09-jupiter-moon-europa.html>

(B). Copyright de NASA/Jet Propulsion Laboratory. Obtenida de: <https://phys.org/news/2009-10-jupiter-moon-europa-oxygen-life.html>

igual que en los SLIME de las profundidades de la Tierra.

Titán. Digno de su nombre, es el segundo mayor satélite del Sistema Solar (mayor incluso que Neptuno) y destaca por la variedad exquisita de una geografía muy parecida a la de nuestro planeta, tal como pudimos apreciar en 2005 cuando la sonda Huygens atravesó lentamente en paracaídas su atmósfera y nos proporcionó las primeras y asombrosas imágenes de cordilleras montañosas, llanuras fangosas, valles fluviales y una superficie repleta de guijarros alisados por la acción erosiva de fluidos. La enorme distancia que lo separa del Sol (10 veces superior a la nuestra) desploma su temperatura en torno a los -180°C , por lo que la orografía vista en Titán está compuesta de hielo y es fruto de la acción erosiva del CH_4 líquido, no del agua. El interés astrobiológico de Titán emana, sin embargo, de que es el único cuerpo astral del Sistema Solar con lagos y océanos líquidos en su superficie. Si bien es cierto que las condiciones imperantes en ellos hacen inviable la vida porque las membranas biológicas no pueden formarse a temperaturas tan bajas, en 2015 se teorizó sobre la posibilidad de que esta tarea pueda ser desempeñada por otra molécula, el acrilonitrilo, muy abundante en la estratosfera del satélite y que se vierte abundantemente sobre la superficie en forma de lluvia.

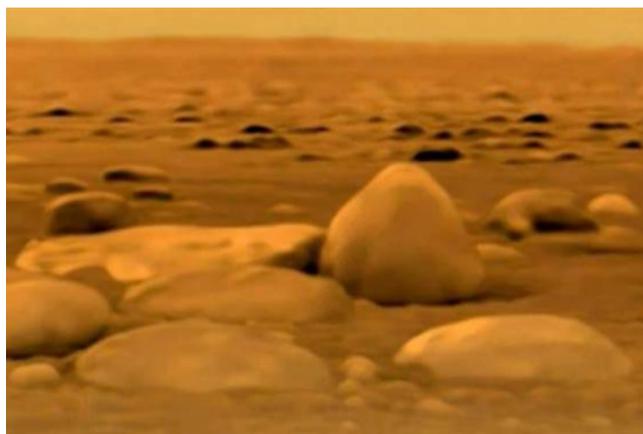
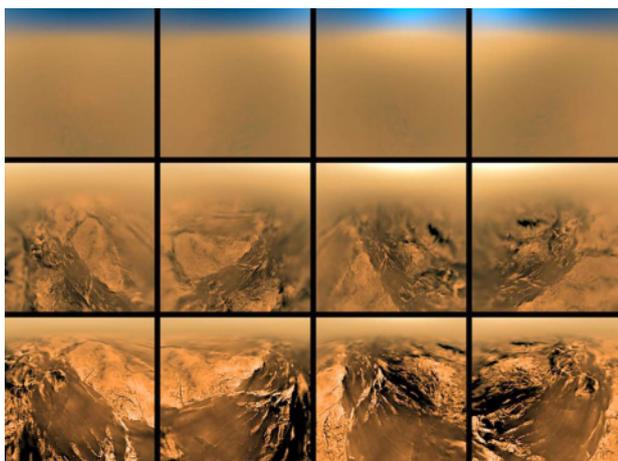


Figura 5. Imágenes de la orografía de Titán tomadas en 2005 por la sonda Huygens durante su aterrizaje (A). Superficie de Titán repleta de guijarros alisados por la acción erosiva de un flujo líquido (B). (A). Copyright de ESA/NASA/JPL/University of Arizona. Obtenida de: Life could have hitched a ride to the moons of Jupiter and Saturn. (2013) Astrobiology Magazine. 9 December. (B). Copyright de ESA.

Obtenida de:

<https://www.universetoday.com/8160/huygens-landing-movie/>

Marte. Pese a que en medio siglo largo de exploración espacial más de la mitad de las misiones a este planeta han fracasado, se ha logrado cartografiar con láser la superficie del planeta hasta una precisión de metros, lo que significa que conocemos mejor el abrupto paisaje de Marte que el de la Tierra. Así, con más de 30 km de desnivel entre la más alta cota montañosa (Olympus Mons, 25 km) y la sima más profunda (Valles Marineris, 7 km), la geografía marciana es la más extrema de cualquier planeta conocido. Para la astrobiología, por contra, la cuestión más apremiante es dilucidar la existencia o no de agua líquida en el planeta. En este sentido, la muy fina atmósfera marciana (apenas un 1% la de la Tierra) y el muy débil efecto invernadero que genera desembocan en una temperatura gélida: la mayor parte del planeta se mantiene por debajo de 0°C y en los casquetes polares desciende hasta los -140°C .

Tales condiciones imposibilitan la existencia de agua líquida en superficie, por lo que la apariencia terrestre de los controvertidos valles de Marte (atribuidos a huellas de escorrentía) es ilusoria, según los datos suministrados en 2016 por el

espectrómetro orbital a bordo de la sonda MRO, que indican que en las torrenteras no existe ni rastro de los típicos materiales formados por la acción del agua líquida. Los signos directos de presunta agua líquida llegaron, sin embargo, a finales de 2004 con los rover Spirit y Opportunity. La segunda de ellas encontró en la composición de las rocas de su lugar de amartizaje, un cráter de impacto poco profundo en una llanura del hemisferio norte conocida como Meridiani Planum, indicios de que el agua líquida habría cubierto con regularidad, y durante un periodo prolongado, esa planicie. Lo mismo ocurrió tras el amartizaje del astromóvil Curiosity –en agosto de 2012– en el cráter Gale. El análisis de los cantos rodados de su lecho, así como de los estratos rocosos del monte Sharp situado al sur de él, sugieren un pasado remoto de flujos de agua líquida y la presencia actual de agua en estado sólido, en forma de permafrost.

Aunque las aguas del mar Meridiani Planum eran saladas, ácidas y frías, algunos (si bien pocos) extremófilos terrestres toleran estas condiciones. Ciertas minas de metal, como la de la cuenca del río Tinto, producen entornos acuáticos igualmente ácidos y salados, y contienen células que viven de minerales similares a los encontrados en Meridiani. Pero pocos organismos terrestres soportan al mismo tiempo una salinidad, acidez y frío tan extremos. Así pues, este lecho marino seco es un lugar muy interesante para visitar en misiones futuras. Como prueba de lo que se espera encontrar allí, los depósitos de óxido de Fe del río Tinto contienen diminutos fósiles bacterianos perfectamente conservados. De modo que, si de verdad existió vida alguna vez en estos mares someros de Marte, hay grandes posibilidades de que encontremos signos de ella incluso miles de años después.

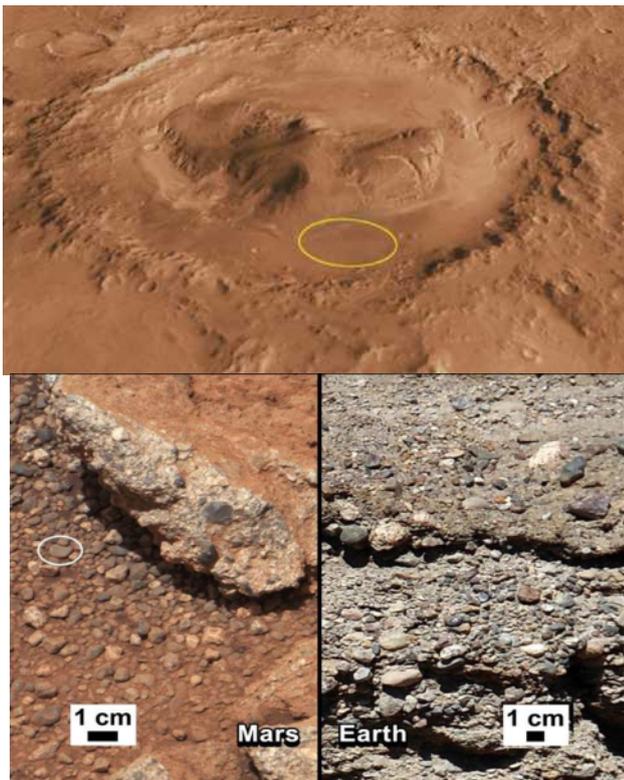


Figura 6. Imagen del cráter Gale, lugar de amartizaje en 2012 de la sonda Curiosity (A). Cantos rodados del lecho del cráter Gale que, como los terrestres, deben su forma redondeada al efecto erosivo de una corriente de fluido, previsiblemente agua (B).(A). Copyright de NASA/JPL. Obtenida de: [https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA14294\(B\)](https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA14294(B)). Copyright de. Obtenida de: NASA/JPL-Caltech/MSSS and PSI/Handout/Reuters

Estos hallazgos sugieren que Marte y la Tierra debieron de parecerse mucho en su periplo primigenio y ambos habrían recibido gran cantidad de sustancias volátiles y moléculas orgánicas por intenso bombardeo meteorítico y de cometas. Marte, además, contiene todos los elementos necesarios para la vida tal como la conocemos en la Tierra. Algunos, como el Fe^{2+} , responsable del típico color del planeta rojo, son incluso más abundantes que en la corteza terrestre. En resumen, al menos en ciertos emplazamientos de Marte parece que se dieron en sus inicios las condiciones básicas para la vida: agua líquida, química orgánica y una fuente de energía.

Los planetas interiores del Sistema Solar y sus satélites (entre ellos la Tierra) han intercambiado material desde hace miles de millones de años, pues las sucesivas colisiones con asteroides han lanzado al espacio suelo y fragmentos de rocas. Las simulaciones nos indican que, para el caso de Marte y la Tierra, sólo el 4% del material lanzado desde aquél ha llegado a nuestro planeta, después de un viaje que puede durar 15 millones de años.

Aun así, se estima que ambos planetas intercambian del orden de 100 kg de material cada año, por lo que en cada paleta de tierra terrestre se pueden encontrar trazas de suelo marciano y es posible que microorganismos terrestres hayan llegado a Marte y poblado sus océanos, o viceversa. En resumen, los expertos confían en que pronto se pueda llegar a demostrar que Marte contiene vida, o que la ha contenido en un pasado.

Algunos de los datos de campo recogidos sobre el planeta revelan indicios de posible vida marciana, pero aún se ha de trabajar para determinar de manera incontrovertible que son autóctonos. Las afirmaciones extraordinarias (como el anuncio del primer hallazgo de vida extraterrestre) exigen pruebas extraordinarias.

Emilio Gil Martín
Profesor del Área de Bioquímica

SAN ALBERTE 2016

FACULTADE DE BIOLOXÍA



IV Exposición de Cogomelos

do 8 ao 11 de novembro
no Edificio de Ciencias Experimentais
Coordina: Marisa Castro Cerceda

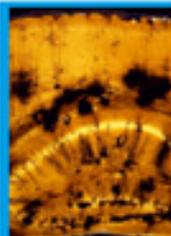
III Concurso Debuxo Biolóxico

Exposición
do 9 ao 11 de novembro
Salón de Actos do Edificio de Ciencias Experimentais
Bases en facebook:
Delegación de Biología "Lynn Margulis"



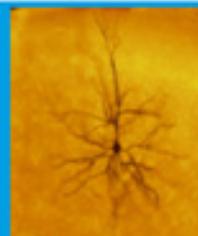
CONFERENCIA: "A bioxeografía da cor"

Dr. Jorge Paiva
Profesor emérito da Universidade de Coimbra
9 de novembro ás 16:30 h.
no Salón de Actos do Edificio de Ciencias Experimentais
Organiza: Dpto. de Biología Vexetal e Ciencia do Solo



CONFERENCIA: "¿Para qué nos serve a mente?"

Dr. Xurxo Mariño
Neurocientífico
Profesor da Universidade da Coruña
15 de novembro ás 12:00 h.



no Salón de Actos do Edificio de Ciencias Experimentais



13º Concurso de Fotografía Biolóxica

Bases
<http://www.biologia.uvigo.es>
Premios
Entregaranse o 15 de novembro
ás 13:30 h no Salón de Actos do
Edificio de Ciencias Experimentais.

Organiza  Facultade de Bioloxía
Universidade de Vigo

Patrocina  Extensión Universitaria
Universidade de Vigo

Cartel da festividade de San Alberte

A BIOXEOGRAFÍA DA COR

Jorge Paiva, Universidade de Coimbra

Na Natureza nada é aleatorio. Todo o que nela existe resultou de millóns de anos de evolución. Os seres vivos non evolucionaron independentemente, pero sí o fixeron integrados nos respectivos ecosistemas.

As plantas, como non se moven, para alimentarse necesitan de luz e pigmentos asimiladores e captadores de enerxía (clorofilas e carotenoides), dos que a concentración depende das coordenadas xeográficas onde vexetan.

Así tamén, para reproducirse sexualmente e para dispersarse, son dependentes de axentes transportadores (ar, auga e animais) das súas diásporas (esporas, sementese froitos).

Desta maneira, evolucionaron adaptándose non apenas ás condicións ecolóxicas dos ecosistemas onde viven, pero tamén aos axentes dispersadores. Cando estes axentes son animais, ocorreu frecuentemente unha evolución adaptativa paralela á deses animais (coevolución).

Nas Anxiospermas (plantas vasculares, con flores e froitos), a cor predominante das follas é o verde, xa que a clorofila é o pigmento máis importante para a elaboración dos nutrientes necesarios para as súas funcións vitais. Pero as cores das flores e dos froitos resultaran dunha evolución “adaptativa” aos axentes polinizadores e dispersadores, particularmente animais.

Os animais non teñen todos a mesma visibilidade para as cores. Así, do espectro solar (arco da vella) os humanos ven as cores das radiacións desde os 380 nanómetros de lonxitude de onda (violeta) aos 740 nanómetros (vermello). Os cans e os gatos ven poucas cores, apenas da azul á amarela. Un can guía sabe que o semáforo está vermello, pola posición da luz na vertical do semáforo, xa que el non ve a cor, só ten a percepción da luz estar apagada ou acesa. Por iso, as posicións das 3 cores dos semáforos son sempre as mesmas en todos os semáforos (a superior é vermella, a do medio é amarela e a



Figura 1. Fotografía de Jorge Paiva

inferior é verde). Nos humanos tamén hai que ter en conta aos daltónicos que non ven a cor vermella.

Moitos insectos (abellas por exemplo) e moitas aves, ven máis alá da cor violeta (ultravioleta), que nós non vemos, pero podemos saber como ven nas flores as abellas esa cor, a través de fotografías con películas sensibles á ultravioleta. Por outro lado, as abellas e moitos outros insectos non ven a cor vermella. As cobras, por exemplo, teñen unha reducida amplitude de visión das cores do espectro solar, “aprecian” máis alá da vermella (infravermella), o que é moi útil para predadores nocturnos de presas de sangue quente.

Por iso, as cores das flores dependen do espectro visual dos polinizadores e a cor dos froitos da visión dos dispersadores. Así, en Portugal as flores das nosas plantas nativas non son vermellas, xa que os polinizadores no noso país son maioritariamente insectos. Sen embargo, hai froitos vermellos, pois algúns dos dispersadores son aves, que ven o vermello. As flores que están adaptadas a polinizadores nocturnos, son brancas.

A cor de moitos animais e plantas depende da altitude, como, por exemplo, algas vermellas a profundidades maiores que as algas pardas e as

verdes na superficie. O mesmo acontece con algúns peixes, particularmente dos arrecifes de coral, por se manteren en nichos ecolóxicos horizontais. As cores dos seres vivos tamén dependen da latitude, como, por exemplo o oso polar é branco e os osos de latitudes inferiores son pardos ou incluso negros. Coas plantas pasa o mesmo, xa que as das latitudes ecuatoriais son de follaxe verde escura e as que se encontran entre os círculos polares e os respectivos trópicos (Cáncer e Capricornio) son verde claro. Aínda que non haxa unha dependencia tan intensa da cor dos seres vivos con a lonxitude de onda, existen moitos exemplos, como, o dos nosos carballos e pradairos que teñen a follaxe

prada no Outono e, sen embargo, a dos carballos americanos é avermellada.

As cores dos animais tamén dependen dos hábitos de vida, por exemplo, os predadores nocturnos son pintados de branco e escuro, e dos ecosistemas onde viven, por exemplo, os cavernícolas carecen de pigmentación, xa que viven permanentemente na escuridade, por iso son brancos e cegos.

(Fonte: <http://www.socgeografialisboa.pt/wp/wp-content/uploads/2015/10/Resumo.pdf>, tradución de Marisa Castro).

“PARA QUE NOS SERVE A MENTE”

Xurxo Mariño, Universidade da Coruña

Dentro de los actos conmemorativos de San Alberte 2016 se programó la conferencia titulada “Para que nos serve a mente” que impartió Xurxo Mariño Alfonso, neurofisiólogo de la Universidade da Coruña y, posiblemente, uno de los mejores y más premiados divulgadores de ciencia en castellano y gallego. En esta charla de casi una hora de duración, Xurxo narra la evolución del sistema nervioso humano hasta llegar a la mente autoconsciente capaz de formar ideas y asociarlas con imágenes y objetos de la vida cotidiana, pero también de generar pensamientos abstractos o conceptuales cuya base neurológica es todavía muy desconocida.

¿Para qué sirve la mente? ¿Qué nos hace diferentes de otros animales? ¿Cuánto de nuestro cerebro funciona y qué otras funciones no somos capaces de identificar? ¿Por qué unas especies hablamos y otras no? ¿Por qué utilizamos lenguajes diferentes si tenemos un origen genético y evolutivo común? ¿Qué diferencia la mente de los hombres y de las mujeres? Todo esto y mucho más forma parte de la amena charla que este neurocientífico desarrolla con pasión y en la que confronta pensamientos y sentimientos con aprendizajes y comportamientos que el ser humano utiliza para comunicarse, relacionarse, sobrevivir o simplemente divertirse y distraerse.

Xurxo Mariño estudió Biología en la Universidad de Santiago de Compostela y se especializó en neurofisiología con estancias en Estados Unidos. Posteriormente se reincorporó como profesor de la Universidade da Coruña, formando parte del grupo Neurocom, que tiene entre sus objetivos estudiar la actividad eléctrica del sistema nervioso, las neuronas y sus circuitos. En la actualidad realiza múltiples actividades de divulgación del conocimiento científico, estableciendo además la interacción con el mundo de las humanidades.

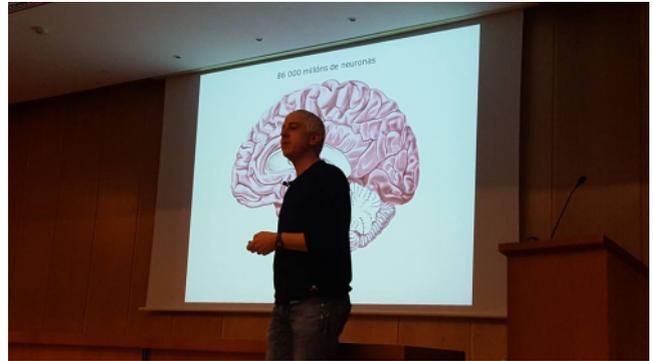


Figura 1. Fotografía de Xurxo Mariño

Ha publicado varios libros entre los que destacan “Neurociencia para Julia” (Laetoli, 2013) un viaje de exploración por la mente, y más recientemente “Terra” (Xerais, 2017), un libro de viajes alrededor del planeta Tierra convertido en una aventura de divulgación científica. Además, es un habitual de los foros de divulgación científica más conocidos de España y desarrolla con frecuencia actividades de divulgación como los “Discurshows” –mezcla de charla y teatro–, o “monólogos” de ciencia y tecnología incluidos en programas de radio y televisión. En su haber figuran varios premios de comunicación y divulgación de la ciencia.

En definitiva, en esta edición del patrono de la Facultad hemos podido disfrutar de una interesante y amena conferencia en la que Xurxo Mariño nos demostró que la ciencia interesa y puede llegar a mucha gente. ¡Gracias Xurxo!

Jesús Míguez
Decano da Facultade de Bioloxía

Concurso de fotografía

Fotos premiadas

Como tódos os anos dende 2003, os festexos de San alberte veñen marcados por un concurso apto para todos os membros da Uvigo. Neste concurso premiase a orixinalidade dunha instantánea tomada a procesos biolóxicos. Porque a observación da natureza, tal e como a vemos, é sen dúbida unha arte.

Así pois, o xurado decidiu premiar de entre todas as fotos presentadas as seguintes:

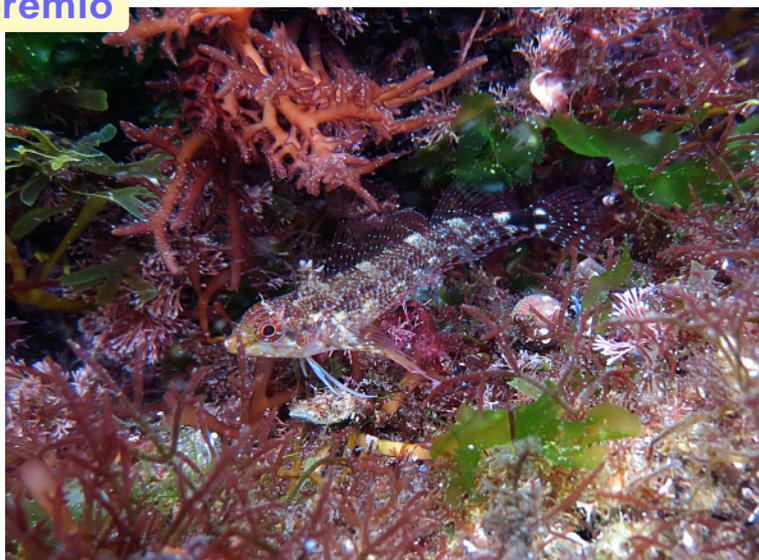
Manuel Ángel Pomba

Primeiro premio



Primeiro premio do concurso: "Últimos Rayos del Verano" de María Fuste Pol (alumna 3º de Grao en Ciencias do Mar)

Segundo premio



Segundo premio do concurso: "Camuflaxe" de Gabriela Lama Rodríguez (alumna Mestrado en Biotecnoloxía Avanzada)

Accésit I



Accésit do concurso: "Involución" de Nelson Reboveda (alumno do Mestrado en Enxeñaría de Telecomunicacións).

Accésit II



Accésit do concurso: "Una hoja con vistas" de Anxo Méndez Villar (alumno 4º curso Grao en Bioloxía).

Concurso de Debuxo Biolóxico

Debuxos premiados

Durante a festividade de San Alberte estase convertendo en tradición o concurso de Debuxo Biolóxico. Antes da aparición da fotografía era o método empregado para dar a coñecer a morfoloxía de todo o mundo biolóxico en guías e manuais de bioloxía. Este concurso pretende recuperar esa tradición, e vai por bo camiño xa que cada ano ten máis adeptos.

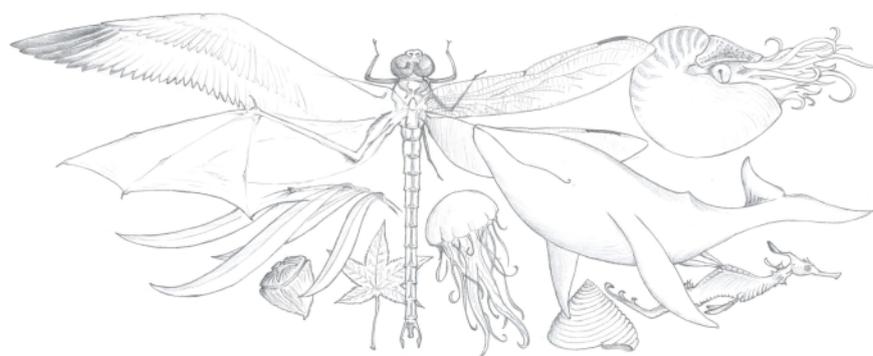
Así pois, a continuación móstranse os gañadores do III Concurso de Debuxo Biolóxico:

Primeiro premio



Primeiro premio do concurso: "Supervivencia" de Leticia Lage Mera (traballadora reprografía Ciencias)

Segundo premio



Segundo premio do concurso: "Gaia" de Jim Carbonel Raboceli (alumno Erasmus no Grao en Bioloxía)

Terceiro premio



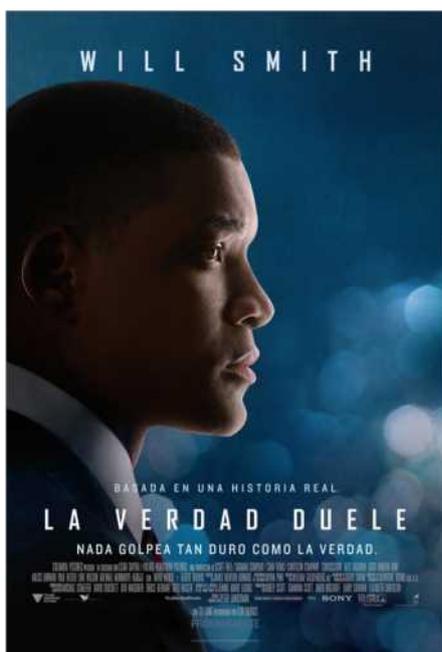
Terceiro premio do concurso: "Chu" de Andrea M^a Tajés Morenza (estudante do Grao en Bioloxía)

Delegación de Alumnos

ACTIVIDADES CULTURALES

“CINEFORUM DE BIOLOGÍA: PUNTO DE ENCUENTRO ENTRE LENGUAJE VISUAL Y EL APRENDIZAJE INTEGRAL ”

La 7ª edición de la actividad CINEFORUM DE BIOLOGÍA se celebró del 1 al 6 de marzo del 2017 e incluyó, como en ocasiones anteriores, cuatro películas con cuatro temáticas distintas:



Concussion (2015) distribuida en España como “La verdad duele” cuenta la historia del neuropatólogo Dr. B. Omalu que descubre y describe por primera vez la Encefalopatía Traumática Crónica (ETC), una neurodegeneración progresiva habitual de profesionales de fútbol americano, rugby o boxeo como resultado de la acumulación de pequeños traumatismos craneoencefálicos por los fuertes y frecuentes impactos habituales en estos deportes de contacto (Neurosurgery 57: 128 134 (2005); Neurosurgery 59: 1086 1093 (2006); Fig. 1).

La trama de la película, basada en hechos reales, permite analizar las características histopatológicas de esta enfermedad, acercar al alumno las técnicas neuroanatómicas clásicas y las inmunohistoquímicas como herramienta diagnóstica y mostrar todos los protocolos

desarrollados por el médico para poder determinar la causalidad de la patología y su publicación en una revista científica.

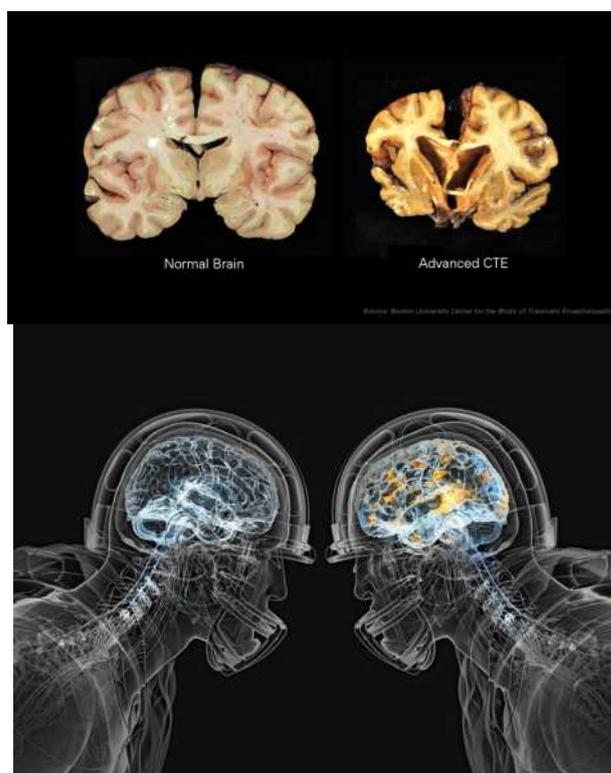


Figura 1. La encefalopatía traumática crónica (CTE) es una enfermedad neurodegenerativa, que se produce por la presencia repetitiva de lesiones cerebrales traumáticas muy habituales en los deportes de contacto.

Tras la proyección, el debate con el experto invitado permitió a los asistentes comprender el proceso que va desde el examen de los pacientes hasta la total aceptación de la diagnosis por la comunidad médica, así como percatarse de los intereses económicos/sociales que puedan surgir y/o dificultar la prevención de una enfermedad nerviosa degenerativa.



enfrentarse a situaciones nuevas utilizando recursos aprendidos, o robots tan conscientes de sí mismos que sean capaces de realizar comportamientos tan humanos como soñar, emocionarse, o distinguir entre el bien y el mal. Por ejemplo, a la hora de decidir a quién salvar cuando dos personas quedan atrapadas en un coche sumergido (Fig. 2). El hecho de que un robot “elija” a un individuo frente a otro condicionó la forma de pensar del protagonista, que como humano “elige sopesando sus valores morales”.



Figura 2. Fotograma extraído de la película para ilustrar el debate emocional en la decisión de elegir a quien salvar la vida cuando un coche se hunde en el agua con dos personas dentro y solo hay tiempo para sacar a una.

Yo, robot (2004) plantea una vida futurista (año 2035) en la que convivimos con robots: cocinan y limpian nuestras casas, transportan mercancías y nos protegen de cualquier daño. Nuestra confianza plena en estas máquinas “inteligentes” se basa en que siguen fielmente tres “leyes de la robótica”, un conjunto de normas ideadas por Isaac Asimov, que la mayoría de los robots de sus novelas y cuentos de ficción están diseñados para cumplir:

1. Un robot no hará daño a un ser humano o, por inacción, permitir que un ser humano sufra daño.
2. Un robot debe hacer o realizar las órdenes dadas por los seres humanos, excepto si estas órdenes entrasen en conflicto con la 1ª Ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia en la medida en que esta protección no entre en conflicto con la 1ª o la 2ª Ley.

La historia ofrece un excelente ejemplo para cuestionarse las implicaciones éticas que podrían tener una sociedad regida por la robótica y la inteligencia artificial.

El debate con el experto invitado permitió a los asistentes comprender lo lejos que estamos todavía de crear máquinas que sean capaces de



Confesiones de un banquero (2013) es un documental en el que el protagonista, Rainer Voss, un ex-alto ejecutivo de la banca alemana, reflexiona delante del público sobre como durante su vida laboral se sintió como un “verdadero amo del Universo” (Fig. 3). Nos ofrece una inquietante perspectiva de cómo los bancos gobiernan nuestras vidas, la facilidad con la que manipulan sus predicciones hasta el punto de poder llevar un país a la bancarrota.

El relato desvela un mundo paralelo de ingresos desorbitados, avaricia y presión despiadada, lo que limitó en gran medida su vida privada. El debate posterior con un experto en economía permitió desgranar el intrincado mundo financiero, donde el dinero no es el objeto central de este contexto, y de cómo se generan las crisis económicas, desde la más reciente que nos ha tocado vivir como las pasadas.

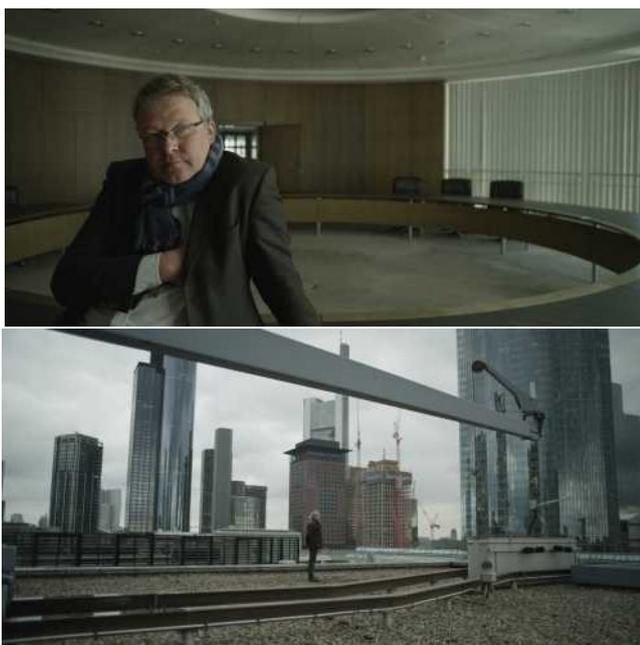
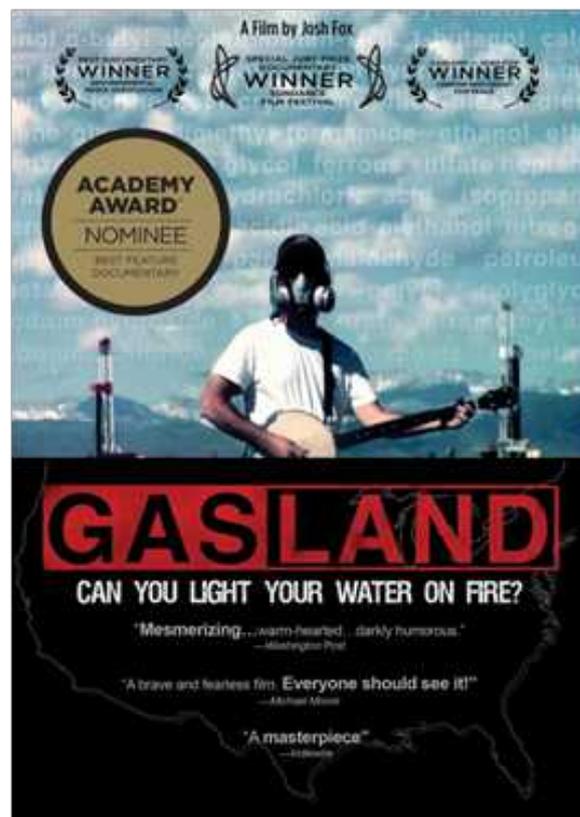


Figura 3. Fotogramas extraídos de la película mostrando al protagonista, un banquero alemán que explica delante de la cámara en qué consiste su vida y su trabajo, un mundo despiadado centrado en beneficios a toda costa y aislado del mundo real que los rodea.



Gasland (2013) es un documental estadounidense escrito y dirigido por Josh Fox. Describe un recorrido personal por varios territorios del estado para indagar sobre la técnica que emplean muchas empresas americanas para extraer gas natural, el “fracking o fracturación hidráulica”. El caso es que, lejos de ser una solución a la crisis energética, es una de las formas más agresivas y peligrosas de extracción de hidrocarburos. Primero se hace un pozo vertical hasta alcanzar la fuente de gas natural (normalmente una formación de esquisto a unos 2500 metros de profundidad). Luego se realizan una serie de perforaciones horizontales en la roca, que pueden extenderse varios kilómetros en varias direcciones y finalmente se inyecta una mezcla de agua, arena y más de 500 compuestos químicos a elevada presión que facilita la salida de los hidrocarburos de los poros de fractura. Debido a que la solución química inyectada se filtra en los acuíferos, lo que antes era agua potable ahora es inflamable (Fig. 4) y los arroyos cercanos también se contaminan con lo que los peces mueren y aquellos organismos que ingieran esta agua (incluido los humanos) desarrollan distintos tipos de enfermedades.



Figura 4. Fotograma extraído de la película para ilustrar como de grifos de los que debería salir agua, en cambio se podría encender fuego.

El fracking es una realidad en Estados Unidos pero se está extendiendo a Europa y su implantación siempre está rodeada de polémica. A principios de esta década cinco empresas hicieron su propuesta de obtener gas por fractura hidráulica en España y el gobierno central apoyó la iniciativa con la idea de rebajar nuestra dependencia exterior para obtener hidrocarburos. Sin embargo, el fuerte rechazo social y los bajos precios del gas han hecho fracasar esos planes, al menos de momento...

Finalmente destacar que, como en ediciones anteriores, los asistentes a esta edición del Cineforum se les ha ofrecido la posibilidad de participar en el concurso de carteles anunciado a través del blog de la actividad (cibernau.blogspot.com). El objetivo es realizar un diseño gráfico que debe aportar un mensaje, idea, opinión... sobre los temas debatidos en las películas proyectadas. En esta ocasión la

contribución ganadora fué la presentada por Antonio Serrano Hernández en la que ha integrado los temas centrales de las películas “Una verdad duele” y “Gasland” (Fig. 5).

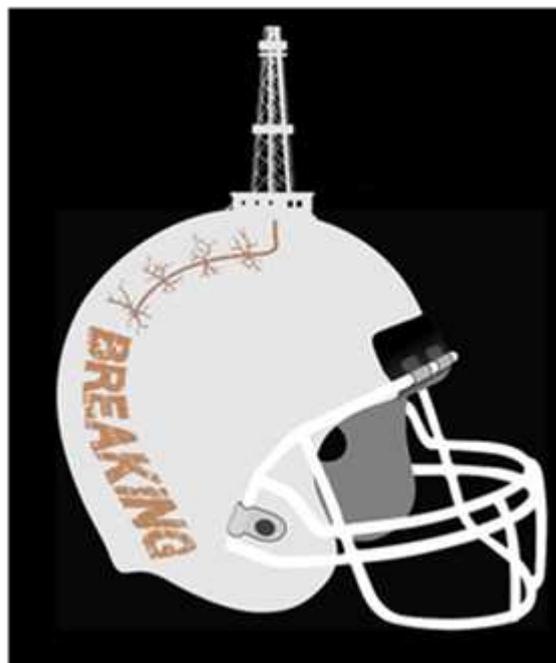


Figura 5. Contribución ganadora del concurso de carteles de la 7ª Edición del Cineforum de Biología (2017). Autor: Antonio Serrano Hernández.

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

Profesoras de la Facultad de Biología

A EXPERIENCIA DE "MYCOGALICIA" NO

Como se comentou no anterior número de Revbigo, o proxecto empresarial «MYCOGALICIA» naceu en 2016 coa idea de formar unha empresa que «promovera o desenvolvemento sostible no medio rural e no monte galego». En marzo de 2017 presentamos a solicitude para acceder á segunda fase dos premios para emprendedores da UVigo. Tratábase da II edición dos premios INCUVI Avanza, unha nova fase que comezara a desenvolverse no ano 2016, e á que só podían acceder os gañadores da primeira fase (INCUVI Emprende) no ano anterior.

Só se concedía unha praza en Vigo e outra en

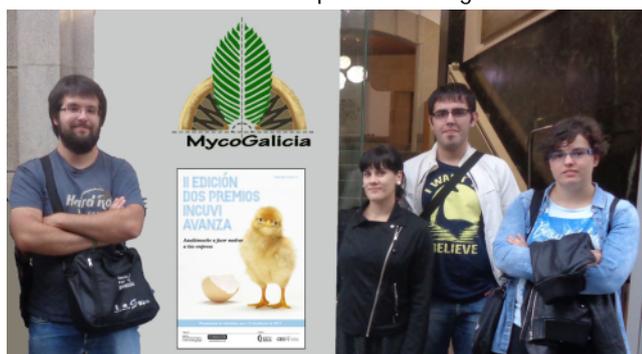


Figura 1. Compoñentes do grupo (Hugo, Paula, Andrés e María) co logo da empresa e o cartel da convocatoria.

Ourense, polo que só dous proxectos dos catro que se presentaban poderían continuar no programa INCUVI. Debido á calidade dos proxectos presentados, no mesmo día da entrega de premios comunicouse que se creara un accésit en cada modalidade. Para a candidatura de Vigo presentámonos tres grupos.

Dende o momento que falamos deste novo galardón, non presente nas edicións anteriores, tivemos bastante claro cal era o destino do noso proxecto. E non íamos desencamiñados, MYCOGALICIA obtivo o accésit da II edición dos premios INCUVI –Avanza.

A pesares de que o noso proxecto tiña un dos plans de negocio máis sólidos, tras a entrega de

premios díxéronnos que ao non ser unha empresa de crecemento rápido coma a outra que fora ben valorada, decantou a balanza na selección do gañador, xa que os programas INCUVI e, sobre todo, INCUVI Avanza van orientados a proxectos nos que os inversores poidan recuperar rapidamente as súas inversións nos proxectos. A rendibilidade económica de «MYCOGALICIA» está prevista a máis longo prazo e “ten moito que ver” con I+D+i, polo que debería avanzar por outros roteiros.

Por outra banda, a nosa intención, dada xa a coñecer, de transformar «MYCOGALICIA» nunha spin off da Universidade de Vigo, non collía nos plans do comité de selección. Na súa opinión, o noso proxecto non cadraba cos beneficios dos que se dota este premio e aconselláronos tentar seguir outra vía pola nosa conta sen apoio directo do INCUVI.

En maio, como os gañadores decidiran rexeitar o premio, fomos invitados para aceptar nós o galardón; pero non se adecuaba antes con nós, consideramos que agora tampouco, así que continuamos co accésit e a preparación da solicitude da spinn off. Ademais, o local ofertado, asociado ao primeiro premio, estaba fora de Vigo (Nigrán) e unha das cláusulas do contrato obrigaba a que parte dos gastos serían asumidos polos emprendedores.

En realidade, o que máis nos importaba era a formación que podían proporcionarnos, coma a que no ano anterior nos impartira BLUBBUSINESS, pero os formadores desta parte do programa non eran os mesmos, senón alguén especializado en asesorar e formar a empresas “aceleradoras” de proxectos.

Todo isto non parecía moi interesante para MYCOGALICIA e tampouco se manifestou demasiado interese, por parte do equipo formador, en valorar o tipo de formación que poderíamos necesitar. En definitiva, o noso paso polo INCUVI Avanza, foi un tanto agridoce, pero o feito de estar no INCUVI Emprende e aspirar a

chegar ao INCUVI Avanza permitiunos traballar e pulir moito máis a nosa idea de traballo, e dende logo, agradecemos moito o recoñecemento recibido no programa.

En definitiva, o premio do certame pareceu non

adaptarse a nós, e acabamos cunha sensación de falta de xestión axeitada e interese por parte da organización para proxectos deste tipo. Unha mágoa, xa que tivemos unha moi boa experiencia no programa INCUVI Emprende

Cabaleiro, M., Cordero, A., Estévez, P., Fernández Ricón, H.

info@mycogalicia.es



ACTO DE GRADUACIÓN 22 de junio de 2017

QUINTA PROMOCIÓN DEL GRADO EN BIOLOGÍA

Discurso de Nuria Pedrol Bonjoch

Madrina de la promoción

Buenas tardes Sr. Rector, Sr. Decano, miembros del Equipo Decanal, Sr. Decano del Colegio Oficial de Biólogos de Galicia, Padrino, Profesores.

Encantada de saludarles, familias.

V Promoción de Grado en Biología, GRACIAS.

GRACIAS es la primera palabra que me sale en este pequeño homenaje para vosotros. Es muy bueno ser madrina de ésta vuestra V Promoción, pero es todavía mejor ser un poco madrina de todos y cada uno de vosotros.

La segunda palabra que me sugiere pensar en vosotros es DIVERSIDAD. Es vuestra fuerza. Os he visto, en grupo e individualmente, mostrando y compartiendo vuestros talentos. Muchos y muy distintos, complementarios y únicos, como las piezas de un puzle.

Sois una promoción nueva, fresca, alegre, singular. Habéis traído ruido, y a la vez calma. Bullicio en el trabajo frenético cotidiano, interacción en el curso y entre cursos, resurgir de la Delegación de Alumnos, de la actividad cultural, social, divulgativa... política en fin.

He disfrutado observando grupos muy heterogéneos pasándolo en grande, construyendo esa armonía y estabilidad que sólo es posible con DIVERSIDAD.

Hace tiempo me unió a vosotros un seminario, sesudo y profundo, difícil de roer... y ahí crecimos juntos en el descubrimiento, y aprendí mucho, mucho de todos vosotros. Y qué bien lo pasamos, qué buen feeling! GRACIAS de nuevo también por hacerme disfrutar de mi profesión, que es también mi vocación.

Últimamente, en el Congreso de Proyectos y en los Trabajos de Fin de Grado me habéis dejado literalmente pegada al asiento, orgullosa y admirada de vuestra preparación, de lo que sois capaces de hacer trabajando en grupo y del talento de cada uno. Un nivel muy, muy alto.

Como profesora vuestra os digo que me habéis superado, y eso es lo mejor que le puede pasar a un maestro.

Como madrina vuestra, que es lo que me toca ahora, os digo que me habéis emocionado.

Emoción, del latín emotio quiere decir “mover desde un punto a otro lugar, hacia adelante”, “sacar a uno de su estado habitual”. Eso es lo que habéis hecho. Y quizás por eso es que estoy aquí hoy.

Ahora, pensad un momento. Todo lo que sois ahora, ¿de dónde viene?

De vuestros padres, de vuestras familias... y de vuestros abuelos. Qué importantes sois, abuelos. Como madre os doy las gracias: sois el sustento cariñoso y logístico de la sociedad que nos toca vivir. Nunca seréis suficientemente reconocidos.

Lo que habéis logrado en esta vuestra segunda casa viene de vuestro esfuerzo, pero también del trabajo cotidiano e imprescindible de mucha gente en la Universidad: PAS, profesores, Equipo Decanal, del Equipo de Gobierno. Nuestros logros dependen también de todos ellos. Sed siempre AGRADECIDOS y respetuosos con la gente que trabaja a vuestro alrededor. Recordad siempre que las cosas funcionan porque hay gente que se preocupa por ellas.

Del reconocimiento y el agradecimiento me viene también a la cabeza otra palabra: EMPATÍA. Ésta también la he visto en vosotros. Seguid siempre siendo capaces de poneros en el lugar del otro, para llegar a comprender sus decisiones, aunque sean equivocadas. Adelantaos a sus necesidades. Y en la medida en que seáis empáticos recibiréis comprensión. Y esa es la única manera de funcionar.

Mi consejo y mi deseo para vosotros en este día es que disfrutéis cada momento de la vida. Sed conscientes del regalo que es estar vivos y de

vuestra suerte.

SED FELICES, allá donde estéis, siendo vosotros mismos. Y si no lo sois, seguid buscando hasta encontrar vuestro sitio. El sitio donde desarrolléis cada legítima rareza que os hace únicos y necesarios, y donde podáis servir y hacer felices a otros.

Isabella Rossellini hija, en una entrevista, al ser comparada con su madre, dijo “no estamos en el mundo para ser iguales a nadie ni competir con nadie, sino para festejar nuestra diferencia, nuestra diversidad como seres humanos” (http://elpais.com/elpais/2015/06/08/opinion/1433781856_502776.html)

Alimentad esa diversidad que os caracteriza, aprended siempre para que vuestros talentos crezcan y brillen, para regalárselos a los demás.

Por favor, SED FELICES. Es vuestro derecho.

Además, os lo merecéis.

GRACIAS

Raparigos, Esperanza no futuro e boa viaxe pola vida!

Nuria Pedrol

Discurso de Emilio Rolán Mosquera

Padrino de la promoción

!Hola a todos!

Aquí estoy en un acto académico desacostumbrado para mí: ¡Soy padrino de una Promoción de Biólogos de la Universidad de Vigo! Lo de padrino me sonaba a bautizo y a boda, por eso me fui a buscar sinónimos y significados en el diccionario, y llegué a la conclusión de que: Padrinazgo, apadrinamiento, patrocinio, tratan siempre de algún tipo de protección (no hay que olvidar que la palabra deriva de "padre").

En resumen, consideraros bajo la protección de vuestros padrinos a los que podréis recurrir en el futuro cuando lo creáis preciso, aunque estáis en el mejor momento de vuestras vidas: jóvenes, con

los estudios terminados, con la ilusión de una nueva profesión, con formación adecuada para ejercerla, en fin: estáis en lo mejor de lo mejor.

Con todo esto mantengo mi ofrecimiento y creo que he cumplido con mi padrinazgo hasta este momento. Espero que en el futuro os vaya bien y, si lo precisáis, os invito a que acudáis a mí y en lo que pueda os ayudaré, como buen padrino que espero ser.

Gracias.

Emilio Rolán

Discurso de los alumnos

Representantes de la promoción 2013-17

Buenas tardes a todos. Antes de nada, nos gustaría mencionar que es un verdadero placer para nosotros dar voz a nuestros compañeros en este día tan importante, en el que todos nosotros, alumnos pertenecientes a la promoción 2013-2017 del Grado de Biología, nos graduamos.

Y por dónde empezar... Es difícil resumir estos 4 años y todo lo que han significado para nosotros en tan sólo 10 minutos de discurso. Si echamos la vista atrás, hacia nuestro primer día aquí, nos veríamos en esta misma sala, tal vez con los mismos nervios, pero con un fin totalmente distinto: aquel día comenzábamos nuestra andadura en la universidad, mientras que hoy ponemos punto y final a lo que ha resultado ser un camino lleno de vivencias y experiencia que nos ha formado como profesionales pero, sobre todo, como personas. Un camino en ocasiones duro según qué asignaturas nos saliesen al paso sí, todos estáis pensando en nuestras amigas Ecología I o Microbiología II, pero que ha valido la pena, al fin y al cabo.

¿A quién no le han hecho algún comentario

jocosos cuando hemos dicho que queríamos dedicarnos a la Biología? "Anda, como Ana Obregón" ¿Cuántas veces no hemos escuchado eso de que la biología no tiene salida? Yo no estoy de acuerdo..., bueno, al menos fuera de España. El mundo está lleno de oportunidades, así que solo tenemos que ser valientes e ir a por ellas. En estos cuatro años nos hemos estado preparando para hacer frente a cualquier cosa que se nos pusiese por delante. Biología es una de las carreras más bonitas que hay, en la que se aprenden infinidad de cosas. De hecho, no sólo trata de plantitas y animalitos, sino también del diagnóstico de enfermedades, la preservación del medio ambiente o la producción de medicamentos y mejora genética de alimentos.

Durante todos estos años hemos acumulado numerosas vivencias, momentos, recuerdos inolvidables tanto en la propia facultad como fuera de ella, vivencias que nos acompañarán siempre y que, cuando echemos la vista atrás, nos harán sonreír por todo lo bueno que nos han aportado.

Todos estos momentos han derivado, en muchos casos, en la forja de grandes amistades que todavía continúan actualmente, incluso en algún caso, algo más que amistad. Sin embargo, a partir de hoy, muchos nos vamos a separar y a tomar caminos diferentes que, probablemente, nos impidan volver a vernos con la frecuencia con la que veníamos haciéndolo hasta ahora. En algunos casos, esta bifurcación ya ha comenzado en el primer año. No queremos dejar de hacer mención a aquellos que abandonaron el grado a las primeras de cambio pero que siguen estando ahí a pesar de la distancia.

Pensemos en todo lo que hemos vivido juntos: las clases, algunas más entretenidas que otras, las interminables prácticas, las comidas y las largas sobremesas en la cafetería jugando a las cartas, las trepidantes salidas de campo... Es cierto que no todo ha sido estudiar, pero también hemos trabajado duro para llegar aquí, para poder decir con orgullo que somos biólogos, algunos, otros casi.

Pero bueno, hayamos terminado o no este año, hoy aquí somos todos protagonistas, aunque no hemos llegado hasta aquí solos... hay muchas personas que nos han ayudado por el camino, empezando por el personal de la cafetería: sin esos cafés hechos con tanto cariño habría sido mucho más difícil estudiar o ir a clase, así que muchas gracias.

También queremos agradecer a nuestros profesores su dedicación, y es que muchas veces, nos gustan las asignaturas por ellos, y no tanto por lo que se imparte, y viceversa. Hay profesores a los que les debemos mucho, el ilusionarnos, apoyarnos y ayudarnos para que nuestro camino a la cima fuese mucho más llevadero. Gracias por aplazarnos trabajos, cambiarnos exámenes y resolver nuestras mil y una dudas. Especialmente, gracias a esos profesores que dedican parte de su tiempo en ayudarnos más allá del ámbito académico, y se preocupan para que no solo aprobemos, sino que aprendamos, que es lo realmente importante.

Y por supuesto, y los hemos dejado para el final no por ser los menos importantes, sino todo lo contrario, queremos dar las gracias a nuestros seres queridos, familiares y amigos. Gracias de corazón, porque sois el pilar más importante de nuestras vidas, quienes siempre nos apoyáis pase lo que pase. Sois esa constante que nunca nos falla. Vosotros habéis hecho posible que estemos hoy aquí graduándonos, así que por todo eso y mucho más, gracias.

Como ya ha comentado mi compañero, estos 4 años dan para mucho, y nos hemos convertido en una gran familia. Vosotros hacéis que ir a clases, a prácticas o incluso a la biblioteca sea divertido. Las amistades que hemos forjado aquí nos acompañarán toda la vida. Y es que esto no es un adiós definitivo, sino un "hasta pronto". Porque, después de todo lo que hemos pasado juntos, la distancia y el tiempo podrán implicar un cambio, pero no una pérdida.

La universidad ha sido y será una de las mejores etapas de nuestras vidas, y siempre la recordaremos con cariño. Biología nos ha aportado muchas cosas, una de las más importantes, además de los amigos que hemos hecho, es el conocimiento que hemos adquirido en estos años. Este conocimiento nos enriquece como personas, nos ayuda a ser más críticos y a ver el mundo desde otra perspectiva.

Y es que ahora es cuando toca salir al mundo y buscar nuestro propio camino. Decidir qué hacer es difícil, y llevarlo a cabo aún más. Cada uno tiene sus circunstancias, y estas no van a cambiar, pero siempre podemos escoger nuestra actitud ante la vida. Y podemos cada día intentar ser una mejor versión de nosotros mismos. Os animo a que luchéis por vuestros sueños por muy difíciles que estos os parezcan, ya que la recompensa de conseguirlos supera con creces el esfuerzo necesario para llegar a ellos.

Y ya para terminar, quiero deciros que sois todos increíbles, enhorabuena por haber llegado hasta aquí, os deseamos la mejor de las suertes en el futuro.

EVALUATION OF ANTIOXIDANT CAPACITY IN SEVERAL COMMERCIAL VARIETIES OF DATE PALM (*Phoenix dactylifera* L.) FRUITS

Latrach, S.¹; Verde Rodríguez, A.²

e-mail: averde@uvigo.es

¹Alumna Grado en Biología

(Erasmus Mundus)

²Alumna Máster en Biotecnología

Avanzada

Tutores:

- Mercedes Gallardo Medina*

- Jesús M. Míguez Miramontes**

Departamento de Biología Vegetal y

Ciencias del Suelo

Facultad de Biología

Universidad de Vigo

Abstract

Dates (*Phoenix dactylifera*, L.) are well recognized as nutrient-rich fruits and also to possess antioxidant properties. The aim of the present work was to study the antioxidant activity (phenolic and flavonoids content, total antioxidant capacity) of six commercial varieties of date palm fruits commercially available in local markets of Vigo (Spain), and to compare it with the levels described in literature for dates obtained directly from producer countries. Results showed that commercial dates are antioxidant-rich fruits since their high content in acid phenolic and flavonoids compounds, which showed values similar to those reported for dates obtained directly in the origin countries. This suggests that antioxidant properties of dates are preserved after fruit industrial processing and commercial distribution.

Introduction

Social and economic importance of dates

Date palms (*Phoenix dactylifera* L.) are considered as one of the oldest fruit crops, which have been cultivated since ancient times in North Africa and the Middle East for at least 5000 years. Date has a long history and a wide distribution that makes difficult to know the exact origin of its cultivation, but it most likely originated from the ancient Mesopotamia (southern Iraq) or western India (Zohary and Hopf, 2000). From its center of origin, date cultivation spread throughout the Arabian Peninsula, North Africa, and the Middle East. The spread of date cultivation later accompanied the expansion of Islam and reached southern Spain and Pakistan. The Spanish were the first to introduce date palms outside of the ancient countries, carrying them to America (Nixon, 1951). Date palm cultivation had a fundamental importance in the history of the Middle East and the north of Africa. Without dates, no large human population could have been supported in the desert regions.

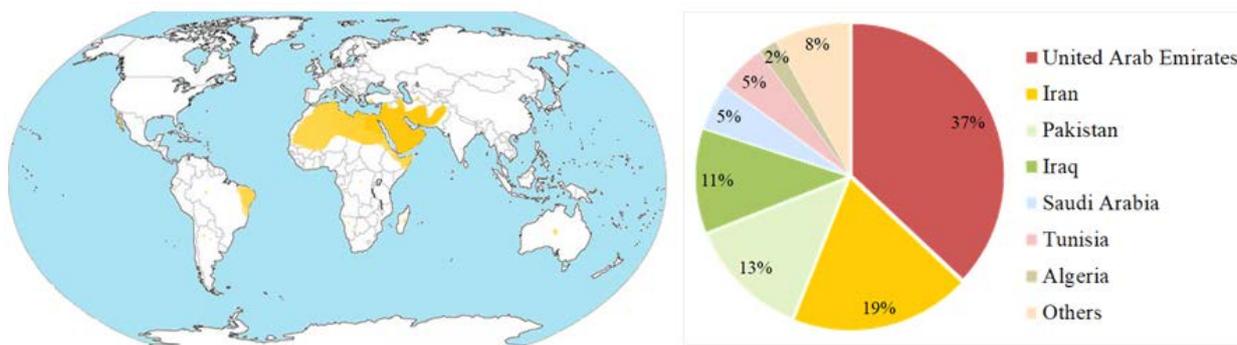


Figure 1. Geographical distribution of date palm in the world (left) and export market (1998-2000) share by region (right). Data obtained from FAO (2002).

Dates are a popular diet complement in many countries in which they are cultivated since its high nutritional value and eligible fruit (Odeh *et al.* 2014). Dates are also a main income source since their important role in agri-food industry that needs to cover the feeding of citizens who includes commonly dates in the diet, but also due to the high product value, which is exported to many countries in the world (FAO, 2002). Figure 1 shows clearly that Middle East and North African countries dominates the export market by far in terms of volume. A further analyses show that North Africa has 26 percent of the market in terms of value, while it represents only 8 percent in terms of quantity. This is a clear reflection of North Africa's strategy to target the high value markets of Europe. Higher export prices are achieved by Israel, Tunisia, United States and Algeria, which have developed a specific production strategy by growing dates varieties of higher quality based on texture, flavor and color.

Depending on the stage of maturity, dates can either be classified as a fruit, comparable to any other fruit consumed between meals or, alternatively, as a food source as part of the daily meal, in particular in the rural areas of the date producing countries. In recent times, there has been a renewed interest in the date as a food source, not necessarily as a staple food, but rather as a component in food preparations like sweets, confectionery, condiments, baking products and health foods (FAO, 1993).

In addition to the nutritional benefits, date fruits have been related to various biological effects including antimutagenic anti-inflammatory, anticancer, antimicrobial and immunostimulant properties mainly due to the high value of antioxidants (Odeh *et al.* 2014).

Date varieties

The date palm accounts for more than 3000 varieties found around the globe. There are about 244 in Morocco, 250 in Tunisia, 370 in Iraq, 400 in Iran, and many additional varieties in the other major date growing countries (Devanand and Chao, 2003; Sedra, 2011). The following are some of the most commonly grown dates:

- **Deglet Nour:** Nour' dates (dates of light in Arabic) are the most widely grown dates in North Africa and the United States. It is amber-colored with a delicate flavor, although not as sweet or moist as other varieties such as the 'Medjoul' date. In addition, 'Deglet Nour' dates are relatively smaller than 'Medjoul' dates. It has firm flesh and a color range from light red to amber.
- **Allighes:** is one of the abundant varieties of Tunisian palms. It has an elongated shape, and a particular delicious taste while looking soft. It is dark with a semi soft quality.
- **Medjbouda:** The Medjbouda dates are a common variety from Tunisia. Their shape is elongated with a jelly brown color. They are medium sized relatively to other dates. Moreover, they have a hard texture and a very sweaty flavor.
- **Kenta:** Kenta variety is originally from Tunisia. It has a light golden color and an attractive aspect, this variety has an early maturity. It is less sweet than the other varieties and has a semi-dry texture.
- **Khadrawy:** Khadrawy dates are medium sweet dates with a dark mahogany color. They have a very soft caramel-like texture that is often compared to the consistency of pudding and sweet flavor. They are similar to the Halawi dates and both are from Palestine.
- **Medjoul:** the 'Medjoul' variety (meaning unknown) is originally from Morocco but largely spread around the world. It is of high commercial value and is considered to be one of the best exported dates with regard to its fruit quality and size in comparison with other varieties. The fruits are considerably large and elongated (5 cm long; 3.2 cm diameter), weighting 20-40 g. At maturity, 'Med-joul' fruit color is related to the climate and growing conditions but most commonly are of yellow-orange color.
- **Halawi dates:** These soft dates are thick-fleshed, caramel-like texture, and sweet. Their appearance is wrinkled and the skin ranges from yellow to amber.
- **Barhi:** Named for the hot Arabic winds called "Barh," these dates are medium-sized, thin-

skinned fruit with soft, tender flesh and a syrupy flavor.

- **Thoory:** This is a dry date with firm skin and chewy flesh.
- **Zahidi:** The Zahidi, a semisoft date, is called "Nobility." It has a large seed and crunchy fibrous flesh, and is often processed for sliced dates and date sugar products.
- **Ajwah dates:** Ajwah dates are among the most popular dates in North African and Arabian countries today, since they are a delightfully soft variety with fine texture and sweetness.

Nutritional composition of date fruits

Date fruits are important in human nutrition because of their rich content of essential nutrients, which include carbohydrates, salts and minerals, dietary fiber, vitamins, fatty acids, amino acids and protein. The nutritional value of dates is due to their high sugar content, which is around 50%-75% of dry weight and based mostly of inverted form (glucose and fructose). Fresh varieties contains higher amount of inverted sugars, the semi dried varieties have equal amount of inverted sugars and sucrose, while dried varieties have higher sucrose levels (Nehdi *et al.* 2010; Baliga *et al.* 2011). In addition, dates are fruits rich in mineral elements such as potassium (2.5 times more than bananas), calcium, magnesium and iron, as well as vitamins such as tiamine (vitamin B1), riboflavin (vitamin B2), and niacin (vitamin B3), and also ascorbic acid (vitamin C), pyridoxine (vitamin B6) and folic acid. It contains also bioactive components such as anthocyanins, phenols, carotenoids, and flavonoids, which protect against oxidative stress (Allaith, 2008). Water content of dates is between 7% (dried) and 79% (fresh) depending on variety, cultivar and ripening stage. Dates also represent a good source of vegetable fiber (Borchani *et al.* 2010; Hasnaoui *et al.* 2011).

Dried dates can easily be stored and preserved because of their naturally high sugar content, which change according to the varieties of date fruit and to differences in cultivar, harvest/postharvest factors and growing environment (temperature, humidity), but especially to the maturation stages, which are usually described by the Arabic terms kimri, khalal, rutab and tamer. Many physical changes of date fruit at these stages have been reported (Allaith, 2003), including changes in size and weight, color, texture, astringency and sweetness. The total sugar concentration usually increases from the kimri stage to the tamer stage. As example, Ahmed *et al.* (1995) reported that the total sugar concentration at the kimri stage varied from 3.4% to 7.7%, while that at the tamer stage varied from 44.3 to 64.1%.

Health benefits of dates: An antioxidant-rich fruit

In addition to their significance as an ideal high-energy food, dates are believed to have many medicinal properties. As a consequence, they are used against a number of ailments and pains including fever, stomach disorders, memory disturbances, nervous disorders, as well as to improve the immunity. They are also considered to protect against many chronic diseases including cancer and heart diseases (Duke, 1982), as they have been shown to contain antioxidant and antimutagenic properties (Vayalil, 2002; Al-Farsi *et al.* 2005; Allaith, 2008).

Antioxidant activity of date fruit has been reported by many investigators (Al-Farsi *et al.* 2005; Amoros *et al.* 2009; Al-Turki *et al.* 2010). Date fruit extract can inhibit protein oxidation as well as neutralize superoxide and hydroxyl radicals. The antioxidant activity is attributed to phytochemical compounds of dates such as phenolic acids, sterols, carotenoids, flavonoids, anthocyanins, etc., as well as the mineral selenium (Abdul Ameer, 2008; Yeh *et al.* 2009). The content of these constituents varies with the fruit variety, the stage of fruit picking, soil conditions and location, with the phytochemicals also contributing to nutritional and organoleptic properties of dates (Abdul Ameer, 2008). Since environmental factors are affecting the antioxidant properties of dates, many studies have been developed in relation with the antioxidant activities of fruits grown in most of the producer countries, including North Africa (Mohamed *et al.* 2014; El Sohaimy *et al.* 2015), Middle East (Saleh *et al.* 2011; Odeh *et al.* 2014), and the United States (Al-Jasass *et al.* 2015), which also reported the nutritional aspects of date fruits from each geographic location.

The presence of polyphenols and flavonoids in fruit and vegetables usually receive a considerable interest to scientists. These compounds have highly demonstrated antioxidant capacity to act as free radical scavengers and inhibitors of low density lipoproteins, cholesterol oxidation and DNA breakage (Al-Turki et al. 2010). As compared to other fruits, dates can be considered a good source of phenols (Vayalil, 2002; Guo et al. 2003). Thus, Guo *et al.* (2003) reported that dates had the second-highest antioxidant value out of 28 fruits commonly consumed in China, whereas Al-Farsi *et al.* (2005) reported the average contents of total phenolic in fresh and dried dates showing that it was significantly higher in sun-dried dates than in fresh dates. Fresh date Tunisian varieties were also found to be a good source of flavonoids (Chaira et al. 2009), and Hong *et al.* (2006) identified near to 130 flavonoid compounds in date fruit at the khalal stage, whereas Biglari *et al.* (2008) reported that the flavonoid concentration in Iranian date fruit varied according to maturity stages.

Despite the large amount of information available on the antioxidant properties and phenolic compounds of dates from various countries, information regarding the antioxidant potential of commercialized dates commonly found in the European markets is scarce. Many of these fruits do remain for several weeks or months before available for consumers, and even nutritional properties are preserved other functional activities would need to be confirmed to ensure plenty their benefits for human uses. The objective of the present study was to characterize the antioxidant properties of several varieties of date palm fruits that are commercially available in the local markets of Vigo (Spain).

Material and methods

Date palm material

Fruits of six date palm cultivars were obtained from a local supermarket during the months of February and March 2016. Fruits investigated in this study were of the following varieties (cultivar origin is indicated in brackets; (Figure 2): Deglet Nour (Tunisia), Allighes (Tunisia), Medjbouda (Tunisia), Kenta (Tunisia), Khadrawy (Palestine) and Medjoul (Palestine). Sensorial inspection (visual, taste) of fruits suggested that they were collected in a similar maturity stage, although no specific data were available with exception of the market product labelling. Once in the laboratory, date samples (1.0 Kg each variety) were stored at -26 °C for later analysis.

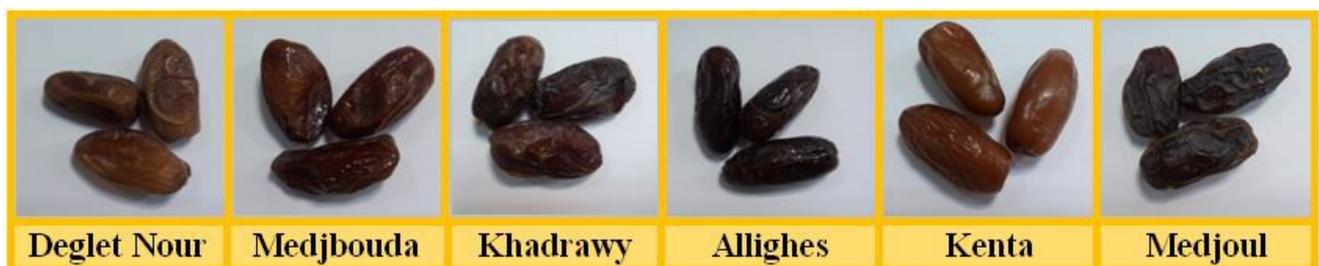


Figure 2. Commercial dates used in this study.

Preparation of date fruit extract

For each extraction, several date palms for each variety were used and four replicates were carried out in parallel during the process. The edible part of date fruits (100 g) was crushed and ground for 5 min using a pestle and mortar. The date palm was then extracted with 300 mL of methanol/water (4:1, v/v) at room temperature for 5 hours using a stirrer. The extracts were then filtered through four layers of cheesecloth and the resulting filtrate was concentrated under reduced pressure at 45°C for 3 hours using a rotary evaporator to obtain the date palm methanol crude extract. The crude extract was kept in dark glass tubes at -26°C until used for analysis.

Antioxidant content of date fruits. Total phenolic and flavonoid content

The total phenolic content was quantified for each date extract according to the method described by Singleton *et al.* (1999) using the Folin–Ciocalteu reagent and gallic acid as a reference standard. Aliquots of 100 μ L of each sample prediluted 1/50 or gallic acid standard were tested in quadruplicate, and 0.5 mL of Folin-Ciocalteu reagent (prediluted 10-fold with distilled water) was added to each tube. The tubes were maintained at room temperature for 5 min, afterward, 1.4 mL of 7.5% sodium carbonate (Na_2CO_3) was added and mixed well; then, the samples were incubated for 60 min. The absorbance was measured at 765 nm. The standard curve was prepared with aqueous solutions of known gallic acid concentrations. The method was found to be linear from 2-10 μ g/mL with a correlation coefficient r^2 of 0.9968 for the plot of absorbance vs. concentration of gallic acid. Results were expressed as milligram gallic acid equivalents (GAE)/g sample.

The determination of total flavonoids was performed according to the colorimetric assay of Kim *et al.* (2003). Distilled water (4 mL) was added to 1 mL of date palm fruit extract prediluted 1/10 in a test tube. Then, 0.3 mL of 5% sodium nitrite solution was added. The tubes were maintained at room temperature for 5 min, afterward 0.3 mL of 10% aluminum chloride solution was added. Test tubes were incubated at ambient temperature for 6 min, and then 2 mL of 1 M sodium hydroxide were added to the mixture. Immediately, the volume of reaction mixture was made to 10 mL with distilled water. The mixture was thoroughly mixed using test tube shaker and the absorbance of the pink color developed was determined at 510 nm. The standard curve was prepared with aqueous solutions of known catechin concentrations in the range of 10 - 100 μ g/mL (r^2 of 0.9969) and was used for calibration. The results were expressed as mg catechin equivalents (CEQ)/g sample.

Antioxidant capacity by DPPH

DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate) free radical method is an antioxidant assay based on electron-transfer that produces a violet solution in ethanol. This free radical, stable at room temperature, is reduced in the presence of an antioxidant molecule, giving rise to colorless ethanol solution. The free radical scavenging activity of the date extract was carried out following the methods of Brand-Williams *et al.* (1995). The stock solution DPPH (24 mg DPPH/100mL methanol) was diluted with methanol to obtain an absorbance of 1.1 at 515 nm. Aliquots of 0.6 mL of the sample extracts, blank (methanol), or Trolox solution as standard was allowed to react with 3 mL of the DPPH working solution for 20 min under dark conditions. Then, the absorbance was read at 515 nm. The standard curve was prepared using Trolox as standard (concentrations in the range of 0-200 μ M; r^2 of 0.9947) versus radical scavenging activity and the results were expressed in terms of micromole Trolox Equivalence (TE)/g sample.

Statistics

Data are expressed as mean \pm standard error of mean (S.E.M.). The data were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Student-Newman-Keuls multiple comparison test. Differences between means were defined as significant when P value was lesser than 5% ($p < 0.05$). Statistical was performed with Sigma Stat v11.0.

Results and discussion

Dates are well recognized as nutrient-rich fruits and by their sweet, succulent and exotic flavor. Dates have been also shown to possess strong antioxidant activity since their content on phenolic and flavonoid compounds, which are active in neutralization of free radicals and decomposition of peroxides (Guo *et al.* 2003). The characterization of date fruit for antioxi-dant properties can expand their demand since consumers are increasingly looking for healthy food.

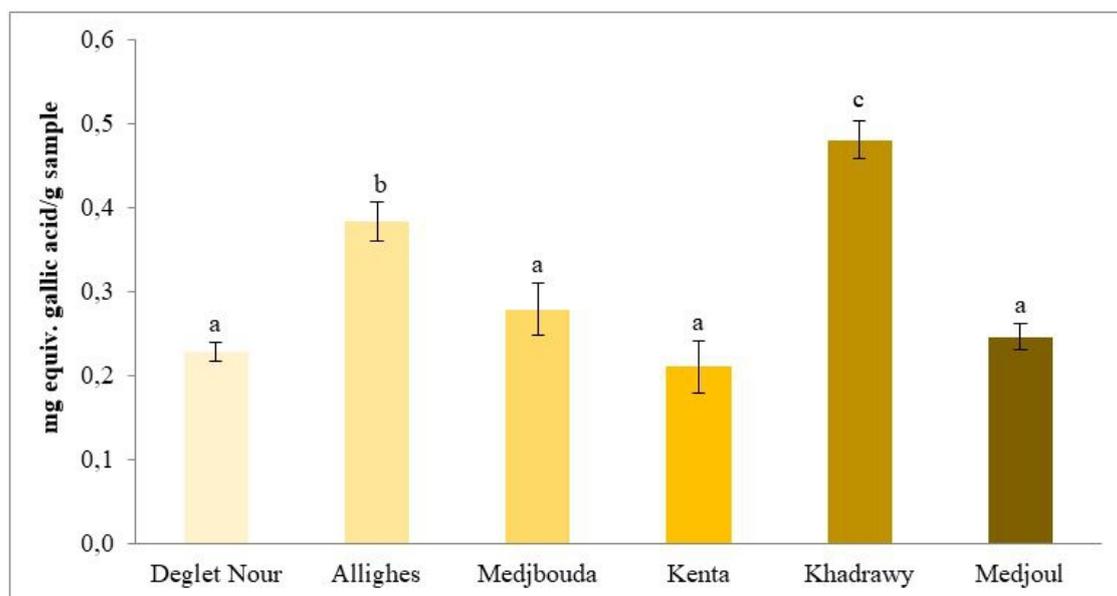


Figure 3. Total phenolic content (mg GAE/g sample) of the different date palm varieties studied. Values are means \pm SEM of four samples analyzed. Statistics: Different letters mean significant differences among the respective groups ($p < 0.05$).

The quality of dates available for consumers begins from the orchard and ends at the consumer table. Soft dates picked on the tree are still moist and fresh, and at this point they are named as tamar. In the season of tamar harvest some industries receive the fruits in amounts that exceed the markets immediate capacity. Thus, most tamar dates are stored and released into the market according to demand. Since quality parameters are affected by storage and distribution, it is important to understand the effect of such storage conditions on the different characteristics of the date fruit (Ismail *et al.* 2008). To our knowledge, most studies about date properties were carried out on cultivars obtained directly in the producer countries, and only very few ones focused on market available dates coming from foreign countries (Al Jasass *et al.* 2015).

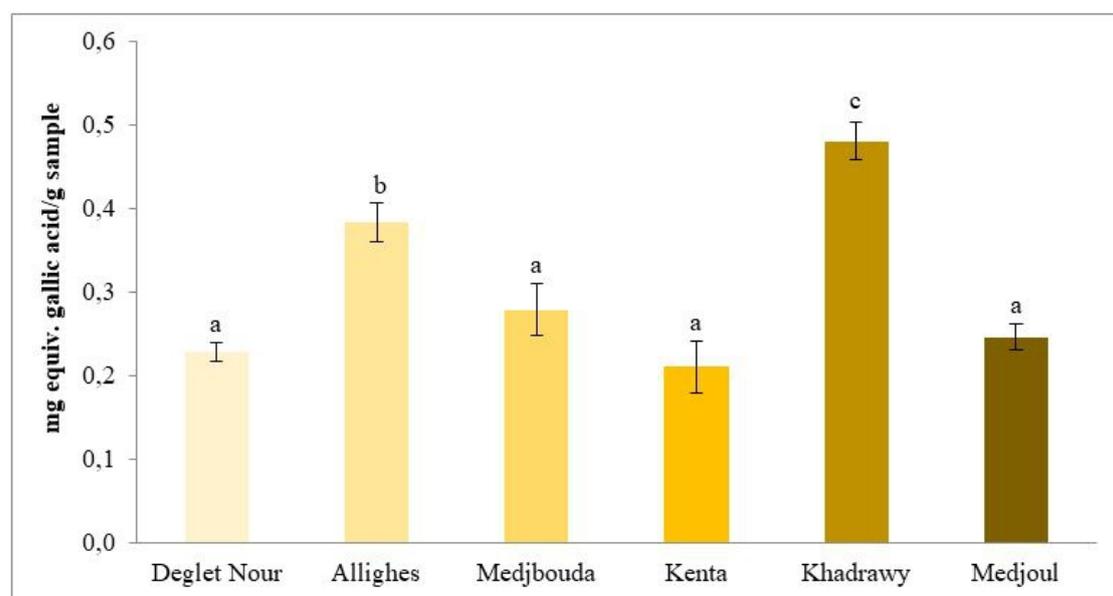


Figure 4. Antioxidant capacity by DPPH ($\mu\text{M TE/g sample}$) of the different date palm varieties included in the study. Values are means \pm SEM of four assayed samples. Statistics: Different letters mean significant differences among the respective groups ($p < 0.05$).

In the present study we measured the total antioxidant capacity, and phenolic and flavonoid content in six date palm varieties commercially available in the supermarkets of Vigo (Spain), four of these varieties were coming from Tunisia and the other two from Palestine. Regarding phenolic and flavonoid content, we measured levels from 200 mg GAE/g weight to 450 mg GAE/g weight (Figures 3 and 4), which were in general in the range of date varieties commercially available in the USA (Al Jasass *et al.* 2015), and also agree with date fruits obtained directly from commonly grown cultivars in several North Africa and Middle East countries, including Tunisia (Saafi *et al.* 2009; Kchaou *et al.* 2014), Palestine (Odeh *et al.* 2014), Algeria (Mansouri *et al.* 2005), and Iran (Biglari *et al.* 2008), among others. However, Al-Farsi *et al.* (2007) found much lower total phenolic contents (ranging from 1720 to 2460 mg GAE/g fresh weight) for Omani dates, whereas Lemine *et al.* (2014) reported Mauritanian dates to have lower phenolic content (about 50-85 mg GAE/g dried weight), which were also affected by ripening. Changes in phenolic and flavonoid content in relation with harvesting date and date palm ripening were also reported in several studies (Saleh *et al.* 2011; Odeh *et al.* 2014).

Data presented here clearly support that all date fruits at certain maturation stages are rich in the level of phenolic and flavonoid compounds, and also that antioxidant properties are preserved after industrial processing and commercial distribution of dates. In support, total antioxidant capacity measured by the DPPH method (Figure 5) also showed values of anti-radical efficiency for dates that were in a range similar to other studies using different date palm varieties and origin countries (Al-Farsi *et al.* 2005; Mansouri *et al.* 2005). Future studies exploring antioxidant capacity in date palm fruits in different maturation stage would improve our knowledge and will have high scope for application in the valorization of date fruit.

Conclusion

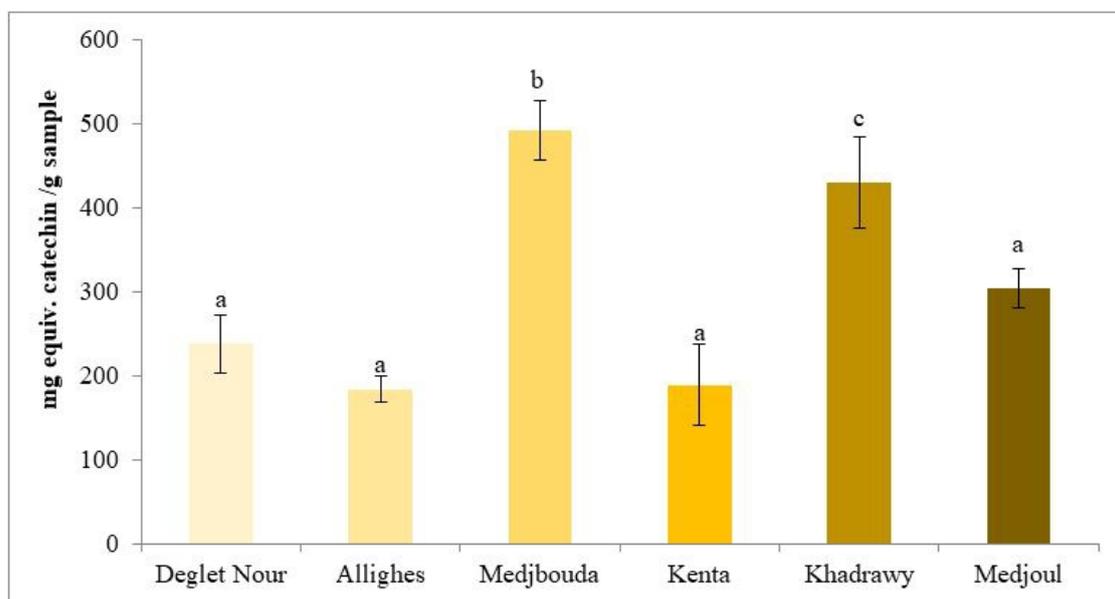


Figure 5. Total flavonoid content (mg CEQ/g sample) of different date palm varieties. Values are means \pm SEM of four assayed samples. Statistics: Different letters mean significant differences among the respective groups ($p < 0.05$).

Antioxidant activities (phenolic and flavonoid contents, antioxidant capacity) measured in six commercial date varieties available at local markets (Vigo, Spain) were in general similar to those described in the bibliography for dates picked in the origin country. Overall, the six varieties analyzed showed high antioxidant potential that could be important in terms of health benefits for consumers.

References

- Abdul Ameer, A.A. (2008). Antioxidant activity of Bahraini date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit of various cultivars. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43: 1033–1040.
- Ahmed, I.A., Ahmed, A.W.K., Robinson, R.K. (1995). Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening. *Food Chem.* 54: 305–309.
- Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., Shahidi, F. (2005). Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolic of three native fresh and sun dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *J. Agric. Food Chem.* 53: 7592–7599.
- Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Al-Abid, M., Al-Shoaily, K., Al-Amry, M. Al-Rawahy, F. (2007). Compositional characteristics of dates, syrups, and their by-products. *Food Chem.* 104: 943–947.
- Al-Jasass, F.M., Siddiq, M., Sogi, D.S. (2015). Antioxidants activity and color evaluation of date fruit of selected cultivars commercially available in the United States. *Adv. Chem.* 2015: 1-5.
- Allaith, A.A.A. (2003). In-vitro evaluation of antioxidant activity of different extracts of *Phoenix dactylifera* L. fruit as functional foods. *Dtsch. Lebensm. Rundsch.* 101: 305–308.
- Allaith, A.A.A. (2008). Antioxidant activity of Bahraini date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit of various cultivars. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43: 1033–1040.
- Al-Turki, S., Shahba, M.A., Stushnoff, C. (2010). Diversity of antioxidant properties and phenolic content of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits as affected by cultivar and location. *J. Food Agric. Environ.* 8: 253-260.
- Amoros, A., Pretel, M.T., Almansa, M.S., Botella, M.A., Zapata, P.J., Serrano, M. (2009). Antioxidant and nutritional properties of date fruit from Elche grove as affected by maturation and phenotypic variability of date palm. *Food Sci. Technol. Int.* 15: 65–72.
- Baliga, M.S., Baliga, B.R.V., Kandathil, S.M., Bhat, H.P., Vayalil, P.K. (2011). A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *Food Res. Int.* 44: 1812–1822.
- Biglari, F., Al Karkhi, A.F.M., Easa, A.M. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran. *Food Chem.* 107: 1636-1641.
- Borchani, C., Besbes, S., Blecker, C., Masmoudi, M., Baati, R., Attia, H. (2010). Chemical properties of 11 date cultivars and their corresponding fiber extracts. *Afr. J. Biotech.* 9: 4096–4105.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol.* 28: 25–30.
- Chaira, N., Smaali, M.I., Martinez-Tome, M., Mrabet, A., Murcia, M.A., Ferchichi, A. (2009). Simple phenolic composition, flavonoid contents and antioxidant capacities in water-methanol extracts of Tunisian common date cultivars (*Phoenix dactylifera* L.). *Int. J. Food Sci. Nutr.* 60: 316–329.
- Devanand, P., Chao, C. (2003). Genetic variation within 'Medjool' and 'Deglet Noor' date (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars in California detected by fluorescent-AFLP markers. *J. Hort. Sci. Biotech.* 78: 405–409.
- Duke, J.A. (1982). *Handbook of Physiochemical Characteristics of GRAS Herbs and Other Economic Plants*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- El Sohaimy S.A., Abdelwahab, A.E., Brennan, C.S., Aboul-enein, A.M. (2015). Phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of Egyptian date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits. *Australian J. Basic Applied Sci.* 9: 141-147.
- FAO (1993). Date palm products. *FAO Agricultural Services Bulletin* n° 101.
- FAO (2002). Date palm cultivation. *FAO Plant Production and Protection Paper.* 156. Rev. 1.
- Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J., Jing, Y. (2003). Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as

- determined by FRAP assay. *Nutr. Res.* 23: 1719–1726.
- Hasnaoui, A., Elhoumaizi, M.A., Hakkou, A., Wathelet, B., Sindic, M. (2011). Physico-chemical characterization, classification and quality evaluation of date palm fruits of some Moroccan cultivars. *J. Sci. Res.* 3: 139-149.
- Hong, Y.J., Tomas-Barberan, F.A., Kader, A.A., Mitchell, A.E. (2006). The flavonoid glycosides and procyanidin composition of Deglet Noor dates (*Phoenix dactylifera*). *J. Agric. Food Chem.* 54: 2405-2411.
- Ismail, B., Haffar, I., Baalbaki, R., Henry, J. (2008). Physico-chemical characteristics and sensory quality of two date varieties under commercial and industrial storage conditions. *LWT-Food Sci. Technol.* 41: 896-904.
- Kchaou, W., Abbés, F., Attia, H., Besbes S. (2014) In vitro antioxidant activities of three-selected dates from Tunisia (*Phoenix dactylifera* L.). *J. Chem.* 2014: 1-8.
- Kim, D. O., Jeong, S. W., Lee, C. Y. (2003). Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chem.* 81: 321-326.
- Lemine, M., Mint, F., Mohamed Ahmed, M.V.O., Ben Mohamed Maoulainine, L., Bouna, Z.E.A.O., Samb, A., Salem, A.O.M. (2014). Antioxidant activity of various Mauritanian date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits at two edible ripening stages. *Food Sci. Nutr.* 2: 700-705.
- Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., Kefalas, P. (2005). Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chem.* 89: 411–420.
- Mohamed, R., Fageer, A.S., Eltayeb, M.M., Mohamed Ahmed, I.A. (2014). Chemical composition, antioxidant capacity, and mineral extractability of Sudanese date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits. *Food Sci. Nutr.* 2: 478-489.
- Nehdi, I., Omri, S., Khalil, M.I., Al-Resayes, S.I. (2010). Characteristics and chemical composition of date palm (*Phoenix canariensis*) seeds and seed oil. *Ind. Crop. Prod.* 32: 360-365.
- Nixon, R.W. (1951). The date palm: "Tree of Life" in the subtropical deserts. *Econ. Bot.* 5: 274-301.
- Odeh, I., Al-Rimawi, F., Abbad, J., Obeyat, L., Qabbajeh, M., Hroub, A. (2014). Effect of harvesting date and variety of date palm on antioxidant capacity, phenolic and flavonoid content of date palm (*Phoenix Dactylifera*). *J. Food Nutr. Res.* 2: 499-505.
- Saafi, E.B., El Arem, A., Manel, I., Hammami, M., Achour, L. (2009). Phenolic content and antioxidant activity of four date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit varieties grown in Tunisia. *Int. J. Food Sci. Technol.* 44: 2314-2319.
- Saleh, E.A., Manal, S., Tawfik, Abu-Tarbouch, H.M. (2011). Phenolic contents and antioxidants activity of various date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit from Saudi Arabia. *Food Nutr. Sci.* 2: 1134-1141.
- Sedra, M. (2011). Development of new Moroccan selected date palm varieties resistant to bayoud and of good fruit quality. In: Jain S., Al-Khayri J., Johnson D. (Eds.). *Date palm biotechnology*. Dordrecht: Springer. 513-531.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 299: 152-178.
- Vayalil, P.K. (2002). Antioxidant and antimutagenic properties of aqueous extract of date fruit (*Phoenix dactylifera* L. *Arecaceae*). *J. Agric. Food Chem.* 50: 610-617.
- Yeh, C.T., Ching, L.C., Yen, G.C. (2009). Inducing gene expression of cardiac antioxidant enzymes by dietary phenolic acids in rats. *J. Nutr. Biochem.* 20: 163-171.
- Zohary, D., Hopf, M. (2000). *Domestication of plants in the old world: The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley*. Oxford, UK: Oxford University Press.

REGULACIÓN DE LA INGESTA Y DE LA SACIEDAD

Echave Álvarez, A., Panebianco Barreiro, J.,
Rafael Vidal, C.

e- mail: carlos_balic@hotmail.com

Trabajo Alumnos

de 3º de

Grado en

Biología.

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

A lo largo de este trabajo bibliográfico se analizarán los principales factores y mecanismos regulatorios que intervienen en la regulación de la ingesta y la saciedad. Asimismo, se explicarán las rutas metabólicas y procesos para obtener el estado de homeostasis energética en el organismo, así como la regulación de éstas en casos de ingesta, ayuno y saciedad. Por último, se hará énfasis en la regulación a nivel hipotalámico, además de, por otro lado, analizar dicha estructura cerebral para una mayor comprensión.

Introducción

La homeostasis, la propiedad de los organismos para mantener una condición interna estable, es un proceso complejo asociado con mecanismos metabólicos, endocrinos y neuronales.

Mediante la alimentación ingerimos nutrientes indispensables para el funcionamiento del organismo. A pesar de las fluctuaciones en la cantidad de alimentos consumidos diariamente, el rango de peso corporal es relativamente estrecho, gracias a los mecanismos de regulación homeostática. Además, factores no homeostáticos (estrés, situación social, etc) influyen en la regulación de la ingesta de alimentos. Esto hace que la complejidad de las interacciones entre factores y el gran número de ellos dificulte la comprensión de este tema. Nos centraremos en explicar la regulación de la ingesta de alimentos por factores homeostáticos en vertebrados mamíferos.

Regulación de la ingesta de alimentos y el balance energético

Los conocimientos acerca de la regulación de la ingesta a lo largo de los años han ido cambiando y se han modificado los factores y áreas centrales que se creía que estaban implicadas en dicha regulación. El modelo que se considera actualmente es uno compuesto por redes complejas de vías y receptores que reciben estímulos desde la periferia. En este trabajo nos centraremos en explicar la regulación de la ingesta de alimentos con un modelo actual que, como todos, podrá ser en un futuro mejorado por nuevos hallazgos.

El modelo que explicaremos de regulación fisiológica de la ingesta de alimentos (Fig. 1) propone que las células enteroendocrinas secretoras de hormona intestinal del estómago, del intestino delgado y del intestino grueso, junto con las señales neurales y los factores adipostáticos orquestan la ingesta de alimentos en relación con la alimentación o el ayuno y el equilibrio energético (Elliott et al., 2016).

Antes de comenzar a explicar cómo influyen los distintos factores en la regulación de la ingesta de alimentos en las diferentes zonas del cuerpo deberemos explicar los sistemas efectores centrales a través de los cuales se sabe que actúan.

La homeostasis energética está regulada centralmente por el hipotálamo, el núcleo tracto solitario (NTS) y el área postrema. Estas regiones integran señales humorales y neurales aferentes que

comunican el balance energético a largo plazo y a corto plazo. Algunas señales actúan a corto plazo como determinantes de la saciedad para limitar el tamaño de las comidas individuales. Las señales a largo plazo se activan según las reservas del cuerpo adiposo y a la cantidad de energía consumida durante un periodo de tiempo más prolongado. Las señales a largo y corto plazo se regulan con mecanismos distintos pero interactuantes. Cabe destacar que las señales a corto plazo no son determinantes primarios de la adiposidad corporal, ya que pueden ser anuladas por señales reguladoras a largo plazo. Las señales a largo plazo regulan el gasto energético y la ingesta de alimentos para asegurar que la homeostasis energética se mantenga y que el peso corporal y la adiposidad permanezcan relativamente constantes (Elliott et al., 2016).

El núcleo arqueado hipotalámico (ARC) presenta unas poblaciones de neuronas que inhiben el apetito llamadas proopiomelanocortinas (POMC) y cocaína-anfetamina (CART). El POMC (molécula precursora) se divide para dar diversas hormonas peptídicas cabiendo destacar α -melanocitos (α -MSH). Dicha molécula tiene un efecto anorexigénico que funciona a través de los receptores melanocortina 3 (MC3) y 4 (MC4), que se encuentran en el núcleo paraventricular hipotalámico (PVN). Los seres humanos que carecen del gen POMC o que presentan mutaciones en el receptor MC3 son obesos o hiperfágicos. CART está mediada por la liberación central de GLP-1, ya que el bloqueo de los receptores GLP-1 inhibe la hipogafia inducida por CART (Elliott et al., 2016).

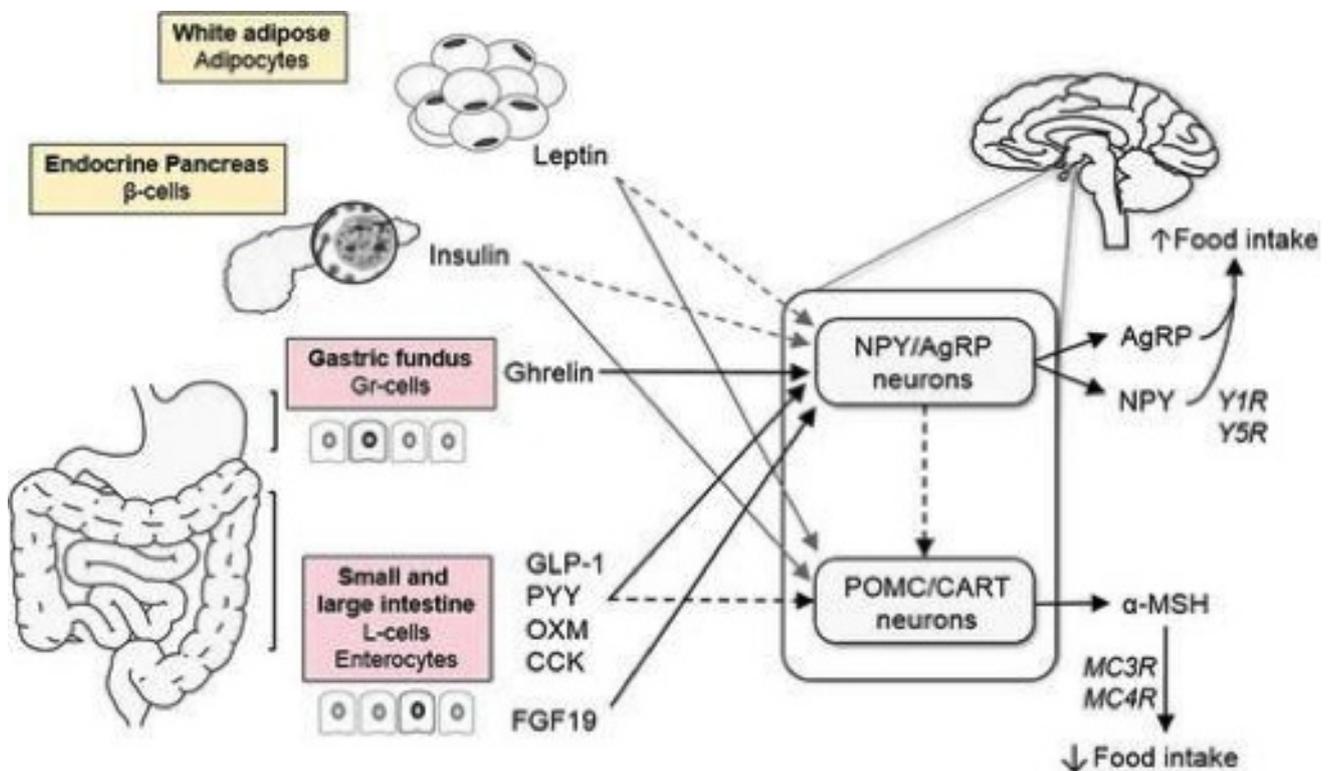


Figura 1: Rutas de regulación de la ingesta de alimentos. Las líneas sólidas representan efectos estimulantes, las líneas discontinuas representan efectos inhibitorios (Elliott et al., 2016).

Una población adyacente a la mencionada anteriormente pero distinta es la formada por el neuropéptido Y (NPY) y el péptido relacionado con agouti (AgRP). El AgRP, constituida por 132 aminoácidos, actúa de forma contraria que el α -MSH. La inyección de AgRP en la zona intracerebroventricular (ICV) aumenta la ingesta de alimentos. De la misma manera, NPY estimula la alimentación gracias a la unión y activación de receptores Y1 e Y5. El NPY se expresa en los sistemas nerviosos central y periférico en todos los niveles del eje intestinal. Además de esto, esta población formada por NPY y AgRP tiene un efecto sobre POMC de inhibición con la ayuda del inhibidor neurotransmisor ácido γ -aminobutírico (GABA) (Elliott et al., 2016).

El ARC presenta regiones permeables a la barrera hematoencefálica permitiendo la detección humoral directa del medio metabólico en la circulación sistémica. Todas las poblaciones neuronales mencionadas anteriormente presentan receptores para hormonas que están implicadas en la regulación de la ingesta de alimentos (GLP-1, PYY, grelina, etc.(fig.1)). Además las neuronas NPY y AgRP pueden detectar la glucosa y los ácidos grasos libres (Elliott *et al.*, 2016).

En el tronco encefálico se encuentra el NTS que recibe señales aferentes viscerales a través del nervio vago y actúa como un concentrador, ya que dirige las señales periféricas derivadas a los centros cerebrales superiores. Se sabe que estimular eléctricamente el nervio vago en roedores tiene efectos anorexigénicos, tanto inhibiendo la ingesta de alimentos como reduciendo los lípidos séricos. En el NTS terminan las fibras de sabor aferente que, posteriormente, se procesan y se transmiten a otras regiones del cerebro involucradas en la recompensa, como el núcleo accumbens (NAc). Además, el NTS es sensible a factores humorales, como GLP-1, leptina y CCK, y nutrientes que son proyectados a regiones hipotalámicas ya mencionadas (Elliott *et al.*, 2016).

Las neuronas de primer orden en el ARC se conectan con neuronas de segundo orden en la regulación del apetito y el balance energético, procedemos a explicar aquellas activaciones o inhibiciones que, a su vez, dichos complejos producen apoyándonos en la figura 2. Estas neuronas de segundo orden están localizadas en varios núcleos hipotalámicos: el núcleo paraventricular (PVN), el núcleo hipotalámico dorsomedial (DMH), el núcleo ventromedial (VMH), el hipotálamo lateral (LHA) y el área perifornical (PFA). A diferencia de las neuronas de primer orden en el ARC, estas neuronas de segundo orden no son fácilmente accesibles a las hormonas (Khandekar *et al.*, 2015).

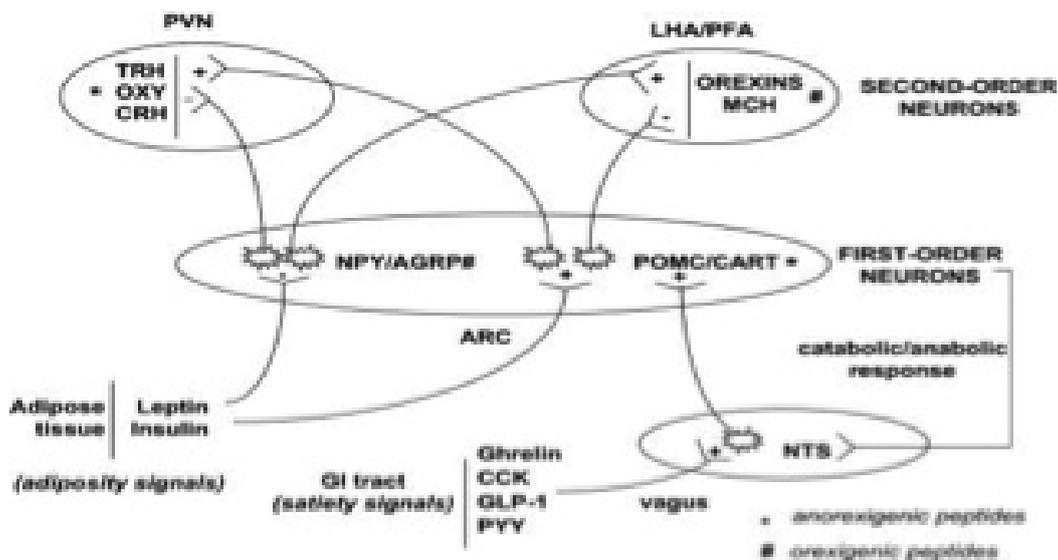


Figura 2: rutas en la regulación del apetito y la saciedad (Valassi *et al.*, 2008).

La activación de hormonas en el tracto gastrointestinal como CCK, el péptido YY o el GLP1 producen la estimulación de los neuropéptidos de primer orden POMC/CART, que provocan un aumento de saciedad. Es reseñable que la CCK, el GLP1 y la PYY realizan dicha función mediante un paso previo en el tracto solitario nuclear a través del nervio vago.

Una vez activado el complejo neuronal POMC/CART, estos neuropéptidos inhibirán la síntesis de orexinas y MCH en el LHA (área lateral hipotalámica) y PFA (área perifornical). Por otro lado, se estimulará la síntesis y secreción de TRH, oxitocina y CRH en el PVN (McMinn *et al.*, 2000).

La activación de la grelina en el tubo digestivo (en condiciones de ayuno prolongado) hace llegar la señal hasta el tracto solitario nuclear a través del nervio vago para, finalmente, producir la estimulación de los neuropéptidos de primer orden POMC/CART. Presenta un efecto contrario de las demás hormonas gastrointestinales mencionadas anteriormente (McMinn *et al.*, 2000).

La leptina, secretada por el tejido adiposo subcutáneo, y la insulina de los islotes pancreáticos parecen entrar en el SNC a través de un mecanismo saturable de absorción en la barrera hematoencefálica. Estas hormonas activan el complejo POMC/CART, que activará la secreción de oxitocina, CRH y TRH en el PVN. Asimismo, dicha activación de POMC/CART por leptina e insulina inhibirá la secreción de orexinas y MCH en el LHA y PFA, inhibiendo la ingesta. Por otra parte, inhiben las poblaciones neurales NPY-AgRP (Devaskar, 2001).

Las hormonas de segundo orden orexigénicas, hormonas estimulantes del apetito, que se encontraba en el LHA y PFA son: orexina y MCH. Las orexinas (orexina A, OXA, y orexina B) activan dos receptores acoplados a proteína G estrechamente relacionados conocidos como OX1 y OX2. OXA, que parece ejercer un efecto orexigénico. El MCH se expresa en una discreta subpoblación de neuronas situadas en el área hipotalámica lateral.

Las hormonas anorexigénicas, hormonas supresoras del apetito, se encuentran en el PVN y son la CRH, oxitocina y TRH. La CRH (hormona liberadora de corticotropina) es sintetizada por el hipotálamo (neurohipófisis) y viaja hasta las células productoras de ACTH a través del sistema portalhipofisario. La ACTH circula y se une de forma específica a receptores con alta afinidad en la superficie de la corteza suprarrenal para estimular la síntesis y secreción de cortisol. La CRH reduce la expresión de NPY y la ingesta de alimentos ocasionada por éste. Por otro lado, la leptina reduce la expresión de CRH en el núcleo paraventricular. La oxitocina es un péptido de nueve aminoácidos, que tiene una función neuromoduladora, producida en los núcleos paraventricular y supraóptico del hipotálamo. Tiene efectos periféricos mediante su liberación en el torrente sanguíneo a través del lóbulo posterior de la glándula pituitaria. Tiene efectos centrales en el cerebro debido a su transporte por las fibras nerviosas. La oxitocina puede estimular los autorreceptores en las neuronas magnocelulares (que producen hormonas neurohipofisarias como la oxitocina) (Kim *et al.*, 2015). La oxitocina parece estar particularmente implicada en la inhibición del apetito por azúcar y carbohidratos (Kim *et al.*, 2015). La hormona liberadora de tirotrina (TRH) es producida en el área hipotalámica, en el núcleo paraventricular. TRH controla la síntesis y liberación de tirotrina, que activa la síntesis y secreción de hormonas tiroideas. Las hormonas tiroideas regulan muchas funciones, incluida la homeostasis energética. La TRH se ha propuesto como agente anorexigénico (Bravo *et al.*, 2016).

Una vez explicadas las regulaciones en el ARC y cómo influyen en otras áreas procederemos a explicar los factores que influyen en el hipotálamo de una manera detallada pasando por las señales adiposas, nutrientes y señales gastrointestinales.

Señales adiposas

Insulina. La insulina, producida por el páncreas, es una hormona que funciona como una señal de adiposidad implicada en la modulación del balance energético. Los niveles de ésta están positivamente correlacionados con la lipogénesis. Por tanto, la grasa visceral es importante para la sensibilidad a la insulina y también para los niveles circundantes de insulina. Dichos niveles aumentan rápidamente después de la comida. La administración de insulina al cerebro reduce la ingesta de alimentos y el peso corporal, y se ha demostrado que los ratones con una delección genética de los receptores neuronales de insulina son hiperfágicos y obesos (Smith & Ferguson, 2008).

Leptina. El tejido adiposo genera leptina cuando éste está sin necesidades energéticas, es decir, cuando el organismo está bien alimentado. La leptina puede llegar al cerebro afectando a dos tipos de neuronas: orexigénicas y anorexigénicas. Las anorexigénicas van a producir la sensación de saciedad, por lo que se debe reducir la ingesta. Cuando estas neuronas se activan se libera melanocortina, que afecta al hipotálamo (al núcleo arcuato) y hace que se pare la ingesta. La leptina también puede inhibir a las neuronas orexigénicas. Éstas, cuando son activadas, liberan el neuropéptido Y, que se dirige al núcleo arcuato y aumenta la sensación de necesidad de ingesta (hambre). Por tanto, hay dos clases de neuronas que explican la sensibilidad a la leptina en el cerebro: las activadas (despolarizadas) para liberar péptidos

anorexígenos; y las inhibidas (hiperpolarizadas) con una consiguiente reducción en la liberación de péptidos orexigénicos (Cowley *et al.*, 2001).

Nutrientes

Glucosa. La inhibición del metabolismo de la glucosa con el análogo de glucosa 2 desoxi-D-glucosa produce un aumento en la ingesta de alimentos en los animales y seres humanos (en humanos también aumenta las sensaciones de hambre).

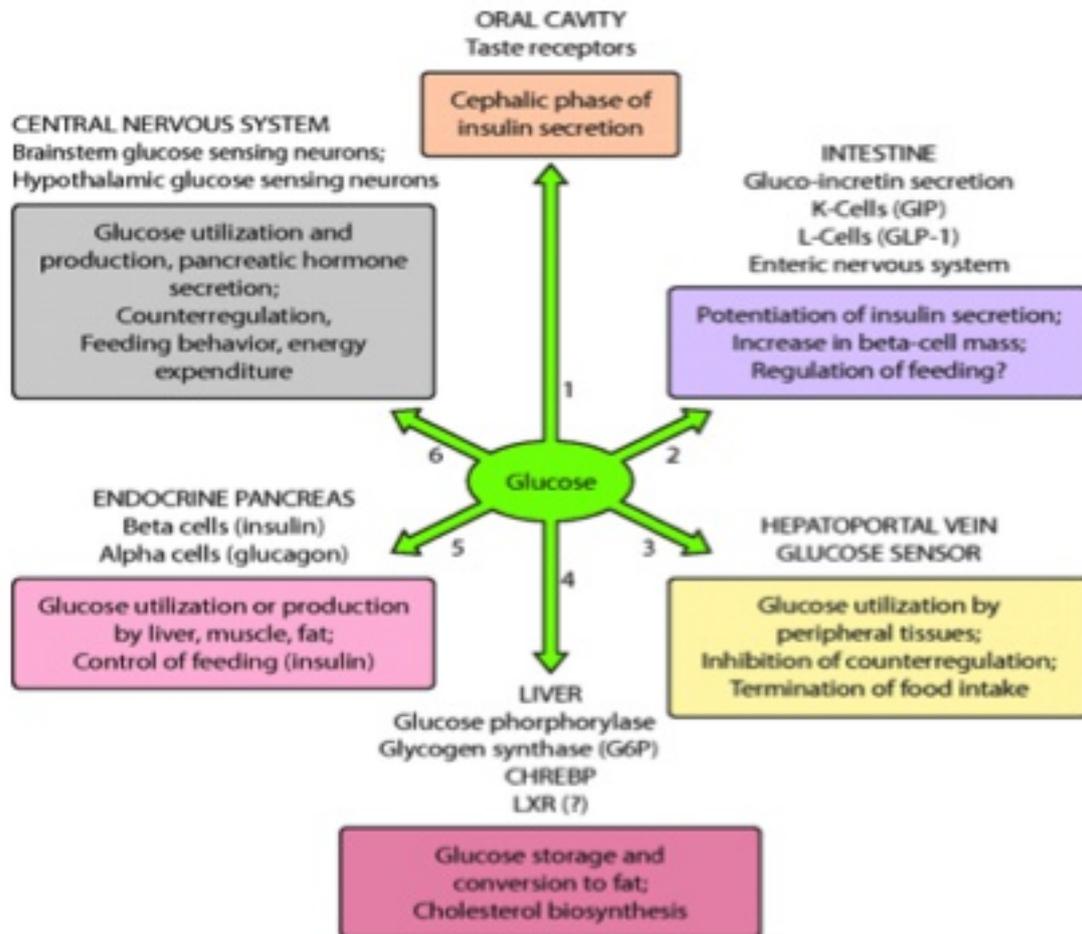


Figura 3: esquema de los receptores de glucosa que intervienen en la regulación de la ingesta (Marty *et al.*, 2007).

A continuación analizaremos, siguiendo la figura 3, los distintos puntos de recepción de niveles de glucosa que intervienen en la regulación de la ingesta y saciedad. En el apartado 1 encontramos los receptores del gusto, que se activan por glucosa y estimulan la secreción de insulina, proceso en el que intervienen el tronco cerebral y el hipotálamo. En el apartado 2 vemos la recepción de glucosa en el intestino, que desencadena la liberación de las hormonas GIP y GLP-1 por las células K y L, respectivamente (Marty *et al.*, 2007).

Las neuronas de los sistemas nerviosos autónomos o entéricos presentes en la pared intestinal están reguladas por la glucosa a través de mecanismos que requieren las subunidades de canales K dependientes de ATP Kir6.2 y Sur1 o el cotransportador SGLT3 de Na⁺/Glucosa, que interviene en la detección de glucosa (Marty *et al.*, 2007).

En el apartado 3 la entrada de glucosa en la vena hepatoportal activa un sensor de glucosa que está ligado a nervios vagales que se proyectan al tronco cerebral y al hipotálamo y que controla la utilización de glucosa por varios tejidos, la contrarregulación de la glucosa y la primera fase de secreción de insulina (Marty *et al.*, 2007).

En el apartado 4 encontramos los receptores de glucosa en el hígado, donde la glucosa inhibe la glucógeno fosforilasa por regulación alostérica. Además, la glucosa también activa el receptor nuclear LXR (Marty *et al.*, 2007).

En el apartado 5 vemos como el aumento de la glucemia sistémica conduce a la estimulación de la secreción de insulina por las células beta pancreáticas y la supresión de la secreción de glucagón por las células alfa (Marty *et al.*, 2007).

Por último, en el apartado 6 vemos cómo en el sistema nervioso central, la glucosa regula las neuronas hipotálamicas y neuronas sensibles a la glucosa (que explicaremos más en profundidad a continuación) que controlan la contrarregulación, la alimentación y el gasto energético a través, principalmente, de la vía de la melanocortina hipotalámica (mediante el complejo de neuropéptidos POMC/CART) (Marty *et al.*, 2007).

Proteínas

El consumo de dietas deficientes en proteínas conduce a un mayor apetito por alimentos que contienen proteínas. La administración de aminoácidos como la fenilalanina y el triptófano, precursores de los neurotransmisores de monoamina, suprimen la ingesta de alimentos en humanos. El triptófano puede influir en los niveles de serotonina cerebral, la cual causa inhibición en la ingesta de alimentos. Los aminoácidos actúan a través del SNC o de receptores localizados en el hígado o la vena porta (Havel, 2002).

Los cambios en la actividad de mTOR en el hipotálamo alteran la ingesta de alimentos. Se ha determinado que la actividad de mTOR es sensible a los niveles de cadenas ramificadas de aminoácidos, especialmente a L-leucina. La administración en ratas de L-leucina intracerebroventricular, concretamente en el núcleo arcuato, produce efectos anorexigénicos a través de la inhibición del complejo de neuropéptidos NPY/AGRP, resultando en una disminución de la ingesta de alimentos y del peso corporal (Cota *et al.*, 2006).

En la detección hipotalámica de la leucina también actúa la activación de la vía Erk1 / 2, así como el metabolismo intracelular de la leucina. Por último es destacable que la leucina también tiene una vía de señalización y recepción hipotalámica por la vía KIC (intermediario generado a partir de la leucina cuando pierde el grupo amino) (Schwartz & Blouet, 2009).

Grasas

Otro factor regulador de la ingesta de alimentos es la grasa. Los inhibidores de la oxidación de la grasa mercaptoacetato o palmoxirato de metilo son capaces de reducir la utilización de ácidos grasos y estimular la ingesta de alimentos en animales. La inhibición del metabolismo de los lípidos aumenta la expresión de la hormona concentradora de melanina (MCH), neuropéptido orexigénico en el hipotálamo lateral. Los mecanismos de transporte y las enzimas para la oxidación de grasas y la síntesis de grasas también están presentes en el cerebro, y la administración de inhibidores de la síntesis de grasa produce una inhibición mediada centralmente de la ingesta de alimentos en roedores. Otro producto relacionado con los lípidos implicados en la regulación de la ingesta de alimentos es la apolipoproteína Apo AIV. La producción de Apo AIV en el intestino es estimulada por la absorción de grasa, y la administración de Apo AIV inhibe la ingesta de alimentos (Havel, 2002).

Señales del Tracto gastrointestinal

Numerosas hormonas gastrointestinales han sido implicadas en la regulación de la ingesta de alimentos. Con la excepción de la grelina estos péptidos inhiben uniformemente la ingesta de alimentos. Es importante considerar que muchos de estos péptidos gastrointestinales y sus receptores están también presentes en regiones del SNC implicadas en la regulación del comportamiento alimenticio. La mayoría de los péptidos gastrointestinales que inhiben la alimentación cuando se administran periféricamente también lo hacen, pero a dosis mucho más bajas, cuando se administran directamente al cerebro. Por lo tanto, a menudo no está claro si el objetivo primario para estos péptidos gastrointestinales está en la periferia, en el SNC, o en ambos (Havel, 2002).

Colecistocinina. La colecistocinina (CCK) produce la reducción del apetito. Derivado de un precursor de 115 aminoácidos, la CCK es secretada por las células I del intestino delgado en la circulación en relación con el patrón propio. Se han identificado dos receptores para CCK (los receptores CCK-1 y CCK-2) (Chaudhri *et al.*, 2008). Cuando los nutrientes entran en el lumen se une a sus receptores específicos localizados en terminales sensoriales vagales que proporcionan a NTS (núcleo solitario del tracto) una sensación de plenitud (Valassi *et al.*, 2008). Los efectos producidos por CCK sobre la contractilidad de la vesícula biliar y la secreción y motilidad del tracto gastrointestinal están mediados predominantemente por el receptor CCK-1 (Chaudhri *et al.*, 2008).

Péptido similar al glucagón tipo 1 (GLP-1) El GLP-1 procedente de las células L del tracto gastrointestinal (GI) es cosecretado con PYY3-36 y oxintomoludina a la circulación. La presencia de GLP1 en el núcleo paraventricular disminuye la ingesta de alimentos, apoyando por tanto que el núcleo paraventricular media en los efectos centrales de GLP1. Se ha demostrado que GLP1 disminuye la alimentación inducida por el neuropéptido Y y se ha sugerido que GLP1 puede actuar a nivel del núcleo paraventricular para alterar la señalización del neuropéptido Y, causando una disminución de la liberación del neuropéptido Y y, por tanto, inhibiendo la ingesta (se inhibe NPY/AGRP) (Smith & Ferguson, 2008).

Grelina. La grelina se produce principalmente en el estómago, aunque también se produce en el núcleo arqueado del hipotálamo, en el pulmón y en el riñón. El péptido activo solo contiene 28 aminoácidos (Hita *et al.*, 2006). El receptor de la grelina (GHS-R) pertenece a la familia de receptores acoplados a proteínas G, localizado en el hipotálamo (núcleo paraventricular y núcleo arcuato, mencionados anteriormente) y también en la hipófisis (Hita *et al.*, 2006). La secreción de grelina se activa por ayuno, la realimentación y por la ingesta de carbohidratos en personas delgadas. Por el contrario, se inhibe por la presencia de nutrientes en el estómago en personas obesas. Por tanto, las concentraciones plasmáticas de grelina aumentan durante el ayuno y disminuyen rápidamente cuando el estómago recibe alimentos, por lo que se ha sugerido que esta hormona determina el momento de iniciar la ingesta (por tanto dependiente del aumento de glucosa plasmática y de la secreción de insulina) lo que determina la disminución de su producción (Hita *et al.*, 2006).

Mecanorreceptores y quimiorreceptores

Los quimiorreceptores gastrointestinales responden a los productos nutrientes de la digestión (azúcares, ácidos grasos, aminoácidos y péptidos). Además, la entrada de alimentos en el estómago y el intestino delgado proximal activa el estiramiento y los mecanorreceptores. Las señales de estos receptores gastrointestinales se transmiten a través de nervios vagales aferentes al cerebro posterior donde se produce la integración de esta entrada visceral. Esto proporciona un camino por el cual las propiedades físicas y químicas de los alimentos pueden tener un papel importante en la regulación a corto plazo de la ingesta de alimentos limitando el tamaño de una sola comida. Estos tipos de señales también pueden afectar el consumo de energía en una comida subsiguiente (Havel, 2002).

Conclusión

Los conceptos sobre las áreas cerebrales y los mecanismos implicados en la regulación del consumo de alimentos han evolucionado notablemente en los últimos años y se han descrito nuevos caminos a la ya compleja red de mensajes centrales y periféricos que controlan el comportamiento alimentario y el estado nutricional.

Como hemos visto a lo largo de este trabajo la regulación de la ingesta y saciedad no reside en un punto sino que son muchos los centros reguladores y factores que influyen en dicha red. Sin duda, el conocimiento de este área es de gran utilidad tanto a nivel clínico, científico y de producción animal, por lo que se debe seguir investigando para llegar a tener una comprensión total de todos estos mecanismos.

Bibliografía

- Bravo J, Hoy J. & Charli, J. (2016) Advances in TRH signaling. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. <http://dx.doi.org/10.1007/s11154-016-9375-y>
- Chaudhri O.B., Salem V., Murphy K.G. & Bloom R. (2008) Gastrointestinal Satiety Signals. *The Annual Review of Physiology*.
- Cota D., Proulx K., Smith K.A.B., Kozma S.C., Thomas G., Woods S.C. & Seeley R.J. (2006) Hypothalamic mTOR Signaling Regulates Food Intake. *Science*. doi:<https://doi.org/10.1126/science.1124147>
- Cowley M.A., Smart J.L., Rubinstein M., Cerdán M.G., Diano S., Horvath T.L., Cone R.D. & Low M.J. (2001) Leptin activates anorexigenic POMC neurons through a neural network in the arcuate nucleus. *Oregon Health Sciences University*. doi:10.1038/35078085
- Devaskar S.U. (2001) Neurohumoral regulation of body weight gain. *Pediatric diabetes*. UCLA School of Medicine. Los Angeles. doi: <https://doi.org/10.1034/j.1399-5448.2001.002003131.x>
- Elliott, J., Reynolds, J., le Roux, C. & Docherty, N. (2016) Physiology, pathophysiology and therapeutic implications of enteroendocrine control of food intake. *Expert Review of Endocrinology and Metabolism*. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/17446651.2016.1245140>
- Havel P. (2002) Peripheral signals conveying metabolic information to the brain: Short-term and long-term regulation of food intake. *Experimental Biology and Medicine*. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11743131>
- Hita M.E.G., Macías K.G.A. & Enríquez S.S. (2006) Regulación neuroendocrina del hambre, la saciedad y mantenimiento del balance energético. *Mediagraphic*.
- Khandekar N., Berning B., Sainsbury A. & Lin S. (2015) The role of pancreatic polypeptide in the regulation of energy homeostasis. *Molecular and Cellular Endocrinology*. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mce.2015.06.028>
- Kim Y., Kim J., Kim C., Shin J. & Treasure J. (2015) Association between the Oxytocin Receptor Gene Polymorphism (rs53576) and Bulimia Nervosa. *European Eating Disorders Review*. doi:10.1002/erv.2354
- Marty N., Dallaporta M. & Thorens B. (2007) Brain Glucose Sensing, Counterregulation and Energy Homeostasis. *American Physiological Society*. <https://doi.org/10.1152/physiol.00010.2007>
- McMinn J.E., Baskin D.G. & Schwartz M.W. (2000) Neuroendocrine mechanism regulating food intake and body weight. *Program in Nutritional Sciences*. University of Washington. doi:10.1046/j.1467-789x.2000.00007.x
- Smith P.M. & Ferguson A.V. (2008) Neurophysiology of Hunger and Satiety. *Developmental Disabilities*. <https://doi.org/10.1002/ddrr.13>
- Schwartz G.J. & Blouet C. (2009) Hypothalamic nutrient sensing in the control of energy homeostasis. *Behavioural Brain Research*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.12.024>
- Valassi E., Scacchi M. & Cavagnini F. (2008) Neuroendocrine control of food intake. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2007.06.004> .

ABUNDANCIA DE FLORA VASCULAR EXÓTICA INVASORA NO MONTE ALOIA

López Quiroga, E.
e- mail:evalquiroga@gmail.com

Alumna Prácticas externas.

4º Grao Bioloxía

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumo

Este artigo trata do estudo da abundancia e distribución da flora vascular exótica invasora no Parque Natural Monte Aloia, foi realizado no mes de setembro 2017.

Introdución

O Parque Natural Monte Aloia estaba na súa maior parte desprovisto de vexetación arbórea a comezos do século XX, por tal motivo, realizouse unha repoboación do mesmo baixo a dirección do enxeñeiro Rafael Areses Vidal no ano 1910. As especies plantadas foron principalmente *Pinus pinaster*, xunto con un número elevado de especies exóticas. O que no seu momento tivo unha intención de mellora do solo, tradúcese na actualidade nunha problemática polo carácter invasor dalgunhas das especies exóticas introducidas.

Neste artigo expónse o estudo da distribución da flora vascular exótica invasora presente neste Parque Natural, como medida de control e protección dos ecosistemas autóctonos.

Na Decisión VI/23 do Convenio Internacional sobre Diversidade Biolóxica (COP 6 de abril 2002), defínese como especie exótica ou alóctona a «aquela especie, subespecie ou taxon inferior, introducidos fóra da súa área de distribución natural no pasado actual, e a raíz das actividades humanas, tanto por causa intencional como non intencional; inclúe calquera parte, gametos, sementes, ovos ou propágulos de ditas especies que poderían sobrevivir e se reproducir na natureza. Esta especie considérase invasora cando se constitúe en axente de cambio que ameaza a diversidade biolóxica orixinal».

As invasións biolóxicas son a segunda causa de ameaza para as especies autóctonas, só por detrás da perda ou degradación do seu hábitat natural (Williamson, 1996).

Os obxectivos propostos para o desenvolvemento deste traballo foron catro:

- Catalogación das especies de flora exótica con comportamento invasor, tanto manifesto como potencial presentes no Parque Natural en setembro de 2017.
- Estudo da distribución das especies de flora exótica con comportamento invasor coa axuda das técnicas de mapeo mediante GPS.
- Elaboración de mapas da distribución das diferentes especies exóticas invasoras.
- Comparación da situación actual coa distribución estudada no 2006, recompilada no Altas da Flora Vascular Exótica Invasora do Parque Natural Monte Aloia.

Metodoloxía

Para realizar este estudo seguiuuse a metodoloxía habitual (Rew et al., 2006), xa que os procesos de estudo e de xestión no relativo a flora exótica invasora deben comprender tres fases principais:

- **1ª fase.** Inventario ou inspección: procurar localizar as especies exóticas presentes e a súa abundancia e distribución.
- **2ª fase.** Monitoreo: manter un seguimento sobre a evolución das poboacións, sobre os impactos nos ecosistemas ou noutras especies, así como sobre os efectos do manexo da área.
- **3ª fase.** Actuacións de xestión ou control: mitigación ou erradicación.

Este proxecto pretende actualizar e avanzar na primeira fase de inventario. A superficie do Parque Natural comprende 746,29 ha, permitindo a realización dunha mostraxe da totalidade da área de estudo. As mostraxes tiveron lugar por inspección visual directa durante o mes de setembro.

Considerando que as perturbacións e as condicións de oscilación de recursos dispoñíbeis están consideradas como as principais causas de entrada e establecemento de especies invasoras (Rew et al., 2006), as mostraxes realizáronse seguindo fundamentalmente a rede viaria do Parque Natural: estradas, pistas e camiños, así como o trazado dos tendidos eléctricos e cortafogos, antigos vertedoiros recuperados, antiga canteira, campo de fútbol, zonas de merendas, construcións, etc.

Ante a existencia de información xenérica previa sobre invasión de flora exótica no Parque Natural, deuse maior importancia ás zonas coñecidas pola elevada abundancia de EEI. Non obstante, tamén se realizou unha inspección das zonas determinadas como libres de EEI no 2006 para observar a posible expansión das áreas de distribución.

Os datos recollidos foron compartidos coa aplicación desenvolvida pola Universidade de Vigo “Alien Species Network”, colaborando así cos datos oficiais en todo o territorio galego.

Ademais, realizáronse mapas dixitais nos que se indican as distribucións de cada unha das especies exóticas invasoras presentes no Parque.

Flora exótica invasora no Monte Aloia no ano 2006

En decembro do ano 2006 publicouse o Atlas de Flora Vascular Exótica Invasora no Parque Natural do Monte Aloia, no que se realizou a catalogación, distribución, diagnóstico da situación actual e proposta de liñas de actuación sobre a situación das especies de flora vascular exótica presentes no Parque. En base a estes datos, as especies que se procuraron pertencen aos xéneros *Amaranthus*, *Arundo*, *Aster*, *Buddleja*, *Conyza*, *Cortaderia*, *Cyperus*, *Galinsoga*, *Gamochaeta*, *Helichrysum*, *Oxalis*, *Paspalum*, *Phyllostachys*, *Phytolacca*, *Setaria*, *Sporobolus*, *Stenotaphrum*, *Tradescantia*, *Tritonia* e *Zantedeschia* (táboa 1).

Táboa 1. Lista das especies do inventario de 2006.

<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Oxalis pes-caprae</i>
<i>Arundo donax</i>	<i>Paspalum paspaloides</i>
<i>Aster squamatus</i>	<i>Phyllostachys sp</i>
<i>Buddleja davidii</i>	<i>Phytolacca americana</i>
<i>Conyza canadensis</i>	<i>Setaria sp</i>
<i>Cortaderia selloana</i>	<i>Sporobolus indicus</i>
<i>Cyperus eragrostis</i>	<i>Stenotaphrum americanum</i>
<i>Galinsoga parviflora</i>	<i>Tradescantia fluminensis</i>
<i>Gamochaeta subfalcata</i>	<i>Tritonia x crocosmiflora</i>
<i>Helichrysum foetidum</i>	<i>Zantedeschia aethiopica</i>
<i>Ipomea indica</i>	

No 2017 atopáronse dúas especies exóticas invasoras que non estaban presentes no inventario de 2006: *Mirabilis jalapa* L. e *Datura stramonium* L. Na figura 1 refléxase a abundancia actual das mesmas.

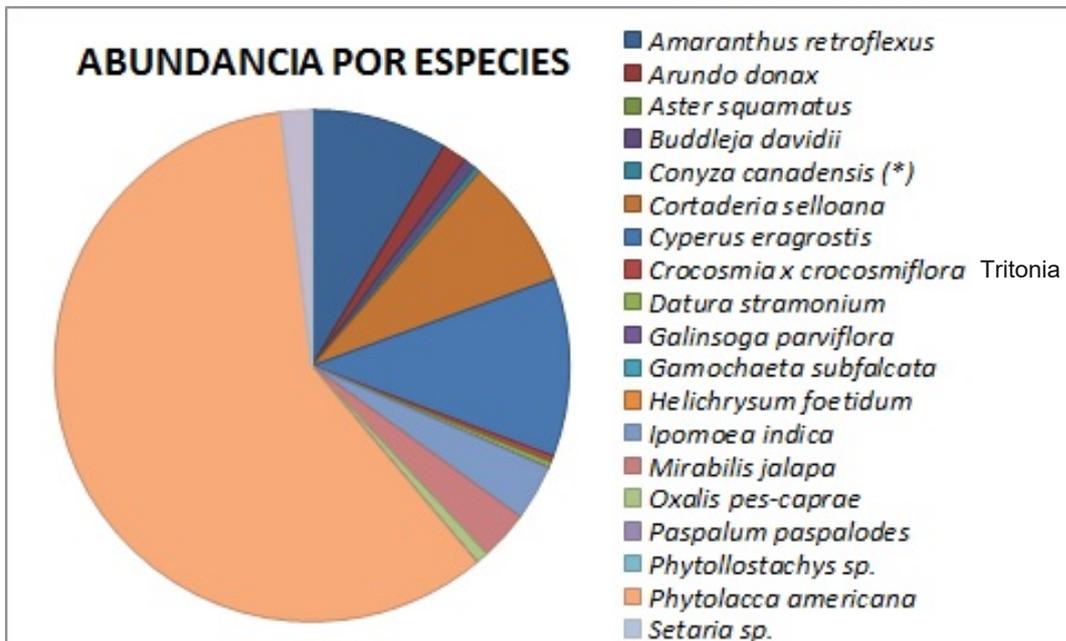


Figura 1. Abundancia das especies estudadas.

Cabe destacar a exclusión, neste traballo, das especies arbóreas, por ser a súa introdución de carácter premeditado. É o caso de *Acacia dealbata* Link, *Acacia melanoxylon* R.Br., *Eucalyptus* sp. pl., *Robinia pseudoacacia* L., *Pinus pinaster* Ait., *Pinus radiata* D.Don, etc. Aínda así localizáronse naturalizadas un total de 13 especies con comportamento invasor recoñecido en Galicia (Romero *et al.*, 2006).

A especie exótica invasora máis abundante no Parque Natural Monte Aloia é *Phytolacca americana* L., herba tintureira, cun 59,14% de abundancia, calculada entre o total de exemplares de FEI localizados na zona de estudo. Trátase dunha especie procedente do sector oriental de Estados Unidos e suroeste de Canadá (McDonnell *et al.*, 1984), actualmente naturalizada en todo o mundo (Nogueira, 1990).



Figura 2. Distribución da *Phytolacca americana* no P.N. Monte Aloia.

En Galicia é abundante en numerosos lugares, especialmente nas Rías Baixas e en ribeiras ourensáns do Miño, Limia e Avia (Fagúndez e Barrada, 2007). Os exemplares atopados presentaban froito, pois frutifica entre agosto e novembro (Mc Donnell *et al.*, 1984). Chama a atención que a súa abundancia no ano 2006 era do 25,45%. En dez anos este dato duplicouse. A distribución no Parque Natural está representada na fig. 2.

A segunda especie exótica invasora máis abundante é *Cyperus eragrostis* Lam., cun 11,28 %. Orixinariamente ocupa zonas con climas tropicais e subtropicais, e é invasora en diversos lugares de Europa, Estados Unidos e Australia. Aparece en toda Galicia, principalmente nas zonas costeiras (Fagúndez e Barrada, 2007).

En terceiro lugar aparece *Amaranthus retroflexus* L., cun 8,56% de abundancia. A súa área de distribución está na zona centro e leste dos Estados Unidos, sudeste de Canadá e nordeste de México (Sanz Elorza *et al.*, 2004). En Galicia aparece en todas as zonas agrícolas (Fagúndez & Barrada, 2007) e no Parque Natural foi localizada asociada a bordes de camiño.



Figura 3. Cortaderia selloana

O cuarto taxon exótico invasor máis abundante é *Cortaderia selloana* (Schult. & Schult. f.) Asch. & Graebn. (fig. 3), cunha abundancia do 8,17%. Os exemplares desta especie atópanse máis localizados, como se aprecia na figura 4, xa que aparece unha zona específica de moita densidade de exemplares na localidade de Paredes. É importante destacar o aumento na abundancia, pois no rexistro de 2006 presentaba só o 3,64%.

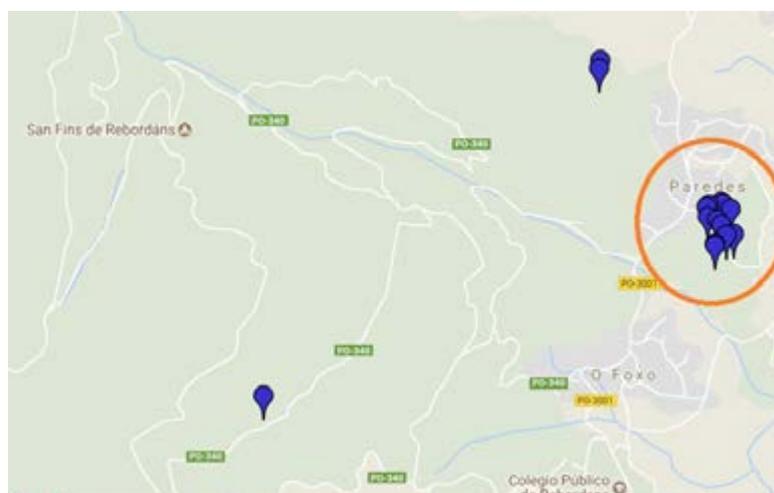


Figura 4. Distribución da Cortaderia selloana

Atendendo á situación estudada no Parque Natural Monte Aloia, expónse a necesidade de pasar a unha 2ª fase no proceso de estudo e xestión no relativo a FEI (Rew *et al.*, 2006), a referida ao monitoreo de todas as especies localizadas na 1ª fase, facendo un seguimento sobre a evolución das poboacións e sobre o impacto tanto nos ecosistemas como sobre outras especies, así como os efectos do manexo dentro da área.

Ademais, debido ao seu carácter invasor evidenciado neste traballo, é especialmente necesario actuar na 3ª fase (Rew *et al.*, 2006) coas especies: *Cortaderia selloana*, *Amaranthus retroflexus* e *Phytolacca americana*, por seren as de maior incremento en comparación coa súa presenza no ano 2006. Son necesarias actuacións de xestión e control, como a mitigación e a erradicación.

Conclusión

É urxente activar un plan completo de xestión da Flora Exótica Invasora, tanto no referente a monitoreo das especies máis agresivas como á súa erradicación, especialmente de *Cortaderia selloana*, *Amaranthus retroflexus* e *Phytolacca americana*.

Bibliografía

- Fagúndez, J. & Barrada, M. (2007). Plantas invasoras de Galicia: Bioloxía, distribución e métodos de control. Consellería de Medio Ambiente.
- McDonell, M.J., Stiles, E.W., Cheplick, G.P. & Armesto, J.J. (1984). Bird-dispersal of *Phytolacca americana* And the influence of fruit removal on subsequent fruit development. *Amer. J. Bot.* 71: 895-901.
- Nogueira, I. (1990). *Phytolacca* en: Flora Iberica Vol II Platanaceae-Plumbaginaceae. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid.
- Rew, L.J., Maxwell, B.D., Dougher, F.L. & Aspiall, R. (2006). Searching for a needle in a haystack: evaluating survey methods for non-indigenous plant species. *Biological Invasions* 8: 523-539.
- Romero M. I., Hinojo, B. & Lesta, R. (2006). Flora Exótica e invasora dos hábitats naturais de Galicia. Comunicación presentada no II Congreso Nacional sobre Especies Exóticas Invasoras. León, 19-22 de setembro 2006.
- Sanz Elorza, M., Dana, E. (2004). Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid.
- Williamson, M. (1996). *Biological Invasions*. Chapman and Hall, London.

LINFOCITOS TH17

IMPORTANCIA Y FUNCIÓN EN PATOLOGÍAS

Alonso Rial, J. C.
julialonso@alumnos.uvigo.es

Alumna 4º Grao Bioloxía
Facultad de Biología
Universidade de Vigo.

Resumen

Este es un trabajo bibliográfico sobre los recientemente descubiertos linfocitos T helper de tipo 17. A lo largo de las páginas siguientes se intenta ilustrar y resumir los trabajos de investigación que trabajan sobre las características de los Th17, sus vías de diferenciación, sus vías de acción y se concluye con lo que, a efectos prácticos, es más importante: su relevancia en enfermedades como psoriasis, artritis, alergias o incluso cáncer.

Introducción

La diferenciación de células T CD4⁺ vírgenes en células T cooperadoras efectoras se inicia mediante el acoplamiento de su receptor de células T (TCR) (señal 1) y moléculas coestimuladoras (señal 2) en presencia de citoquinas específicas producidas por el sistema inmune innato (Figura 1) al encontrarse patógenos particulares: el IFN- γ y la IL-12 inician la diferenciación de las células Th1 que se caracterizan por una alta producción de IFN- γ y son indispensables para eliminar los patógenos intracelulares. Por el contrario, la IL-4 desencadena la diferenciación de las células Th2. Las células Th2 son clave en la organización de la defensa del huésped frente a los patógenos extracelulares y en ayudar a las células B a producir anticuerpos (Korn et al., 2009).

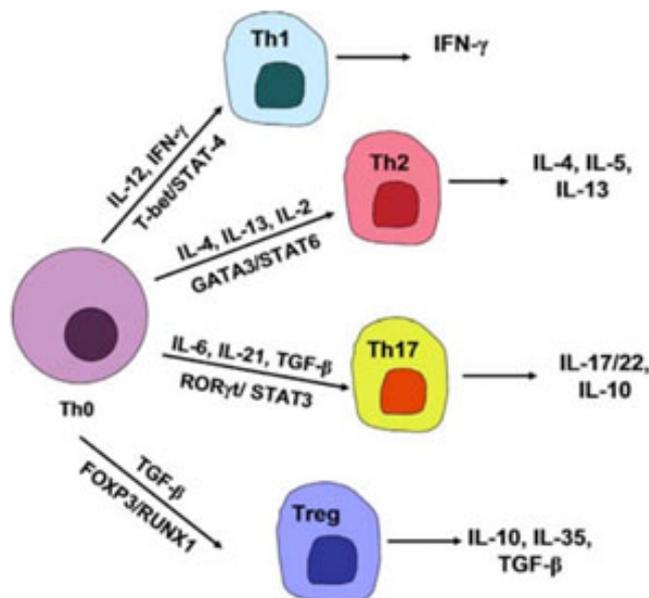


Figura 1. Vías alternativas de diferenciación de las células T vírgenes (Flores-García, 2012)

La fuente inicial de los factores de diferenciación son células del sistema inmune innato que responden a antígenos microbianos, antígenos parasitarios o alérgenos. Con posterioridad las citoquinas efectoras producidas por los linfocitos T colaboradores pueden generar una amplificación de la diferenciación de éstas, aumentando la intensidad de la respuesta, o incluso ayudar a mantener la respuesta en el tiempo.

Los linfocitos Th se caracterizan por las citoquinas que producen, y clásicamente se consideran los Th-1 / Th-2. Recientemente se ha descubierto un tercer subconjunto de células Th efectoras que producen IL-17 (las llamadas Th17), IL-22 e IL-21, con funciones distintas de las células Th1 y Th2. Estos linfocitos tienen potentes funciones proinflamatorias y están asociados a enfermedades autoinmunes e infecciosas (Liang *et al.*, 2006).

Las células Th17 se establecieron así como un subconjunto independiente de células T colaboradoras mediante la identificación de factores de diferenciación y factores de transcripción que son únicos para las células Th17. En 2006, tres estudios independientes encontraron que una combinación de la citoquina inmunorreguladora TGF- β y la citoquina proinflamatoria y pleiotrópica IL-6 es necesaria para inducir IL-17 en las células T (Figura 1), con la vía alternativa de la combinación de TGF- β e IL-21. Identificamos por tanto las citoquinas TGF- β e IL-6 como factores de diferenciación para células Th17 (Korn *et al.*, 2009).

Diferenciación y propiedades de los linfocitos Th17

La diferenciación de células Th es iniciada por las señales combinadas de los TCR y los receptores de citoquinas. Estas señales inducen y activan factores de transcripción específicos responsables de la expresión de genes específicos del linaje tales como citoquinas. La producción sostenida de citoquinas efectoras y la posterior diferenciación de subconjuntos de células Th requiere el acoplamiento de citoquinas específicas con sus receptores (Korn *et al.*, 2009).

Dado que las células Th17 secretan no sólo IL-17 sino también IL-17F, IL-21 e IL-22, estas citoquinas cooperan para inducir la inflamación del tejido, y las funciones efectoras accionadas por Th17 pueden ser diferentes en los distintos tejidos (Korn *et al.*, 2009). No obstante, las células Th17 no son las únicas sintetizadoras de estas interleuquinas (si bien son las más productivas).

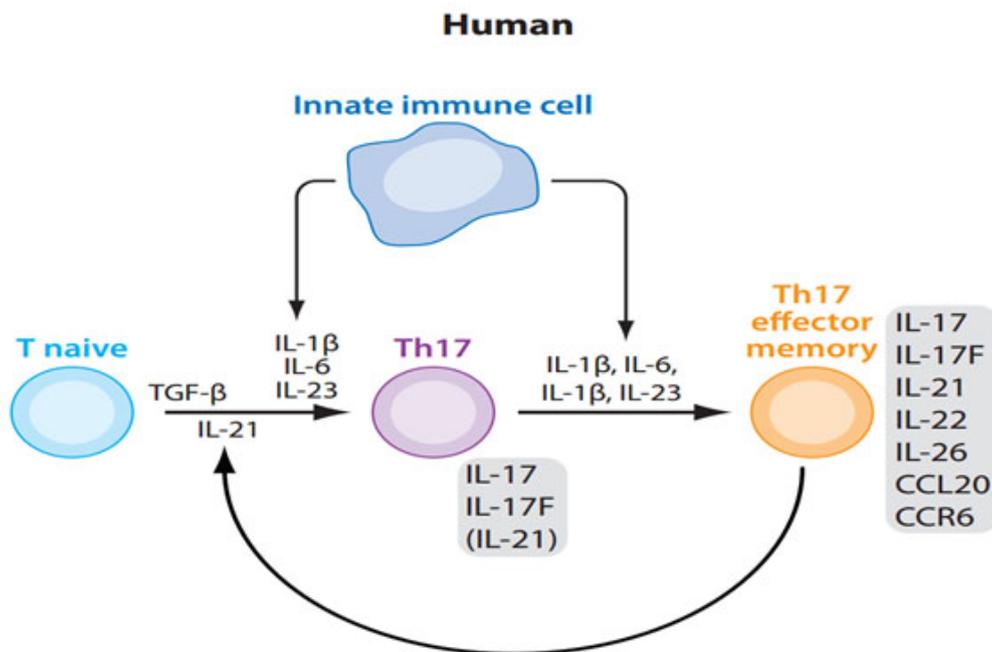


Figura 2. Factores necesarios para la diferenciación de las células TH17 en humano (Korn *et al.*, 2009)

Es curioso porque dos citoquinas con funciones contrarias trabajan juntas en la diferenciación de los linfocitos Th17. El TGF- β induce la diferenciación a linfocitos T reguladores a través del factor de transcripción Foxp3 (Figura 1). Esta diferenciación es regulable a través de la acción de las IL-6 o IL-21 en células Th17, que son capaces suprimir la expresión de Foxp3 inducida por TGF- β e induce la producción de IL-17 en colaboración al TGF- β (Figura 2) (Korn *et al.*, 2009). La TGF- β inhibe la expresión de uno de los factores necesarios para la diferenciación de las células Th17, el RORc (homólogo al ROR γ t), sin embargo, este factor es liberado de su inhibición cuando están presentes las citoquinas IL-6 o IL-21 (que está implicada en la amplificación de la diferenciación para el linaje Th17). Por otra parte, se propone que, en ausencia de inflamación, cuando los niveles de IL-6 no son elevados, IL-21 podría desempeñar un papel en el mantenimiento de la reserva de células precursoras Th17. A su vez, la IL-23 estabiliza el compromiso de las células del linaje Th17 a madurar como tales.

Una secreción autocrina de IL-6 e IL-21 inducen IL-23R de una manera dependiente de señales combinadas de ROR γ t y STAT3. Está claro IL-23R no se expresa en células T vírgenes, sin embargo, esta citocina parece ser esencial para la diferenciación completa y sostenida de células Th17 (Tagle *et al.*, 2014).

Relación con linfocitos T reguladores

Diversos estudios apuntan a que la producción característica de IL-17 por parte de las células Th17 está mediada por los factores de transcripción STAT3 y ROR γ t (Tagle *et al.*, 2014). Tanto ROR γ t como ROR α se asocian físicamente con Foxp3 para antagonizar unos con los efectos del otro. Esta asociación es probablemente la base molecular de la relación recíproca entre Tregs y células Th17 (Flores y Talamás, 2012).

La relación entre Th17 y Tregs también se refleja en la IL-2, que es un factor de crecimiento para Tregs. Esta interleuquina inhibe la diferenciación de los linfocitos Th17 y promueve la generación de los linfocitos Tregs (Korn *et al.*, 2009).

Funciones efectoras de los linfocitos Th17

Después de formarse las células Th17 la disponibilidad de IL-23 aparentemente se convierte en el factor limitante que determina si la respuesta Th17 se sostiene durante una respuesta inmune e inflamatoria. La IL-23 es producida en principalmente por células del sistema inmune innato (incluyendo DCs y macrófagos en el intestino). Esta interleuquina es un importante vínculo entre las células del sistema inmune innato y la respuesta adaptativa de las células Th17, pudiendo determinar si la respuesta de células T estará dominada por células Th17.

Tras la exposición a agentes patógenos que activan Toll like receptros específicos o de dectina las células dendríticas secretan distintas citoquinas (IL-12, IL-23 o IL-27). En el momento en el que una de las señales eclipsa a las demás se determina el tipo de respuesta inmunitaria que tendrá lugar (es decir: si las células T vírgenes se van a diferenciar a Th17 o no). Por poner un ejemplo:

- La IL-12 promueve células Th1 (cuya producción de IFN- γ inhibe también la generación de células Th17).
- Sin embargo, la IL-23 que segregan las células del sistema inmune innato (y los propios Th), que ya hemos visto que apoya la diferenciación sostenida de Th17.

Las señales de TLR pueden ser modificadas por señales de un receptor transmembrana de siete unidades acoplado a proteína G de dominio transmembrana. La PE2, al activar los receptores prostanoideos E, EPR2 y EPR4 en células dendríticas, puede decantar el equilibrio entre IL-12 y IL-23 hacia IL-23., de tal modo que éstas dominen y los linfocitos T vírgenes se diferencien en Th17 (Korn *et al.*, 2009).

Lo más característico de los linfocitos Th17 (a pesar de que sea evidente) es la síntesis de las interleuquinas IL-17 (los grupos de la A a la F, salvando la E, que es producida por las células Th2). Irónicamente estas citoquinas son sintetizadas por una gran variedad de células (tanto del sistema inmune innato como del adaptativo), incluyendo células T $\gamma\delta$, células NKT, células NK, neutrófilos y eosinófilos. Esta diversidad sugiere que la IL-17 ejerce un papel de nexo entre el sistema innato y el adaptativo, comprometiendo a los Th17 como efectores de una respuesta específica.

Las condiciones para la inducción de IL-17A e IL-17F en células T CD4 + son similares. Tanto IL-17A como IL-17F tienen propiedades proinflamatorias y actúan sobre un amplio rango de tipos celulares para inducir la expresión de citoquinas (TNF, IL-1 β , IL-6, GM-CSF, G-CSF), quimioquinas (CXCL1, CXCL8, CXCL10), y metaloproteinasas. Además, las células Th17 humanas producen CCL20 (un ligando para CCR6 que tiene actividad antimicrobiana, así como quimio-atractiva). IL-17A e IL-17F son también citoquinas clave para el reclutamiento, activación y migración de neutrófilos (Korn *et al.*, 2009).

Los receptores de IL-17 constituyen una familia distinta de receptores de citoquinas. La familia IL-17R incluye IL-17RA, IL-17RB, IL-17RC, IL-17RD e IL-17RE (los cuales son proteínas transmembrana de tipo I). Mientras IL-17RA e IL-17RC son los receptores de IL-17A y IL-17F. Los receptores de la IL-17E (también llamada IL-25, sintetizada por las Th2) permiten la comunicación con los Th2, y así regular más finamente la respuesta específica. Se ha observado que los receptores funcionan como homodímeros, como heterodímeros o incluso como oligómeros, según el caso concreto (en el caso de la IL-17F promueve una respuesta mucho mayor como heterodímero, mientras que la IL-17A tiene más repercusión si es señalizada mediante un homodímero) (Flores y Talamás, 2012).

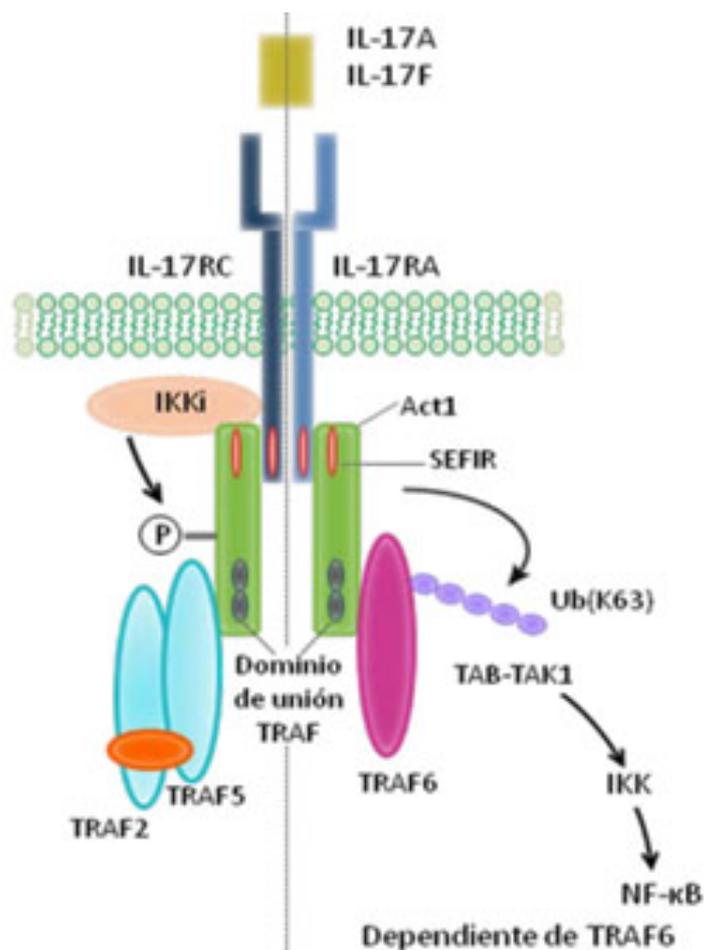


Figura 3. Diagrama ilustrativo de la señalización en membrana de la IL-17 (Flores e Talamás, 2012)

IL-17RA fue el primer receptor descrito y es el receptor cognado para IL-17. IL-17RA se une tanto a IL-17A como a IL-17F, aunque se une a IL-17A con mayor afinidad. IL-17RA se expresa de forma ubicua en tejido hematopoyético, pero también (en menor medida) en osteoblastos, fibroblastos, células endoteliales y células epiteliales (Flores y Talamás, 2012).

Las funciones biológicas de la IL-17 ha sido ampliamente estudiada, y, aunque aún falta mucho para su total caracterización, ya se conocen sus principales dianas: células mesenquimales y mieloides. La transducción de la señal acaba con la transcripción de genes que codifican para citoquinas proinflamatorias, hematopoyéticas, quimioquinas y péptidos antimicrobianos. Extendiendo la función se sabe que tiene efectos sobre la quimiotaxis en el sistema inmune (ya sea innato o adaptativo), y sobre la expansión de los neutrófilos (Flores y Talamás, 2012).

Se ha visto que los Th17 también pueden generar un desarrollo de centros germinales en los nódulos linfoides, promoviendo la supervivencia de los linfocitos B de memoria y por ende la respuesta humoral en futuras infecciones (Flores & Talamás, 2012; Korn *et al.*, 2009).

La mayoría de los estudios sobre los efectos de estos linfocitos en patologías son en base a enfermedades infecciosas, donde se ve que la señalización IL-17R es protectora frente a los patógenos iniciando la granulopoyesis y orientando el tráfico de neutrófilos. En el siguiente apartado vamos a poder ver las distintas funciones efectoras conocidas de estas células y su importancia en distintos tipos de enfermedades.

Relación con patologías

Al estudiarse los linfocitos Th17 se vio que estaban relacionados con reacciones inflamatorias infecciosas cuando, en un experimento en el que se exponían células T CD4+ a un lisado de *Borrelia burgdorferi* éstas fueron capaces de secretar masivas cantidades de IL-17. Más allá de los efectos proinflamatorios y autoinmunes de las células Th17, el linaje Th17 constituye una rama del sistema inmune adaptativo que tiene un papel en la defensa contra patógenos que requieren una respuesta inflamatoria masiva y no se tratan adecuadamente por inmunidad Th1 o Th2 (Korn *et al.*, 2009).

Las funciones efectoras de las células Th17 no han sido debidamente caracterizadas, es preciso considerar que han sido un descubrimiento relativamente reciente, así que aún hay mucho por hacer en este campo. Sin embargo, sí se saben muchos efectos.

Las citoquinas segregadas por los linfocitos Th17 les sirven para comunicarse con una amplia variedad de células (ya sea dentro del sistema inmune, o fuera). Mientras que la IL-21 (que se produce en grandes cantidades por células Th17) actúa sobre otras células inmunitarias tales como células B para amplificar las respuestas Th17, otras citoquinas producidas por células Th17 (incluyendo IL-17, IL-17F y IL-22) actúan sobre muchos tipos de células e inducen la producción de citoquinas y quimioquinas proinflamatorias para atraer neutrófilos al sitio de inflamación y péptidos antimicrobianos para reforzar directamente la defensa del huésped (Korn *et al.*, 2009).

Los Th17 recibieron el nombre de su citocina prioritaria: la IL-17A. No obstante, esta no es la única citocina de su producción, ya que como hemos visto a lo largo de este trabajo también sintetizan IL-17F, IL-21, IL-22, GM-CSF y potencialmente TNF e IL-6 (Liang *et al.*, 2006).

Durante el estudio y caracterización y efectos de los linfocitos Th17 y citoquinas asociadas se han podido relacionar con enfermedades infecciosas, enfermedades autoinmunes, reacciones de trasplante, alergia y tumor.

A continuación, podemos ver varios casos estudiados de enfermedades humanas en las que estas células tienen una u otra participación:

1. Psoriasis humana

La psoriasis es una enfermedad inflamatoria crónica que afecta a los queratinocitos, produciendo su exceso aberrante (y consecuentemente lesiones cutáneas). El rápido ciclo de los queratinocitos hace que

la piel pierda su estructura, y produce hiperplasia. El problema más grande del estudio patogénico de la psoriasis es que no existe un buen modelo animal para realizar los ensayos pertinentes antes de llevar el tema a la investigación clínica (Valdivia, 2006).

Factores psicológicos como el estrés, o factores psicosociales pueden desencadenar la secreción de la sustancia P que actúa sobre las células Mast, neutrófilos, linfocitos y macrófagos. Todos ellos influyen en procesos inflamatorios que se mantienen por los mecanismos de retroalimentación (Valdivia, 2006) como el que hemos visto anteriormente de IL-23. Otros factores amplificantes de la psoriasis son las infecciones que desencadenen procesos inflamatorios, como son las causadas por *Staphylococcus aureus* o por cándidas.

Existe todo un despliegue por parte del sistema inmune innato que activa por quimiotaxis los linfocitos, que completan su diferenciación gracias a las células presentadoras de antígeno. En este punto es donde se cree que los linfocitos Th la inflamación de la piel tanto en fases tempranas como en fases activas de la enfermedad (Valdivia, 2006).

La participación de las células Th17 (a parte del eje Th1/Th2) se hace notar al ver que las células T extraídas de lesiones cutáneas psoriásicas mostraron predominantemente un fenotipo Th17 (Korn *et al.*, 2009).

Estudios recientes sobre la expresión génica de la IL-17 y la actividad conjunta de otras citoquinas (tales que IFN- γ , IL-22, IL-23, IL-12, TNF...) han mostrado respuesta positiva a tratamientos con ciclosporina, y se ha visto una alta relación con la queratina 16. Pese a no estar demostrado ni definido en detalle el papel que desarrollan los linfocitos Th17, merece la pena desarrollar esta línea en busca de una terapia efectiva contra la psoriasis (Lowe *et al.*, 2008).

2. Artritis reumatoide

Existen evidencias de que la expresión de TNF, IL-1 e IL-17 son previas a la destrucción de la articulación en enfermos de artritis reumatoide (en cambio en IFN- γ era protector). Además de estas evidencias, no descritas a nivel molecular (como no está descrita la enfermedad tan en detalle), las funciones efectoras directas de las células Th17 inducen osteoclastogénesis, promoviendo la reabsorción y consecutiva reabsorción de cartílago y hueso (independientemente de TNF e IL-1).

Agravando la situación, y cómo ya hemos visto en varias ocasiones, los Th17 tienen varios ciclos de autoamplificación mediante las citoquinas que segregan, y en este caso al localizarse mucho en el tejido articular la alta síntesis de estos factores de diferenciación hacen que la población local de Th17 aumente con graves consecuencias (Korn *et al.*, 2009).

3. Esclerosis múltiple

Las citoquinas IL-17 e IL-6 están codificadas en unos de los genes con mayor actividad en casos de esclerosis múltiple. Esta alta producción se ha relacionado directamente con la enfermedad al documentar niveles elevados de IL-17 en el líquido cefalorraquídeo de pacientes con esta enfermedad. Un estudio in vitro sugirió que las células Th17 humanas podrían estar bien equipadas para romper la barrera hematoencefálica e infiltrarse en el parénquima del SNC, entrando así en el tejido causal de la enfermedad (Korn *et al.*, 2009).

Las células dendríticas diferenciadas de monocitos procedentes de la sangre periférica en pacientes se notificó una elevada expresión de IL-23 (recordemos que la IL-23 tiene efecto sustentador sobre la población de Th17, aumentando su actividad).

De este modo se observa una relación, sin duda importante, ente los Th17 y la patogénesis de la esclerosis múltiple.

4. Infecciones

Patógenos tan diversos como *Propionibacterium acnes*; *Citrobacter rodentium*; *Klebsiella pneumoniae*; *Pseudomonas aeruginosa*; *Bacteroides spp.*; *Borrelia spp.*; *Porphyromonas gingivalis*;

Mycobacterium tuberculosis; *Toxoplasma gondii*; hongos como *Pneumocystis carinii*, *Aspergillus fumigatus* y *Candida albicans* son distintos agentes infecciosos que pueden desencadenar una fuerte respuesta Th17 (Korn *et al.*, 2009).

Estudios de supresión de receptores de membrana han indicado que La IL-17A es clave contra las infecciones causadas por *Klebsiella*, *Candida* o *Porphyromonas gingivalis*. En infecciones por el parásito *Toxoplasma gondii* no se observa esta clara deficiencia en la defensa adaptativa, sin embargo, si se observa que la ausencia de un reclutamiento de neutrófilos en el sitio de la infección (recordemos que la IL-17 induce una respuesta tisular amplia que conduce al tráfico de neutrófilos al sitio de la inflamación) produce un notable aumento de la mortalidad (Korn *et al.*, 2009).

Los linfocitos Th17 de memoria presentan una reactividad particularmente alta frente a antígenos fúngicos, por lo que se supone que las células Th17 pueden ser inducidas, prioritariamente, a causa de infecciones fúngicas, desempeñando un papel importante en contra de dicho patógeno.

5. Alergia

Se ha descubierto que los Th17 tienen un papel importante en el desarrollo de las alergias, a pesar de la idea tradicional atribuida al eje Th1/Th2. Se ha reportado que la IL-17 se encuentra a niveles elevados en el pulmón y en el suero de pacientes que padecen de asma alérgica, y se ha apreciado una correlación entre la severidad de la enfermedad y los niveles de IL-17 (Flores y Talamás, 2012).

6. Enfermedades autoinmunes

La encefalitis autoinmune experimental (EAE) y la artritis inducida por colágena (CIA) son dos ejemplos de enfermedades autoinmunes provocadas de algún modo por los Th17 (Flores y Talamás, 2012). Las rutas o efectos concretos en estos casos están todavía por dilucidar, pero sí se ha aceptado que existe una relación directa entre estos linfocitos, y las enfermedades.

7. Cáncer

La asociación entre la inflamación y las enfermedades crónicas ha sido reconocida desde hace tiempo. Si bien ya se sabía que la inflamación crónica puede facilitar el desarrollo de un cáncer o el crecimiento de los tumores, recientemente se ha descubierto que la IL-17 favorece la promoción de la carcinogénesis y el crecimiento tumoral.

La IL-17 puede potenciar la expresión de metaloproteasas, acción que se traduce en la destrucción de la matriz extracelular, y efectos sucesivos que acaban activando la angiogénesis en células tumorales. Con diversos estudios se ha llegado al conocimiento de que la IL-17 promueve el desarrollo de cáncer debido a sus efectos antiapoptóticos y angiogénicos (Flores y Talamás, 2012).

Bibliografía

- Korn, T., Bettelli, E., Oukka, M., & Kuchroo, V. K. (2009). IL-17 and Th17 Cells. NCBI, Annu. Rev of Immunology, 27, 485-517.
- Flores-García, Y., & Talamás-Rohana, P. (2012). Interleucina 17, funciones biológicas y su receptor. REB, 31(1), 3-9.
- Liang, S. C., Tan, X. Y., Luxenberg, D. P., Karim, R., Dunussi-Joannopoulos, K., Collins, M., & Fouser, L. A. (2006). Interleukin (IL)-22 and IL-17 are coexpressed by Th17 cells and cooperatively enhance expression of antimicrobial peptides. Journal of Experimental Medicine, 203(10), 2271-2279.
- TAGLE, M. T., MELYS, A., CASTILLO, A., NORAMBUENA, X., & QUEZADA, A. (2014). Síndrome Hiper IgE: a propósito de tres casos clínicos. Revista chilena de pediatría, 85(3), 328-336.
- Valdivia-Blondet, L. (2008). Patogenia de la psoriasis. Arch Dermatol Perú, 18(4), 340-5.
- Lowes, M. A., Kikuchi, T., Fuentes-Duculan, J., Cardinale, I., Zaba, L. C., Haider, A. S., Bowman, P. B. & Krueger, J. G. (2008). Psoriasis vulgaris lesions contain discrete populations of Th1 and Th17 T cells. J. Invest Dermatology, 128(5), 1207-1211.

LOS LÍQUENES Y LA DEGRADACIÓN/ CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

Gamboa Osorio, J.P., Lago González, A., Nieto Iglesias, J., Núñez Estévez, B., Núñez
González, C.

jessicag14@gmail.com; agatalala@hotmail.es; javinietoiglesias@gmail.com;
bernabenunez16@gmail.com; carmennunez97@hotmail.com

Alumnos 2º Grado en Biología

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Profesora de la materia:

Aida García Molares

Resumen

Los líquenes son organismos simbiotes formados a partir de la asociación de algas procariotas o eucariotas y hongos. Son organismos pioneros, capaces de asentarse sobre casi cualquier tipo de sustrato. En este trabajo trataremos los efectos perjudiciales de su instalación sobre los materiales de edificios y monumentos, su papel en la conservación o deterioro del patrimonio arquitectónico, además de los factores ambientales que condicionan la aparición de las especies más frecuentes. También se tendrán en cuenta las técnicas de limpieza y conservación aplicadas sobre los diferentes materiales de construcción, así como los factores que se deben tener en cuenta a la hora de valorar la eliminación de la flora líquénica de las superficies.

Abstract

Lichens are symbiotic organisms made up by the association between prokaryotic or eukaryotic algae and fungus. Lichens are pioneer organisms that are able to settle on almost any kind of substratum. This assessment will address the damaging effects of their settlement on buildings and monuments, their role in architectural heritage conservation or deterioration and the environmental factors that determine the spawn of the more common species. In addition, there will be considered the cleaning and conservation techniques used on the different building materials, and the factors that we should take into account in order to assess whether or not the lichenic flora should be removed from surfaces.

Los líquenes son organismos pioneros

Los líquenes son asociaciones simbióticas, por lo general, entre ascomicetes y algunos géneros de algas verdes o cianobacterias. Los miembros fotosintéticos de estas asociaciones suministran los nutrientes orgánicos y, a su vez, el hongo los protege de condiciones ambientales extremas. Los miembros fotosintetizadores se denominan fotobiontes y pueden pertenecer a diversos grupos de algas: cianobacterias, clorófitas y en algún caso algas pardas. Los hongos se denominan micobiontes y en el 98% de los casos son ascomicetes (Paz y Burgaz, 2009). El papel del micobionte en este tipo de asociación simbiótica, en la mayor parte de los casos, es el de formar la estructura del líquen que se conoce como talo y, el fotobionte lleva a cabo el papel de nutrición (Paz y Burgaz, 2009). Las asociaciones simbióticas son uniones entre individuos de diferentes especies que benefician a los dos

organismos implicados; la dependencia puede ser tan fuerte que ninguna de las dos especies es capaz de sobrevivir sin la otra. Estudios recientes demuestran que en muchas especies, además de los componentes anteriormente reseñados está presente un basidiomicete unicelular del género *Cystobasidium*. El equilibrio de esta asociación reside en las aportaciones que tanto hongo como alga proporcionan respectivamente. En el caso del alga su desarrollo se ve favorecido por el ambiente más estable que le proporciona el micobionte y el hongo no cubriría sus requerimientos nutricionales sin las aportaciones orgánicas del proceso fotosintético del fotobionte (Fig. 1).

Los líquenes han sido capaces de colonizar casi cualquier tipo de medio, desde rocas hasta superficies metálicas. Barreno y Pérez Ortega (2003a) defienden que la liquenización podría interpretarse como una de las vías de colonización del medio terrestre por parte de seres heterótrofos, gracias a la adquisición secundaria de autotofía.

Según el aspecto que presenta la morfología del talo, se pueden diferenciar seis biotipos de líquen: fruticulosos, foliáceos, gelatinosos, de talo compuesto, escumulosos y crustáceos o incrustantes. En este documento nos centraremos en los líquenes de tipo crustáceo, más exactamente los que crecen en las rocas denominados líquenes saxícolas; los líquenes epilíticos crecen sobre la superficie rocosa mientras que los endolíticos se desarrollan en su interior.



Figura 1. Líquen crustáceo, *Diploschistes scruposus*, grisáceo recuerda ceniza sobre roca (fuente: <http://www.visoflora.com/photos-nature/photo-dip>)

Los líquenes crustáceos se caracterizan por estar fuertemente unidos al sustrato, carecen de córtex inferior y no pueden desprenderse sin romper una parte del medio en el que crecen. Este tipo de líquenes se sujetan al sustrato por medio de la médula o de un hipotalo (Barreno y Pérez Ortega, 2003b). Entre los crustáceos se pueden diferenciar los que crecen en superficies leñosas, roca o sobre hojas persistentes.

Los talos liquénicos tienen una serie de características fisiológicas que los diferencian de los hongos no liquenizados: son poiquilohidros adaptados al medio atmosférico desecante, tienen un crecimiento lento y gran longevidad, el micobionte adquiere los hidratos de carbono a partir de los sintetizados por el fotobionte y son capaces de desarrollarse en situaciones extremas. Ello lleva implícito una fisiología muy concreta y original, así como un ajuste de las estructuras anatómicas y morfológicas relacionadas con su funcionamiento. Los talos pueden soportar de forma repetida periodos de humectación y desecación sin que se desnaturalicen las proteínas de membrana de los simbioses o sin fallos en el funcionamiento de las mitocondrias o de los plastos (actuando de forma similar a como lo hacen los briófitos).

Se consideran organismos pioneros; los líquenes han sido capaces de colonizar hábitats adversos y de forma variada y eficaz debidos, en la mayor parte de los casos, a los mecanismos de reproducción que poseen.

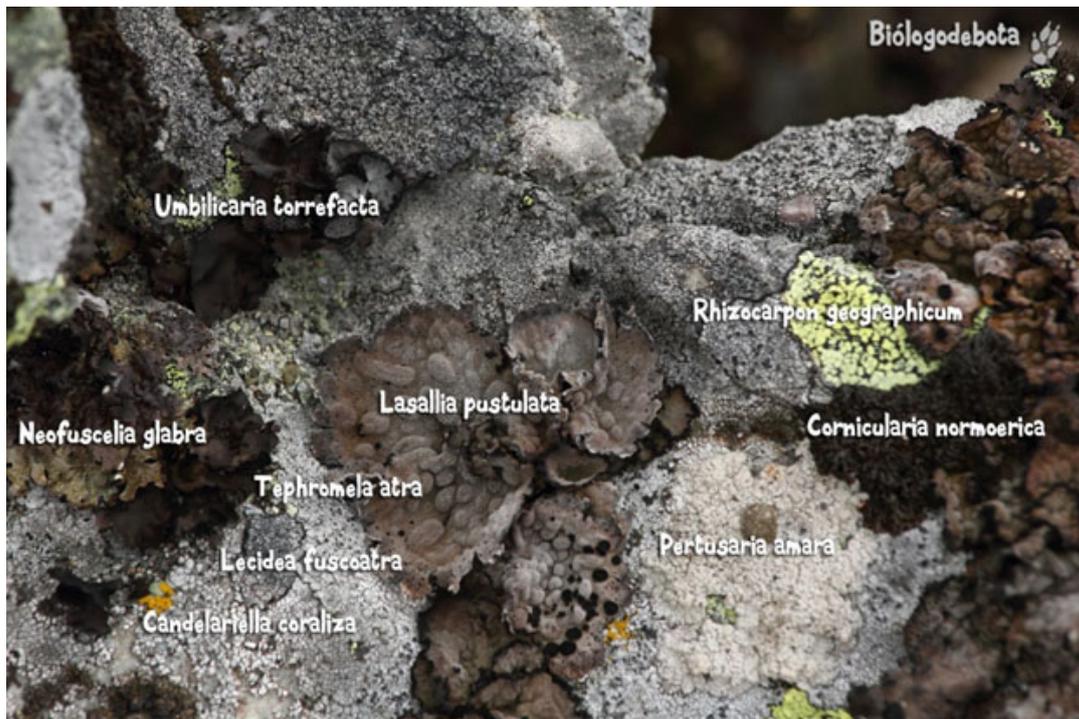


Figura 2. Roca silíceas totalmente cubierta por líquenes, muestra de la gran diversidad líquénica en un pequeño espacio de roca (fuente <http://biologodebota.blogspot.com.es/>)

La reproducción asexual es el único mecanismo reproductivo que garantiza que el alga y el hongo se diseminen en conjunto. El mecanismo más extendido es el de la fragmentación del talo, aunque la forma más ventajosa es la diseminación de isidios o soredios, propágulos exclusivos de líquenes en zonas costeras, todavía más susceptibles a la alteración (Carballal et al., 2001) e incluso uno de estos trabajos se refiere a la reciente colonización por parte de los líquenes en un edificio de reciente construcción, el Centro de Arte Contemporáneo de Galicia, en Santiago de Compostela (Silva et al. 1997).

Procesos de descomposición de la roca que desencadenan

Es indudable que los líquenes descomponen la roca; esto lo sabemos debido a las evidencias que en ella dejan al ser retirados. Los que generan un efecto más notable son los líquenes crustáceos, endolíticos o epilíticos, ya que se adhieren fuertemente al sustrato y lo alteran de forma mecánica y química.

La acción mecánica se basa en la meteorización física de la roca. El talo del líquen penetra en los granos minerales de la roca a medida que va creciendo; esto hace que los granos minerales se vayan disgregando. El volumen de los talos que provocan la disgregación puede ser variable, las modificaciones de la humedad del ambiente, dependiendo de la época del año, son la causa de la variación de su volumen, debido a la donde se encuentran ambos simbioses. Los isidios y soredios se desprenden del líquen por acción del viento, agua o el roce de algún animal y se dispersan en el ambiente. Cuando alcanzan un lugar donde las condiciones de temperatura, humedad, luminosidad y sustrato son idóneas, comienza a crecer un nuevo ejemplar. Precisamente es su facilidad para reproducirse lo que dificultan su eliminación.

Por otro lado, los líquenes se consideran organismos pedogénicos, ya que transforman el sustrato rocoso en el que se instalan al extraer los nutrientes para su desarrollo permitiendo el establecimiento de otros organismos vegetales sobre su superficie. Esta capacidad es el origen de las alteraciones en monumentos y fachadas de las ciudades, que producen un enorme gasto en métodos de prevención y limpieza. En este trabajo nos referiremos especialmente a todos los procesos degradativos de la roca, su repercusión sobre la arquitectura y, del mismo modo, a los procesos de limpieza y conservación de monumentos arquitectónicos.

En Galicia se han realizado varios estudios relacionados con los procesos de biodeterioro causados por los líquenes. Cabe destacar, entre entre tratados realizados sobre edificios construidos en roca granítica, que incluye varias iglesias (Silva *et al.*, 1997), algunas de ellas situadas capacidad de los talos para retener agua; esto es especialmente importante en los talos de los líquenes crustáceos endolíticos pues provoca que los granos minerales de la roca se remuevan haciéndolos más vulnerables a cualquier tipo de meteorización, lo cual conduce inevitablemente a la disgregación de la roca. En ciertos casos, el talo engloba a los granos minerales dejando una mayor superficie de la roca expuesta a cualquier tipo de degradación biogeoquímica.

En cuanto a la acción química, se debe fundamentalmente al efecto del agua; esta acción se ve acelerada por la meteorización física de la roca, ya que está más expuesta por la disgregación de los granos minerales. También la propia respiración celular, debido a la liberación de dióxido de carbono, produce un efecto acidificante sobre la roca, aunque podría considerarse casi despreciable en comparación con los ácidos orgánicos liberados por el componente fúngico del líquen.

El ácido oxálico es el principal producto ácido que excreta el hongo, aunque no se produce por todos los líquenes y depende mucho del tipo de sustrato sobre el que se desarrolla. La interacción de la roca con el ácido oxálico da lugar a la formación de oxalatos, en especial oxalato cálcico, que forman pátinas de diferentes colores, dependiendo del tipo de roca sobre la que se asientan. Las pátinas se producen debido a la escasa solubilidad de los oxalatos, aunque también influyen las condiciones ambientales. Además del oxalato cálcico, en la interacción líquen-sustrato, también se pueden generar oxalatos férricos, magnésicos, cúpricos y manganésicos.

En ocasiones no es fácil reconocer si la pátina que se observa sobre la roca es una capa de protección dada intencionadamente para la conservación de la roca o el producto de su interacción con el organismo vivo. Para averiguarlo habría que estudiar si la pátina está presente en capas más profundas.

Los líquenes producen diferentes sustancias polifenólicas exclusivas de la simbiosis; que forman parte de las denominadas sustancias liquénicas. A pesar de su escasa solubilidad y su pH no muy ácido tienen la capacidad de formar complejos con los iones metálicos que obtienen del sustrato; los líquenes están considerados como los productores más eficaces de agentes quelantes.

A pesar de los procesos de degradación física y química que ejercen sobre la roca, los líquenes también pueden llevar a cabo acciones beneficiosas: protegen la piedra de ciertos contaminantes en estado gaseoso, de la cristalización de las sales al reducir la evaporación actúan a modo de barrera contra el viento, las gotas de la lluvia y los cambios de temperatura.

Considerando estos factores, en las rocas graníticas no está muy claro hasta qué punto los líquenes alteran o protegen la roca. En el mármol y en las calizas sí se aprecia un mayor grado de degradación. Algunos autores consideran que los líquenes no degradan los monumentos y resto de obras de arte, sino que los consideran como un valor estético añadido.

Diferencias detectadas en función de las características de las rocas

Los líquenes son capaces de vivir sobre una gran variedad de superficies, naturales y artificiales. Las superficies minerales sobre las que se asientan varían enormemente en su composición y características. Las diferentes especies de líquenes saxícolas muestran preferencia a la hora de asentarse en determinados tipos de roca (Barreno y Pérez-Ortega, 2003a).

La composición química es uno de los factores más importantes de discriminación (Fig. 3). Los líquenes obtienen gran parte de los macro y micronutrientes por vía aérea o a través del agua que fluye sobre el talo, pero el sustrato también es una importante fuente de iones, como el Ca^{+2} , que obtienen por métodos de meteorización física y química de la roca. Como consecuencia, la concentración de Ca^{+2} en el sustrato es un importante factor discriminatorio. Las especies que viven sobre rocas de naturaleza calcárea, como mármoles y calizas, son muy diferentes de aquellas que viven sobre rocas de naturaleza silíceas, como los granitos o esquistos.



Figura 3. *Dimelaena oreina*, líquen sobre rocas silíceas en la cuenca mediterránea (fuente: <http://elrincondelrio.blogspot.com.es/>)

Los géneros *Lecanora* y *Placynthium* se desarrollan sobre sustratos calcáreos, entre los que se incluyen el hormigón, los cementos y las argamasas. Por el contrario, los géneros *Umbilicaria*, *Xanthoparmelia* y *Pseudephebe* prefieren sustratos de naturaleza silíceas.

Otros elementos como el hierro y el magnesio de una roca también condicionan el desarrollo de los líquenes.

Las características físicas entre las que se encuentra dureza, porosidad y facilidad de exfoliación de la roca, determinan la velocidad de crecimiento del talo. La dureza de una roca condiciona la capacidad del talo para la obtención de iones y, por tanto, puede ralentizar el crecimiento del líquen. La porosidad influye en la capacidad de retención de agua, que juega un importante papel en la discriminación de especies. La exfoliación y estabilidad de una roca determinan la permanencia de los talos y, en consecuencia, su longevidad.

El color influye sobre la cantidad de energía que la roca capta de la radiación solar y, por consiguiente, provoca variaciones en la temperatura del sustrato.

El pH del sustrato afecta a la formación de iones lo que influye en varios aspectos de la biología del líquen, como la alteración química de la roca. Las rocas calcáreas tienen un pH básico mientras que las rocas silíceas tienen un pH ácido. Esta diferencia es el principal motivo por el que presentan comunidades de líquenes muy diferentes (Fig. 4).



Figura 4. *Lobothallia radiosa*, líquen desarrollado sobre rocas calcáreas (fuente: <http://biomoncayo.blogspot.com.es>)

También se ven afectados por el clima de la región. El volumen de precipitaciones y la temperatura a lo largo del año condicionan su velocidad de crecimiento.

Podemos decir en, conclusión, que las características físicas y químicas de las rocas y de otros sustratos minerales ejercen una fuerte influencia sobre las poblaciones de líquenes que viven sobre o dentro de ellas, al igual que las condiciones climáticas de las regiones en las que se desarrollan.

Procedimiento de limpieza de edificios y monumentos

En los trabajos de recuperación y puesta en valor de edificios históricos o monumentos pertenecientes al patrimonio cultural de una región, la limpieza de las superficies cobra un interés particular: esta es una



Figura 5. Fachada de la catedral de Santiago, donde se aprecia la colonización por parte de líquenes (fuente: <https://www.flickr.com/photos/88068852@N05/10648350934>)

operación delicada e irreversible que no da la posibilidad de corregir errores y puede dañar irreparablemente las superficies, por lo que debe afrontarse con todas las precauciones posibles (Fig. 5).

Debe controlarse cada fase del proceso de limpieza, ha de ser graduable y selectiva, pudiéndose eliminar exactamente lo que se desea; tampoco debe originar sustancias agresivas que condicionen la durabilidad y conservación de las superficies, como por ejemplo sales solubles o expansivas. Además, no debe producir modificaciones, microfracturas o fuertes abrasiones sobre la superficie limpia, pues podría acelerar el deterioro debido al aumento de la porosidad superficial ya que todos los procesos físico-químicos de alteración de los materiales se encuentran directamente vinculados a la porosidad. También es importante señalar que la limpieza debe eliminar en lo posible toda la materia orgánica, pues la presencia de residuos orgánicos facilitará la colonización de otros microorganismos (Fig. 6).



Figura 6. Monumento recién limpiado (fuente: <http://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/221/58-Rosato.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

El crecimiento de seres vivos sobre la piedra puede llegar a producir daños de diversa consideración. El problema de las colonias de biocolonizadores es que, aunque suelen ser fáciles de eliminar, si permanecen las condiciones favorables para su desarrollo vuelven a aparecer al cabo de un corto tiempo. La única solución es un mantenimiento periódico (Fig. 7).

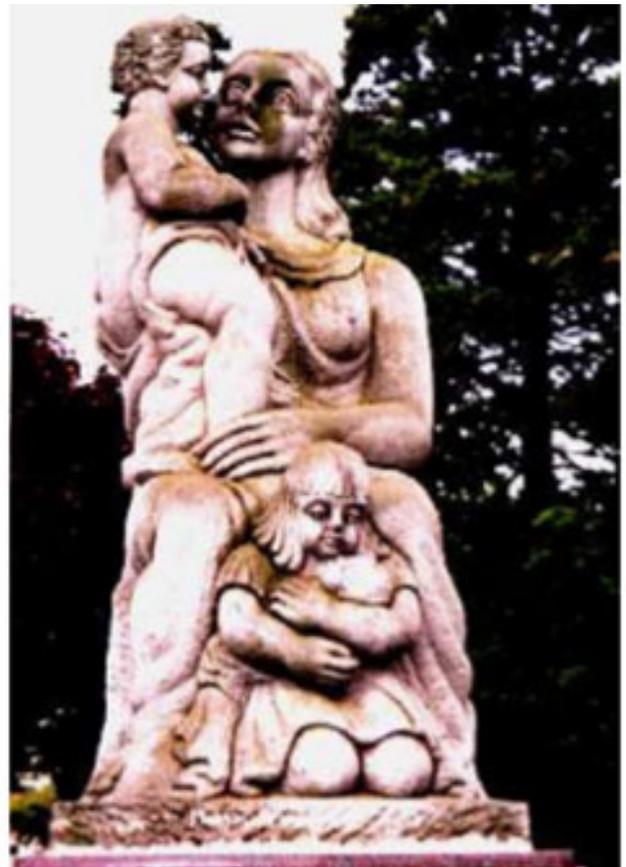


Figura 7. Monumento un año después de la limpieza (fuente: <http://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/221/58-Rosato.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

En todos los casos, la limpieza, al igual que las demás tareas de restauración y conservación, debe ser realizado por personal especializado, que conozca los límites y posibilidades del método empleado, porque, aunque la técnica elegida debe ser adecuada, el éxito de la limpieza depende más de la pericia de los operadores.

En algunos casos, inicialmente debemos plantearnos la conveniencia de eliminar la cubierta liquénica, porque como bien se ha mencionado anteriormente, el daño que producen podría ser compensado por su papel protector, ya que bajo su superficie se genera una capa de humedad constante, además de suministrar un cierto efecto hidrofugante. La desaparición de los líquenes puede favorecer el crecimiento de otro tipo de microorganismos, como las bacterias, debido a la supresión de la competencia, dándoles la oportunidad de colonizar la superficie expuesta y más porosa dejada por el líquen. También puede ocurrir que al suprimir la capa de líquenes, la superficie alterada quedase expuesta a la intemperie, siendo más susceptible a la meteorización. También pueden actuar como protección contra los agentes contaminantes atmosféricos potencialmente nocivos para los materiales constitutivos del sustrato. Por esta razón, en muchos casos, debe plantearse la posibilidad de aplicar tratamientos de consolidación. En consecuencia, no existen normas generales para actuar frente a estas colonizaciones debiendo considerarse las ventajas e inconvenientes en cada caso concreto.

Son varios los métodos de control para evitar el biodeterioro del patrimonio arquitectónico; se suele seleccionar el más adecuado en función del material y el tipo de organismo que lo colonizan.

El control de los factores ambientales solo es posible en el caso de las estatuas. En el caso de edificios es importante evitar que los materiales se mojen, o que por lo menos no permanezcan húmedos largo tiempo, ya que el agua es el suministro habitual de nutrientes para los microorganismos. El método preventivo debe efectuarse siempre como complementario a otros, y de hecho, son varios los autores que lo consideran como un primer paso para eliminar los factores que favorecen o aceleran el biodeterioro.

Hay una gran cantidad de métodos que se emplean para la limpieza de monumentos y edificios, pero muchos de ellos no resultan suficientemente eficaces. Uno de estos métodos es la eliminación mecánica de los organismos, consiste en la remoción manual de las estructuras liquénicas; su baja efectividad se debe a que, generalmente, no se eliminan totalmente los organismos, sino únicamente la parte superficial, permitiendo que permanezcan las estructuras que crecen en profundidad y, por tanto, dándole la oportunidad de reproducirse de nuevo (Fig. 8). Pese a su baja eficacia como método de limpieza propiamente dicho, tiene una función útil en la rutina de mantenimiento y en los primeros pasos de limpieza, especialmente cuando es necesario reducir la biomasa para luego proceder con otros tratamientos.



Figura 8. Herramienta mecánica para el repicado de las juntas. Fuente: <http://polipapers.upv.es/index.php/loggia/article/view/3561/3791>

Para la eliminación de los líquenes también se ha utilizado el hidrolavado; este tratamiento no es especialmente recomendable. En hidrolavado se utilizan aparatos que usan presión variable y boquillas que generan un chorro helicoidal que impacta tangencialmente sin dañar la superficie. Cuando la superficie se encuentra colonizada por líquenes, en muchos casos el hidrolavado no resulta suficiente, especialmente cuando presentan sorelios e isidios, ya que este tipo de propágulos se dispersan en el ambiente por acción del viento y del agua. En consecuencia, al aplicar el hidrolavado se elimina el líquen, pero se diseminan los propágulos, que volverán a colonizar esa superficie rápidamente, y otras ubicadas en las proximidades. En estos casos, es recomendable eliminar los líquenes mediante la acción de biocidas (el tratamiento más utilizado hoy en día). Los biocidas son un grupo heterogéneo de agentes químicos cuya aplicación proviene de disciplinas que nada tienen que ver con la restauración, como pueden ser la medicina o el sector agrario. Estos compuestos actúan directamente matando por contacto, aunque también pueden interferir en los procesos metabólicos, inhibiendo la síntesis de aminoácidos, proteínas, lípidos, etc. De esta forma diferenciamos los agentes biocidas, si matan a los organismos, y denominamos biostáticos, si inhiben su crecimiento. Los dos problemas fundamentales que pueden ocasionar estos compuestos son el deterioro de la piedra (alteración química, cambio de color, cristalización interna de residuos salinos) y su toxicidad.

La elección del método a emplear debe hacerse cuidadosamente, tratándolo como un tema de gran importancia, seleccionando aquel o aquellos que mejor se adecúan al problema. Por ejemplo, en el caso de un sustrato colonizado simultáneamente por líquenes que ejercen una acción destructora y por líquenes que actúan como protectores, se debe elegir un método que permita destruir a los primeros y que no afecte a los segundos. El biocida a utilizar debe cumplir ciertos requisitos: no sólo debe ser efectivo y tener acción selectiva contra los microorganismos (líquenes, en nuestro caso), sino que además no debe afectar al material, tanto en forma directa o dejando depósitos sobre él. Puede acudir a geles básicos (como la aplicación de apósitos de AB57), sales de amonio cuaternario, n-etil-isotiazolinona o efectuar tratamientos con formol diluido en agua, lo que facilita posteriormente su remoción con medios mecánicos o manuales.

Algunos de los procedimientos utilizados en la limpieza de monumentos en Europa contra las colonias de líquenes son hipoclorito de litio en solución acosa al 2%, seguida de la aplicación de un detergente neutro, para terminar con un tratamiento a base de triazina, que puede generar sales peligrosas, por lo que hay que tomar las debidas precauciones (García de Miguel, 2009)

El uso de biocidas siempre implica un riesgo de manipulación y para el medio ambiente derivado de su toxicidad. Su eficacia se ve limitada en el tiempo, por lo que un buen programa de mantenimiento constituye el biocida más seguro y eficaz.

Medidas de prevención para impedir el desarrollo de algas y líquenes:

Las algas verdes (el verdín de los monumentos y sillares) se desarrollan sobre materiales calizos y en ambientes húmedos, donde forman sustratos ricos en materia orgánica, favorables a la retención de polvo y humedad, favoreciendo los procesos de alteración químicos. Los líquenes se fijan preferentemente sobre superficies rugosas y son más abundantes en ambientes no contaminados, iluminados y bien ventilados. El grado de modificación que sufren los materiales varía, de forma más o menos gradual, desde la superficie expuesta hacia su interior. Además de los métodos de limpieza anteriormente expuestos, se recomienda aplicar medidas de restauración y prevención de las superficies limpias (Tabla 1).

Tabla 1. Intervención: metodología y resultados

Metodología Y Resultados			
Lesión	Causa	Actuación	Resultado
Pérdida de material	Humedad	Preconsolidación (silicato de etilo) Hidrofugación (elementos expuestos) Patinado (hidróxido de cal)	Estabilización de la piedra. Protección de la fábrica. Entonación de paramentos.
	Acción del hielo		
	Contaminación atmosférica (yesificación)		
	Presencia de mortero de cemento Pórtland	Sustitución por mortero tradicional de cal	Saneado de las juntas de sillares.
Suciedad	Residuos de combustibles fósiles	Limpieza de costra negra (mecánica, láser, química)	Control de los procesos de deterioro de la piedra.
	Biodepósitos		
	Vegetación, costra biogénica	Tratamiento biocida (sales cuaternarias)	

Las primeras propuestas de actuación deben dirigirse a reducir la humedad y la contaminación. Para ello, es importante efectuar el drenaje del subsuelo y reparación de cubiertas.

En cuanto a los trabajos de rejuntado, en primer lugar se eliminan las zonas reintegradas en las intervenciones anteriores con mortero de cemento o de resina, al igual que se elimina el polvo, el hollín, materiales orgánicos e incluso los morteros descompuestos o degradados. Los trabajos de repicado se pueden realizar antes o después de la limpieza. Y tras la realización de algunas pruebas con métodos manuales y mecánicos (el material degradado se elimina hasta alcanzar el material sano), se ha llegado a la conclusión de que estos últimos son más precisos.

A continuación, las caras internas de la sillería se desengrasan con disolventes (alcohol tricloroetileno, etilo) y se humedecen con el fin de prepararlos adecuadamente para el rejuntado posterior. Para empezar, se humedece la superficie con agua desionizada; sobre ella se aplica el mortero base con espátula, pasando una esponja al empezar su fraguado para conseguir una superficie más rugosa y de mejor adherencia a la capa de mortero de acabado. Luego, tras humedecer de nuevo la superficie con agua desionizada, se ejecuta el mortero de acabado final y, cuando éste inicia su fraguado y se presenta "tirante", se cepilla la superficie de las juntas antes de que se cure el mortero con el fin de sacar el grano y conseguir la textura adecuada. Ha de identificarse el tipo de mortero original (tabla 2) para realizar los ensayos compositivos con el objetivo de reponerlo en aquellas juntas donde ha sido eliminado o en casos en que se haya usado la junta resaltada, puesto que este tipo de junta actúa como soporte ante una acumulación de polvo y contaminación (origen de graves degradaciones). Para ello, se realiza una "junta enrasada cóncava" evitando así la retención de agua y, por tanto, la aparición de pátina biogénica (biodeterioro), y la formación de costra negra.

Tabla 2. Mortero: Algunos tipos de mezclas y proporción (H: hidráulicos AH: aéreo o hidráulico A. Aéreo)

H	Tipo	Componentes	Relación	Usos
AH	Calcáreo	Cal: Árido	1:1	Enlucidos
AH	Calcáreo	Cal: Árido	1:2	Revoques
AH	Calcáreo	Cal: Árido	1:3	Muros de ladrillo.
AH	Calcáreo	Cal: Árido	1:4	Muros de mampostería.
AH	Mixto bastardo	Cemento: Árido	Cal: 1:2:6	Obras corrientes
AH	Mixto bastardo	Cemento: Árido	Cal: 1:1:6	Muros cargados, impermeables.
AH	Mixto bastardo	Cemento: Árido	Cal: 1:1:8	Muros poco cargados.
AH	Mixto bastardo	Cemento: Árido	Cal: 1:1:10	Cimientos
AH	Mixto bastardo	Cemento: Árido	Cal: 1:1:12	Revoques impermeables.

En lo que respecta a la consolidación, el material utilizado es un agente consolidante líquido que debe penetrar profundamente en la piedra, mejorando su cohesión interna, la adhesión entre las partes dañadas y aquellas no alteradas. La finalidad del consolidante es reducir la porosidad del material, para disminuir su susceptibilidad al ataque químico del agua y a su vez la colonización de organismos (líquenes y algas). Se recomienda usar un consolidante compuesto por ésteres etílicos del ácido silícico y polixiloxanos oligoméricos, disueltos en aguarrás mineral para un óptimo grado de absorción hasta el núcleo sano de la piedra. Los ésteres etílicos reaccionan y se transforman en el gel de sílice y alcohol etílico. Muchos de los productos utilizados comúnmente como consolidantes tienen propiedades hidrorrepelentes hidrofugantes, lo que les confiere un efecto protector.



Figura 9. Consolidación de la laceria en Las Torres de Serrano en Valencia. Fuente: <http://polipapers.upv.es/index.php/loggia/article/view/3561/3791>

La consolidación sobre sillares depende del estado de conservación en que se encuentren. Las aplicaciones del consolidante se realizan con el soporte totalmente seco y el producto se deja actuar durante un tiempo hasta que complete su reacción. Para después proceder a la hidrofugación (Fig. 9).

Se utilizan productos químicos hidrofugantes que, sin cambiar el aspecto del monumento, evitan la penetración del agua en los poros de la piedra, ralentizando los fenómenos de degradación. Sin embargo, estos productos tienen una duración limitada en el tiempo, y necesitan mantenimiento periódico que garantice su eficacia. Para seleccionar el tratamiento de hidrofugado más idóneo, se deben ensayar in situ o en laboratorio varios productos hidrofugantes, y se determinan distintas propiedades para su evaluación (ganancia de peso, profundidad de penetración del producto, cambio de color, ángulo de contacto y permeabilidad al vapor de agua). El modo de aplicación es también un parámetro a tener en cuenta en el proceso; puede ser por nebulización de la superficie, aplicado por impregnación (para asegurar su penetración en la piedra y el cierre de la porosidad aparente superficial) o directamente con un rodillo y en varias manos consecutivas; este último sistema garantiza mayor penetración del hidrofugante en el soporte. Para que el tratamiento sea aceptable, el producto aplicado debe proteger la piedra del agua de la lluvia y de la humedad del ambiente, manteniéndola al mismo tiempo permeable frente a la humedad que pueda proceder de su interior. Es importante que no altere el aspecto de la piedra y su estabilidad cromática.

Un programa de mantenimiento debe contemplar como mínimo los siguientes aspectos:

- Control de las vías de drenaje del agua, de la humedad en la piedra y del biodeterioro.
- Estado y evolución de los elementos consolidados y adheridos.
- Valoración de la capacidad hidrorrepelente.
- Evolución del aspecto de la superficie: grado de limpieza, aparición de disgregaciones.

Bibliografía

- Alexopoulos, C. J., Mims, C.W. y Blackwell, M. (1996) *Introductory Mycology*, 4ª edición, New York. John Wiley & Sons, Inc.: 382-391.
- Alonso, F. J.; Esbert, R. M.; Ordaz, J. y Vázquez, P. (2006) Análisis del deterioro en los materiales pétreos de edificación. *ReCoPaR*, 3: 23-32. Recuperado de: [http:// polired.upm.es/ index.php/recopar/article/download/2131/2209](http://polired.upm.es/index.php/recopar/article/download/2131/2209) [consultado el 4 de diciembre del 2016].
- Barreno, R. E., y Pérez-Ortega, S. (2003a) *Biología de los líquenes*. Oviedo. KRK ediciones. Recuperado de: http://www.uv.es/barreno/Biologia_de_los_liquenes.pdf, [consultado el 9 de diciembre del 2016]
- Barreno, R. E. Y Pérez-Ortega S. (2003b) *Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos, Asturias*. Oviedo. Grafinsa: 83-89.
- Caneva, G., Nugari, M. P., y Salvadori, O. (2000) *La Biología en la Restauración*. Guipúzcoa. Edita Nerea.
- Carballal R., Paz-Bermúdez G., Sánchez-Biezma M.J., Prieto B. (2001) Lichen colonization of coastal churches in Galicia: biodeterioration implications. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 47: 157-163.
- De Paz, G.A., y Burgaz, A. R. (2009) *Líquenes epifíticos del Hayedo de Montejo de la Sierra (Madrid)*, Madrid. Editorial Universidad Complutense. Recuperado de: <https://revistas.ucm.es/index.php/BOCM/article/download/.../6539> [consultado el 9 de diciembre del 2016].

- Esbert, R.M., Rojo, A., Alonso, F.J., Mateos, F., Ordaz, J., y Valdeón, L. (2004) La restauración de la torre y el claustro de la catedral de Oviedo. Oviedo. Ediciones Nobel.
- García de Miguel, J.M. (2009). Tratamiento y conservación de la piedra, el ladrillo y los morteros. Madrid. Edita Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Nash III T. H., editor (2008) Lichen biology. Cambridge University Printing House: 236-241 (2ª edition).
- León, R. V. (2015) Análisis de la acción alterante de los líquenes sobre materiales pétreos de edificios de la ciudad de Toluca. México D.F. Universidad Autónoma de México. Tesis doctoral (inédita).
- LEMIT (Laboratorio de entrenamiento multidisciplinario para la investigación tecnológica) (2002) Hidrolavado de superficies colonizadas por líquenes en monumentos y edificios históricos. Recuperado de: <http://digital.cic.gba.gov.ar/bitstream/handle/11746/221/58-Rosato.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [consultado el 9 de diciembre del 2016].
- M. Brodo I. y Duran Sharnoff S. (2001) Lichens of North America, Yale University Press, New Haven y Londres, 45, 47, 50.
- Mileto, C., y Cervera Arias, F. (2003). La restauración de las Torres de Serranos de Valencia. Logia, Arquitectura y Restauración 14-15: 114-143. Recuperado de: <http://polipapers.upv.es/index.php/loggia/article/view/3561/3791> [consultado el 9 de diciembre del 2016].
- MNCN (Museo Nacional de Ciencias Naturales) (2013) Es posible reducir la cantidad de biocidas utilizados para combatir el biodeterioro de monumentos. Recuperado de: http://www.mncn.csic.es/InformacinGeneralContacto/Blog_Biodeterioro_y_accion_de_biocidas/seccion=1235&idioma=es_ES&id=2013021415580001&activo=12.do [consultado el 9 de diciembre del 2016]
- Negros, A. D. C. (2010). ANEXO II. El abrigo de ciervos negros (Moratalla, Murcia). Murcia. Tres Fronteras Ediciones.
- PRIETO, B. (1996). Biodeterioro de rocas graníticas. Contribución de los líquenes al deterioro del patrimonio monumental construido. Universidad Santiago de Compostela. Tesis doctoral (inédita).
- Puy-Alquiza, M. J., Gómez Peralta, M., Miranda-Avilés, R., Reyes-Zamudio, V., Salazar-Hernández, M., y Ordaz Zubia, V. Y. (2015). El rol de las comunidades de líquenes en el deterioro superficial de su substrato rocoso: estudio de la interfase líquen-roca en dos monumentos históricos de la ciudad de Guanajuato, México. Acta Universitaria, 25(4): 35-47.
- Silva B., Prieto B., Rivas T., Sanchez-Biezma M. J., Paz G. y Carballal R. (1997) "Rapid Biological Colonization of a Granitic Building by Lichens". International Biodeterioration & Biodegradation 40: 263-267.

PAPEL DOS NEUROTRANSMISORES DOPAMINA E SEROTONINA NA ACTIVACIÓN/DESACTIVACIÓN DA RESPOSTA AO ESTRÉS CRÓNICO EN PEIXES TELEÓSTEOS

Naderi, F.¹ ; Chivite Alcalde, M.²

mchivite@uvigo.es

Resumo

1- Alumna de doutorado

DO*MAR.

2- Alumno de mestrado en

Acuicultura.

Tutores: Marcos A. López

Patiño, Jesús M. Míguez

Miramontes

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Este estudo recolle datos dunha investigación que tivo como obxectivo entender a integración neuroendocrina en condicións de estrés nos peixes teleósteos. O estudo demostrou que dous dos neurotransmisores monoaminérxicos cerebrais, a dopamina e a serotonina, teñen un papel importante na sinalización dos sinais de estrés e no inicio/final da resposta neuroendocrina. Tanto o sistema dopaminérxico como o serotoninérxico actívanse en situación de estrés prolongado e desactívanse gradualmente cando desaparece o estímulo estresante, todo elo funcionando en paralelo cos cambios nos niveis circulantes de cortisol, a principal hormona implicada na resposta ao estrés crónico.

Introducción

En acuicultura, o benestar animal é un aspecto de especial relevancia dado que inflúe de maneira directa no crecemento, a capacidade de defensa fronte a enfermidades e a actividade reprodutiva dos peixes. Con todo, o benestar pódese ver comprometido durante os procesos de manexo dos animais, ou por defectos na calidade da auga, a condición alimenticia, etc, dando lugar a situacións de estrés. Estas poden ser agudas, se aparecen de forma puntual ou crónicas, se persisten no tempo, sendo estas últimas as máis dañinas en termos de benestar e supervivencia dos animais. Entre as situacións que inducen estrés crónico destacan a baixa renovación da auga ou o agrupamento dun gran número de peixes nos tanques de cultivo.

A resposta fisiolóxica ao estrés consiste nunha serie de fenómenos coordinados que aparecen nos animais cando estes son sometidos a estímulos estresantes. Dende un punto de vista fisiolóxico a resposta ao estrés pódese dividir en tres fases (Figura 1). Así, entendemos como **resposta primaria** a activación a nivel límbico cerebral de compoñentes neuroendocrinos, que conleva finalmente á liberación ao torrente sanguíneo das hormonas catecolaminas e o cortisol. Estas substancias provocan unha serie de cambios inmediatos no organismo (aumento de latido cardíaco, alteración do metabolismo e de parámetros hematolóxicos, etc.) os cales son coñecidos como **resposta secundaria**. A **resposta terciaria** engloba os efectos que ten o estrés a nivel xeral no organismo, alteracións no crecemento, na capacidade reprodutiva, na inxestión, e no seu comportamento social (Wendelaar Bonga, 1997; Iwama et al., 2006).

A primeira fase iniciase coa activación dunha serie de centros nerviosos localizados na área preóptica e no hipotálamo. Estes compoñentes neuroendocrinos usan dúas grandes rutas para coordinar a resposta ao estrés, unha denominada eixo hipotálamo-sistema simpático-tecidos cromafíns (homólogos a cortiza suprarrenal en mamíferos), responsable da liberación de catecolaminas ao sangue, e outra que se activa dun xeito máis lento o eixo hipotalálamo-hipófisis-tecido interrenal que é responsable da liberación do cortisol (Figura 2).

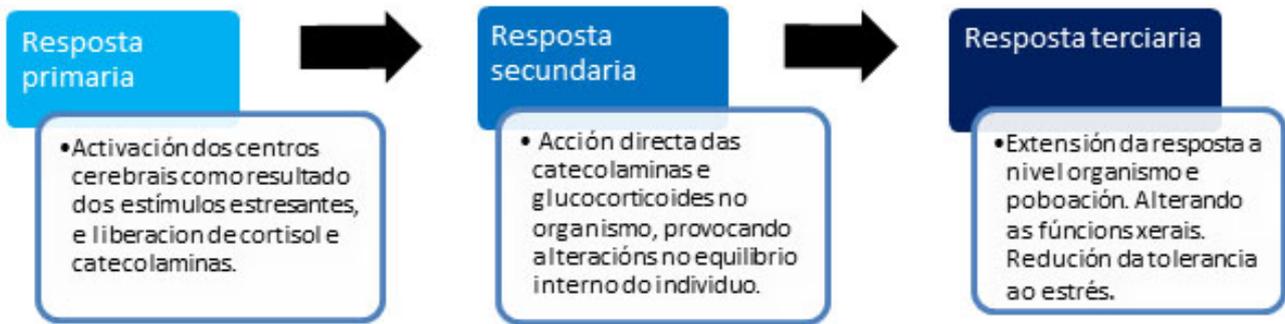


Figura 1. Etapas cronolóxicas da resposta integrada ao estrés en vertebrados

Eixo hipotálamo-sistema simpático- tecidos cromafíns (eixo HSC)

É o responsable da liberación ao sangue de catecolaminas. Tras unha situación de estrés, activanse de inmediato os circuitos nerviosos localizados no hipotálamo e na área preóptica, que envían dun modo aferente e mediante neuronas simpáticas, información ao tecido cromafín do ril anterior. A liberación das catecolaminas desde dito tecido está sometido deste xeito a un complexo control central no que podían participar os neurotransmisores monoaminérxicos cerebrales (Winberg e Nilson, 1993; Gesto *et al.*, 2013).

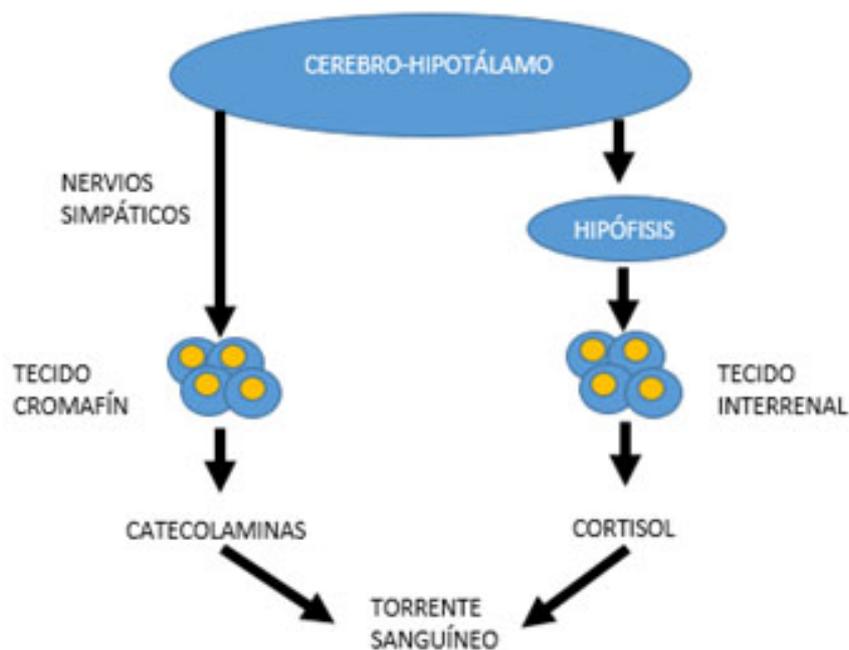


Figura 2. Sistemas neuroendócrinos involucrados na resposta ao estrés nos vertebrados

A liberación de catecolaminas, adrenalina e noradrenalina, no sangue ocorre rapidamente, aumentando os niveis circulantes destas substancias de inmediato, e adoitan permanecer elevados solo durante algúns minutos (1-5 min) (Randall e Perry, 1992; Reid *et al.*, 1996; Gesto *et al.*, 2013). Durante o estrés crónico os niveis circulantes de catecolaminas adoitan ser elevados ao principio, aínda que se atenúan rapidamente cando o estrés se prolonga no tempo (Randall e Perry, 1992).

Eixo hipotálamo-hipófise-tecido interrenal (eixo HPI)

Encargado do control da síntese do cortisol (esteroidexénese). Tras un estímulo estresante estímase a liberación do factor liberador de corticotropina (CRF) dende o hipotálamo. Esta hormona, a súa vez, estimula a produción de corticotropina (ACTH) nas células corticotropas da hipófise, a cal é liberada ao torrente sanguíneo, chegando ao tecido interrenal e provocando aquí a síntese e posterior liberación de

cortisol (Bernier, 2006; Gesto *et al.*, 2013). A liberación de cortisol ocorre con retraso en comparativa directa coa liberación de catecolaminas, por contra esta substancia mantense activa máis tempo no organismo. Nos primeiros estadios a liberación de cortisol ten un grande efecto catabólico sobre o metabolismo intermediario (aumento da glicoxénese, aumento da actividade lipolítica, etc.), mentres que a longo prazo a presenza de cortisol no medio interno dos organismos provoca efectos negativos, tales como o descenso na inxestión de alimento e, inhibicións nas capacidades reprodutivas dos individuos, inmunodepresión, etc. (Barton *et al.*, 2002; Conde-Sieira *et al.*, 2010; López-Patiño *et al.*, 2013).

Integración nerviosa dos sinais de estrés en teleósteos. Os sistemas monoaminérxicos cerebrais

Na actualidade descoñécese como son identificados os estímulos estresantes no SNC cando é como este integra e coordina unha resposta ao estrés. Segundo algúns estudos en peixes teleósteos os sistemas de neurotransmisores monoaminérxicos (serotoninérxico e dopaminérxico) poden xogar un papel destacado tanto sendo indicadores do inicio da resposta ao estrés, coma sendo elementos efectores desta resposta (Winberg e Nilsson, 1993; Gesto *et al.*, 2013).

Sistema serotoninérxico. Este sistema está baseado na acción da serotonina (5-hidroxitriptamina, 5-HT), unha indolamina involucrada na regulación de diversas funcións, tales como o sono, o apetito, a temperatura corporal, a motilidade intestinal, o comportamento sexual, o estado anímico, a nocicepción, a ansiedade, etc. (Standford, 2001). A 5-HT é sintetizada a partir do aminoácido triptófano (Fig. 3) e almacénase en vesículas nas terminais nerviosas, de forma que cando as neuronas son activadas, a amina é liberada na sinapse e actúa sobre receptores presinápticos e postsinápticos. Posteriormente, a amina é recaptada e transformada a 5-hidroxiindol-3-acético (5-HIAA), un metabolito inactivo.

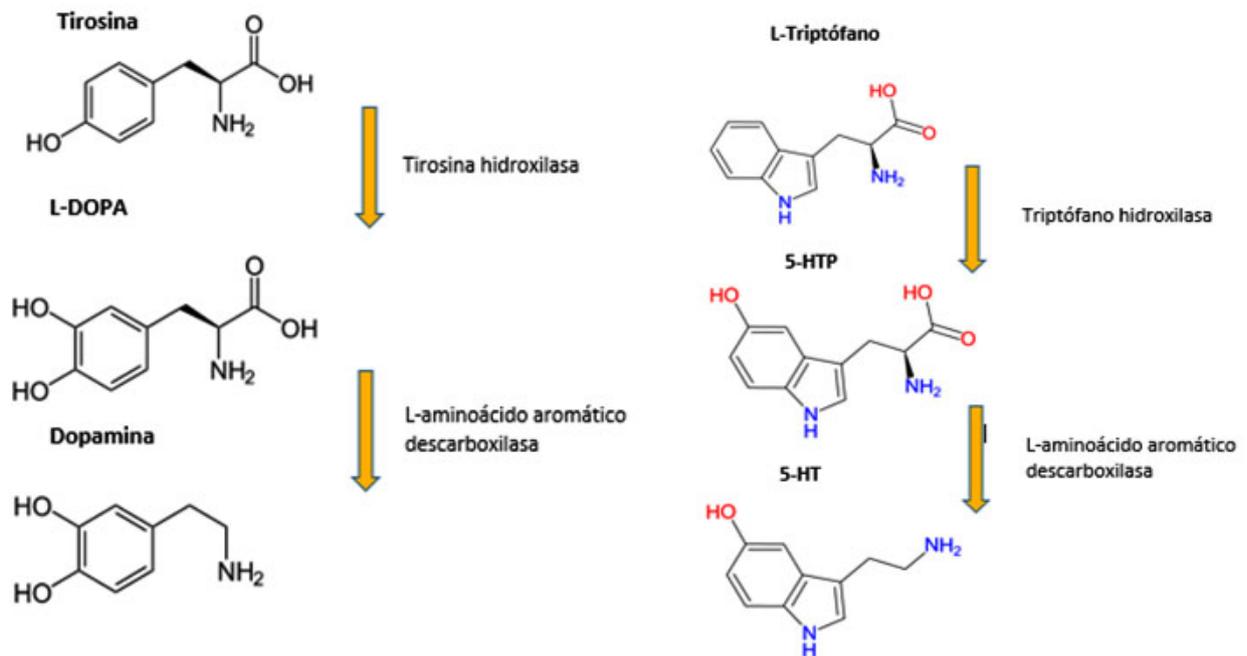


Figura 3. Esquema da ruta biosintética da dopamina (esquerda) e da serotonina (dereita)

Considérase que a relación entre a cantidade de 5-HIAA e 5-HT é un bo indicador da actividade serotoninérxica, xa que un incremento na concentración de 5-HIAA no tecido neuronal está relacionado cunha maior síntese e liberación de 5-HT (Winberg e Nilson, 1993; Gesto *et al.*, 2008; 2013)

Sistema dopaminérxico. A dopamina (DA) é unha catecolamina cuxa síntese de DA lévase a cabo no citoplasma das neuronas dopaminérxicas a partir do aminoácido L-tirosina (Figura 3). A DA é almacenada en vesículas e transportada aos terminais sinápticos neuronais. Cando as neuronas son excitadas libérase a sinapse mediante excitose, uníndose así a receptores específicos da membrana

postsináptica. As moléculas que non están unidas aos receptores son recaptadas pola membrana presináptica e convertidas en 3,4-dihidroxifenilacético (DOPAC) pola encima MAO, mentres que as moléculas que se unen aos receptores son retiradas da fendedura sináptica por un mecanismo de alta afinidade, transportándoas ao citoplasma para seren degradadas á DOPAC. En similitude co serotoninérxico, se adoita usar a relación entre DOPAC e DA como índice da actividade do sistema dopaminérxico (Gesto *et al.*, 2008; 2013).

Cambios nos sistemas monominérxicos cerebrais durante o estrés

Tense demostrado que en diferentes situación de estrés a actividade dos sistemas dopaminérxico e serotoninérxico a nivel do SNC aumenta, de tal xeito que foron suxeridos como indicadores da resposta ao estrés (Ortega *et al.*, 2005; Øverli *et al.*, 2005; Gesto *et al.*, 2013). Ademais, é ben coñecido que a serotonina é un elemento chave na regulación neural do eixo HPI (Øverli *et al.*, 2005; Iwama *et al.*, 2006) polo que os aumentos da actividade serotoninérxica durante o estrés poden estar ligados a activación a nivel do SNC deste eixo endocrino que produce a liberación de cortisol.

Estudos recentes mostran no caso da troita arco da vella, os sistemas monoaminérxicos poderían tamén actuar na identificación nerviosa dos estímulos estresantes, diferenciando os potencialmente prexudiciais de outros que non teñen importancia para o animal, pero tamén como discriminadores de xeito que permitan diferenciar a intensidade (magnitude) ou a duración do estrés (Gesto *et al.*, 2013). A activación serotoninérxica adoita ser de similar magnitude ante axentes estresantes de diferente severidade, pero a súa duración no tempo é dependente da intensidade do estrés. Por outro lado, tamén se contrastou que a actividade dopaminérxica en situación de estrés aumenta, pero este efecto foi anatómicamente máis localizado, aparecendo sobre todo a nivel do telencéfalo (Gesto *et al.*, 2015). Como resúmen, pódese dicir que ámbolos dous sistemas neurotransmisores poden facer unha función interruptora doutros circuítos cerebrais dando lugar á activación da resposta neuroendocrina ao estrés e permitir que se manteña a curto e medio prazo.

Cando o estrés se perpetua no tempo, estes sistemas podrían seguir activos, aínda que ata o momento non se fixeron estudos específicos da súa dinámica temporal como os que existen no estrés a máis curto prazo. Dado que os cambios neuroendocrinos que acontecen durante o estrés crónico se ven mermados no tempo (De Pedro e Björnsson, 2001; Ortega *et al.*, 2005), cabe a posibilidade de que as monoaminas cerebrais teñan unha dinámica similar, o que reforzaría o papel destas sustancias na regulación da resposta de estrés.

O presente estudo tivo como obxectivos, por un lado, probar o papel dos sistemas monoaminérxicos cerebrais durante o estrés crónico na troita arco da vella, e por outro lado, analizar a súa dinámica cando o estrés cesa.

Materials e métodos

Animais

Empregáronse exemplares de troita arco da vella (*Oncorhynchus mykiss*) provintes dunha piscifactoria de A Estrada, cun peso de 80±10 g. Os peixes foron repartidos de xeito aleatorio en 8 tanques de 100 L (n= 20 por tanque) cunha densidade de 10 Kg/m³ e mantidos baixo condicións controladas, fluxo contínuo de auga filtrada e aireada. A temperatura da auga foi de 15±1 °C e un fotoperíodo de 12:12 luz/oscuridade. A alimentación dos peixes fíxose con penso comercial en pelets (Dibaq-Diproteg SA, España) cun aporte enerxético de 20,2 MJ/kg, sempre dúas horas despois de que comezase o período de luz. Os animais estiveron nestas condicións un período de quince días para a súa aclimatación. A manipulación e experimentación cos animais realizouse seguindo a normativa europea (2010/63/EU) e española (RD 55/2013) para a utilización de animais de experimentación, e os protocolos utilizados foron aprobados polo Comité de Bioética da Universidade de Vigo.

Deseño experimental e toma de mostrás

Establecéronse 6 tanques de tratamento de estrés por alta densidade nos que se reduciu o volume de auga até acadar unha densidade de 70 Kg/m³, permanecendo os peixes nestas condicións por un tempo de 7 días (5 tanques) e 10 días (1 tanque) (Táboa 1). Pasado o tempo de 7 días, un dos tanques de estrés foi mostreado, mentres que os catro restantes foron devoltos ao seu estado inicial, recuperando o volume de partida (densidade dos peixes < 10 Kg/m³) e comezando o tempo de recuperación, exposto na táboa 1. En paralelo os tanques de estrés, mantivéronse tamén 2 tanques control (peixes non estresados), un relativo o tratamento de estrés de 7 días e outro para o de 10 días.

Tabla 1. Descrición dos grupos incluídos no deseño experimental empregado no estudo

TANQUE	GRUPO	TRATAMIENTO + TEMPO RECUPERACIÓN
1	Control no estres	7 días sen estrés
2	Estres	7 días estres
3	Estrés +recuperación	7 días estres + 2h de recuperación
4	Estrés +recuperación	7 días estres + 6h de recuperación
5	Estrés +recuperación	7 días estres + 24h de recuperación
6	Estrés +recuperación	7 días estres + 72h de recuperación
7	Control no estres	10 días sen estrés
8	Estres	10 días estres

Pasado os tempos de tratamento procedeuse ao móstreo tomando un total de 10 troitas de cada grupo. Os peixes foron anestesiados no tanque utilizando 2-fenoxietanol ao 0.2% v/v e xusto despois tomáronse mostrás de sangue de cada peixe mediante punción na vea caudal. De seguido os animais foron sacrificados, por decapitación e o cerebro foi diseccionado para recoller mostrás de hipotálamo. As mostrás conxeláronse mediante xeo seco e seguidamente foron almacenadas a -80 °C. O plasma sanguíneo obtívose mediante centrifugación das mostrás do sangue, sendo despois almacenado a -80 °C.

Análise de cortisol, glucosa e lactato no plasma

Os niveis plasmáticos de cortisol foron analizados utilizando un test ELISA (Cayman Europe, Tallin, Estonia) que foi validado previamente polo noso grupo de investigación mediante o estudo de dilucións seriadas. Os niveis de glicosa e lactato no plasma foron cuantificadas mediante técnicas espectrofotométricas utilizando kits comerciais.

Niveis dos neurotransmisores e os seus metabolitos no hipotálamo

As mostrás dos tecidos para o análise das aminas homoxeneizaronse mediante disrupción ultrasónica en fase móbil para HPLC. Da mestura resultante retirouse o sobrenadante, o cal foi diluída en nova fase móbil para alcanzar o rango desexado de concentración. A mestura final foi inxectada (20 µL) no sistema de cromatografía. Determináronse os contidos de DA, DOPAC, 5-HT e 5HIAA no tecido hipotalámico mediante unha técnica de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en fase inversa, con detección electroquímica, conforme a un método descrito previamente (Gesto *et al.*, 2008). Os datos obtidos foron normalizados segundo o contido proteico obtido previamente mediante o método do ácido bicinconínico.

Análise estatístico

Utilizouse unha ANOVA dunha vía, seguido dun test de comparacións múltiples (Student-Newman-Keuls), tomando como diferenzas significativas aquelas cun valor de P<0,05. Este traballo foi feito empregando o software estatístico Sigmaplot (V11.0)

Resultados

Niveis de cortisol e metabolitos no plasma sanguíneo

Os niveis plasmáticos de cortisol, glicosa e lactato no plasma sanguíneo das troitas estresadas durante 7 e 10 días, xunto cos respectivos controis, amosanse na Figura 4. O cortisol tivo aumentos significativos tanto a 7 días como a 10 días, mentras que na glicosa non observamos diferenzas significativas entre as concentracións no plasma sanguíneo nos dous grupos estresados, aínda si un aumento significativo no grupo control de 10 días, o cal non podemos relacionar coas situacións inducidas experimentalmente. No caso dos niveis de lactato no plasma, foi observado un aumento significativo nos niveis do grupo de 10 días de estrés con respecto o control, aínda que este efecto non se notou no estrés a 7 días.

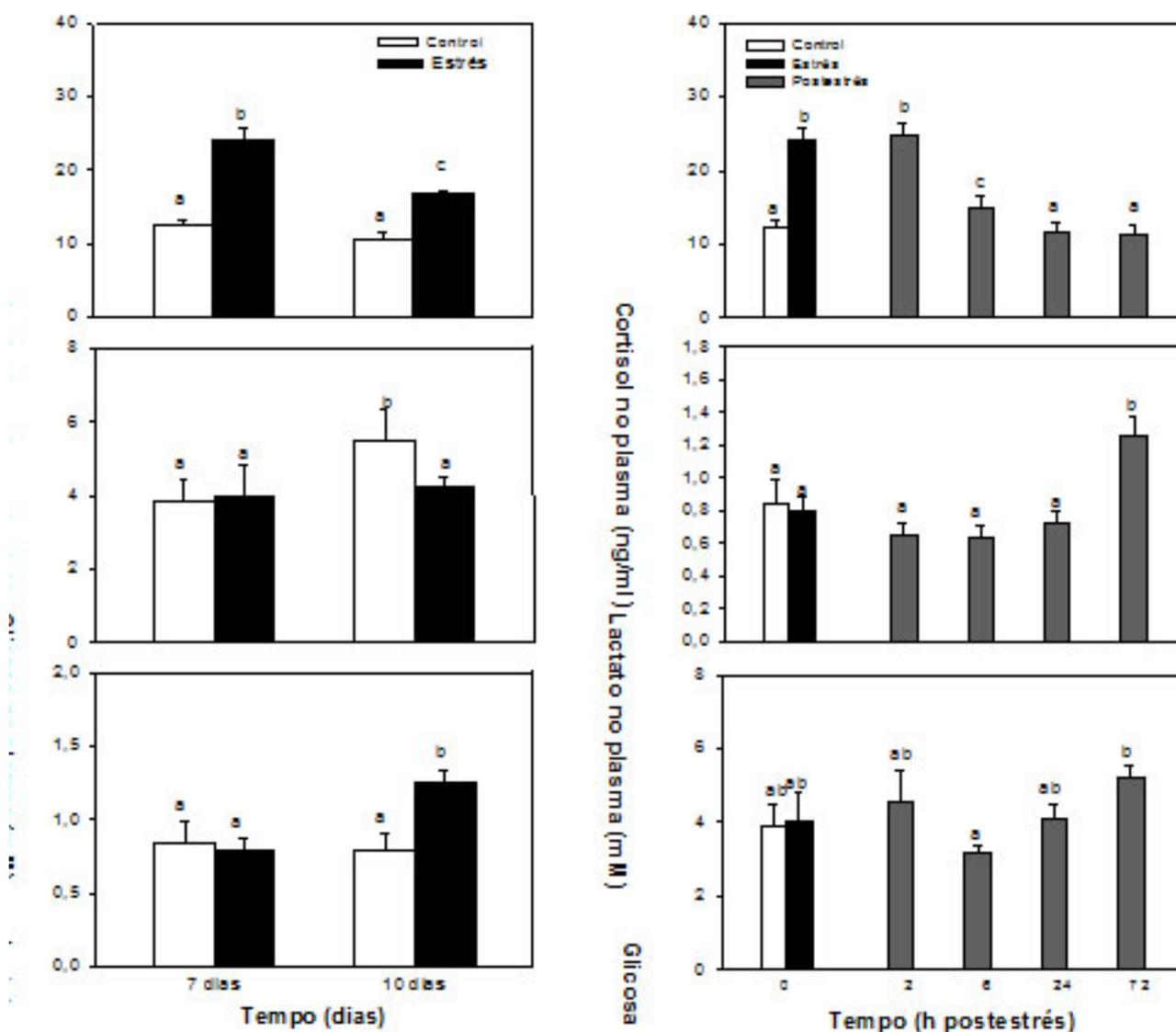


Figura 4. Dereita. Niveis de cortisol, glicosa e lactato en plasma sanguíneo nos grupos estresados (7 e 10 días) e os respectivos controis. Esquerda. Niveis de cortisol, glicosa e lactato en plasma sanguíneo nos tempos post-estrés (2, 6, 24 e 72h). Os datos representan o promedio \pm E.E.M (n=10). Letras diferentes indican diferenzas significativas.

Na Figura 4 tamén se mostran os niveis de cortisol, glicosa e lactato dos diferentes grupos experimentais empregados para avaliar a dinámica da recuperación do estrés. A gráfica inclúe un grupo de peixes control, un grupo de peixes estresados durante 7 días, e catro grupos de peixes estresados

durante 7 días os que logo se lles anulou a situación de estrés, e que foron monitorizados nas seguintes 2, 6, 24 e 72 h (grupos nomeados como de “post-estrés”). No caso do cortisol, atopamos un grande aumento da hormona no grupo estresado de 7 días en comparación co respectivo control, o cal se mantivo alomenos durante 2 horas post-estrés.

Observouse un decrecemento forte nos niveis desta hormona no grupo de 6 horas post-estrés, aínda que continuaron a ser estatisticamente mais elevados que os do control, chegando a acadar as 24 h valores próximos a éste.

Os niveis circulantes de lactato non mostraron diferenzas significativas entre os grupos control e estrés de 7 días. Tampouco se viron cambios nos grupos post-estrés agás na derradeira medición de 72 horas, na que os niveis deste metabolito foron incrementados respecto aos tempos previos e aos niveis do control. Con respecto os niveis de glicosa circulantes, non temos diferenzas significativas entre os grupos control e estresado, nin destes con respecto aos grupos post-estrés, aínda que aparece unha subida dos niveis deste composto no tempo de 72 horas tras a situación de estrés en comparación cos atopados a 6 horas.

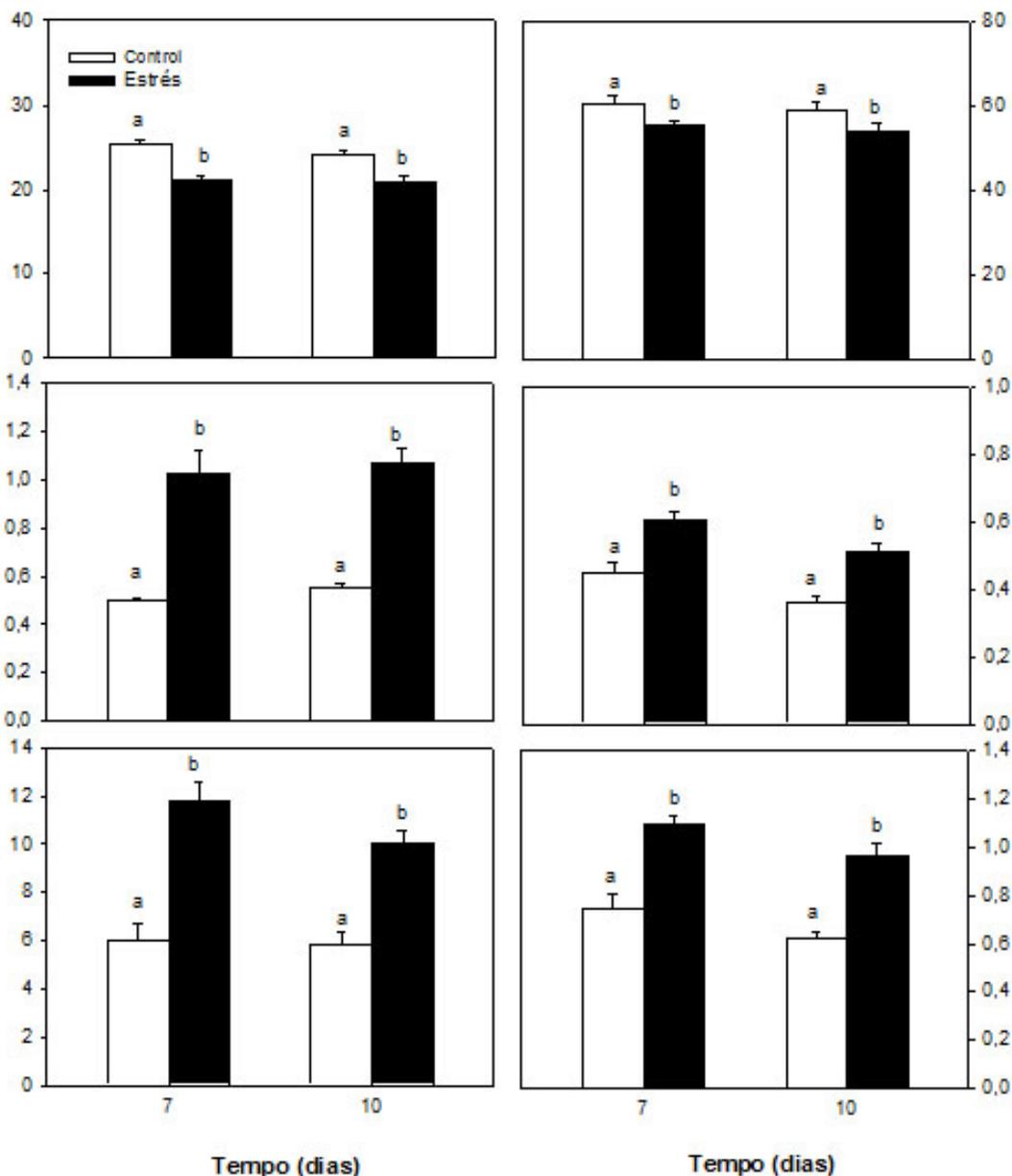


Figura 5. Niveis de dopamina, serotonina, e os seus metabolitos no hipotálamo de troitas estresadas (7 e 10 días) fronte os respectivos controis. Os datos representan o promedio \pm E.E.M (n=10). Letras diferentes indican diferenzas significativas entre grupos.

Os niveis hipotalámicos de serotonina e dopamina (Figura 5) sufriron un descenso significativo debido ao estrés (7 e 10 días) en comparación cos respectivos grupos control. No caso dos metabolitos oxidativos das monoaminas se obtiveron aumentos significativos nos dous tempos de estrés, os cales foron moito mais acusados no caso do DOPAC que no 5-HIAA. Os ratios de actividade indícanos tamén unha subida significativa, tanto no sistema serotoninérxico como no dopaminérxico, promovida polo estrés.

Unha vez rematada a situación de estrés, as actividades dos sistemas monoaminérxicos hipotalámicos, tanto o serotoninérxico como o dopaminérxico, volven aos niveis do grupo control (Figura 6) nas seguintes 6 horas. No caso do sistema dopaminérxico o descenso ocorre dun xeito rápido, xa que ás 2 horas postestrés se atoparon niveis máis baixos dos que aparecen no grupo estresado de 0 horas, aínda que superiores aos do control. Pola contra, no sistema serotoninérxico a recuperación non se evidenciou ata pasadas 6 horas tras a situación de estrés, sendo os valores no grupo de 6 horas totalmente similares aos do control.

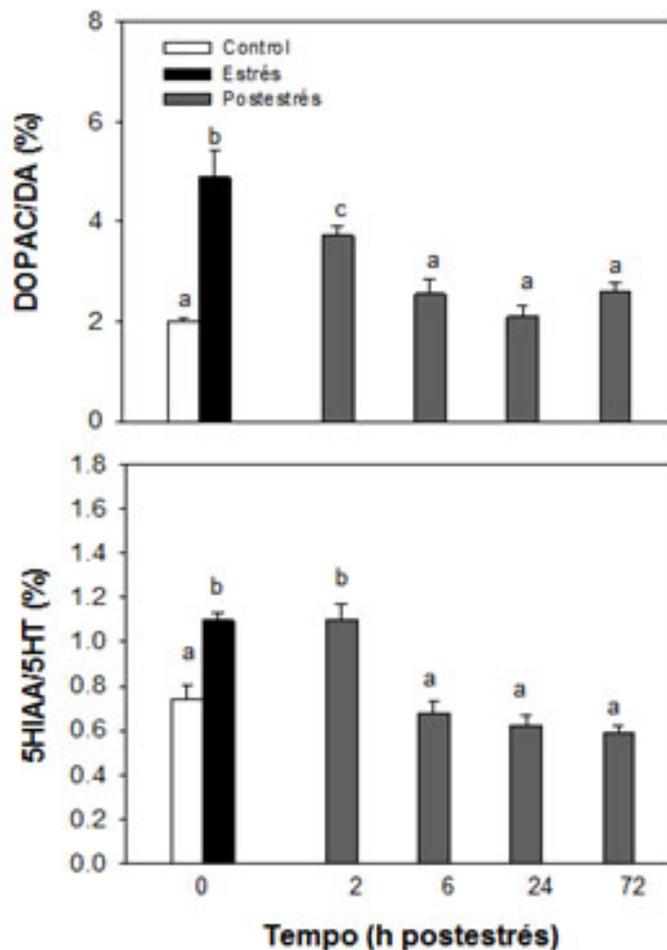


Figura 6. Actividade dopaminérxica (relación DOPAC/DA) e serotoninérxica (relación 5-HIAA/5-HT) en hipotálamo de troitas arco da vella nos tempos post-estrés (2, 6, 24 e 72h) en controis estresados e non estresados (tempo 0). Os datos representan o promedio \pm E.E.M (n=10). Letras diferentes indican diferencias significativas entre grupos.

Discusión

O deseño experimental de estrés crónico por altas densidades de individuos foi axeitado, xa que produciu os cambios esperados nos niveis de cortisol en plasma. Esta hormona é o principal indicador das situacións de estrés nos peixes e os seus niveis adoitan permanecer elevados longo tempo (Iwama *et al.*, 2006). Neste estudo demostramos que o estrés elevou os niveis de cortisol plasmático de forma rápida, sendo moi evidente o aumento aos 3 días e se atenuou o persistir o efecto estresante durante 10 días.

Unha vez desapareceu o estímulo estresante, as concentracións de cortisol do plasma sanguíneo reducíronse totalmente nun período de tempo de 24 h. O decaemento na concentración da hormona é progresiva, é dicir, vai desaparecendo paulatinamente do corpo do animal unha vez cesa o estrés, manténdose en niveis similares aos do estrés nas dúas primeiras horas e comezando a baixada a partir dese momento. Esta dinámica temporal na redución dos niveis de cortisol durante o estrés a longo prazo seguiu o mesmo perfil que o atopado nesta especie durante o estrés a curto prazo (Gesto *et al.*, 2013).

Os cambios atopados nos niveis de cortisol durante o estrés tiveron pouca incidencia nos niveis circulantes de glicosa e lactato. Aínda que estes metabolitos adoitan a incrementarse nas situacións de estrés a curto prazo (Conde-Sieira *et al.*, 2010) é posible que a máis longo prazo ese efecto se vexa minguado pola redución da inxestión que produce o estrés, o que puido acontecer para a falta de cambios fortes nos niveis de glicosa e lactato.

Os neurotransmisores monoaminérxicos cerebrais adoitan ter un papel chave na integración dos sinais de estrés nos peixes, e o hipotálamo parecen ser unha das rexións cerebrais máis determinantes deste proceso. No caso dos sistemas dopaminérxico e serotoninérxico, os cambios nas actividades neuronais reflicten mediante cambios nos niveis dos neurotransmisores (DA, 5-HT) e nos seus metabolitos oxidativos (DOPAC e 5-HIAA), de xeito que as relacións metabolito/amina son uns bos indicadores da actividade neuronal (Øverli *et al.*, 2005; Ortega *et al.*, 2005). No caso da troita arco da vella, o estrés agudo foi mostrado por incrementar os valores de ditas relacións no hipotálamo, de forma que se puxo en evidencia a capacidade dos sistemas monoaminérxicos como sensores do estrés a curto prazo (Gesto *et al.*, 2013, 2015). Os datos presentes confirman que a resposta monoaminérxica tamén se incrementa a longo prazo tal e como demostran os aumentos dos indicadores DOPAC/DA e 5-HIAA/5-HT a 7 e 10 días. Ademais o estudo permite concluír que son tanto as mermas nos niveis das aminas (DA, 5-HT) coma os aumentos nos metabolitos oxidativos (DOPAC, 5-HIAA) os que provocan o incremento das relacións monoaminérxicas. Todo isto indica claramente que na situación de estrés crónico estase a usar con máis intensidade o neurotransmisor sináptico ou o que é o mesmo, que é máis elevada a actividade neuronal monoaminérxica.

Unha vez demostrada a implicación da dopamina e da serotonina crónico avaliamos, pois, parámetros relacionados con sistemas monoaminérxicos unha vez cesa o estímulo estresante, é dicir, no período de post-estrés (ata 72 h desde que desaparece o estrés). En base aos resultados obtidos no presente estudo demostrábase que unha vez cesa o estrés restablécense os niveis basais de actividade monoaminérxica de forma progresiva e nun período curto, sempre inferior a 6 h. No caso da actividade dopaminérxica a merma na mesma semella ser máis rápida, xa que tras dúas horas nótase un decaimento significativo, mentres que na serotoninérxica recupéranse os niveis nun tempo máis longo, máis próximo as seis horas.

Existen estudos que demostran que as monoaminas cerebrais, en particular a serotonina, teñen un papel importante na regulación do eixo HPI (De Pedro e Björnsson, 2001; Øverli *et al.*, 2005) o que implica que os cambios nos neurotransmisores poderían ter un reflexo en cambios nos niveis de cortisol (hormona regulada polo eixe HPI). Neste senso, é interesante analizar a forte correlación que existe entre a dinámica de recuperación da actividade dopaminérxica e serotoninérxica no período post-estrés e a dos niveis de cortisol. Polo tanto os datos claramente apuntan a un papel destas aminas na regulación da síntese de cortisol, tanto na súa activación como na desactivación unha vez remata a situación de estrés.

En resumo, no presente traballo se obteñen novas evidencias na troita arco da vella, un modelo fisiolóxico de peixe teleosteo, sobre o funcionamento dos sistemas monoaminérxicos a nivel central durante o estrés a longo prazo e, especialmente, nun período de post-estrés. Os resultados obtidos neste traballo apoian o papel das monoaminas como sensores, activadores e desactivadores da resposta fisiolóxica ao estrés a nivel encefálico. Son necesarios estudos posteriores para estudar máis ao miúdo a implicación dos sistemas monoaminérxicos no incremento dos niveis de cortisol durante o estrés.

Bibliografía

- Barton B.A. (2002) Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integr. Comp. Biol.* 42: 517–525.
- Bernier, N.J. (2006). The corticotropin-releasing factor system as a mediator of the appetite-suppressing effects of stress in fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* 146: 45–55.
- Conde-Sieira, M., Aguilar, A.J., López-Patiño, M.A., Míguez, J.M., Soengas, J.L. (2010). Stress alters food intake and glucosensing response in hypothalamus, hindbrain, liver, and Brockmann bodies of rainbow trout. *Physiol. Behav.* 101: 483–493.
- De Pedro N., Björnsson B.T. (2001). Regulation of food intake by neuropeptides and hormones. En: Food intake in fish. Houlihan D.F., Boujard T., Jobling M. (eds), Blackwell Science, Oxford. 269-296.
- Gesto M., Soengas J.L., Míguez J.M. (2008). Acute and prolonged stress responses of brain monoaminergic activity and plasma cortisol levels in rainbow trout are modified by PAHs (naphthalene, β -naphthoflavone and benzo(a)pyrene. *Aquat. Toxicol.* 86: 341–351.
- Gesto M., Lopez-Patiño M.A., Hernandez J., Soengas J.L., Míguez J.M. (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.
- Gesto, M., López-Patiño, M.A., Hernández, J., Soengas, J.L., Míguez, J.M. (2015) Gradation of the stress response in rainbow trout exposed to stressors of different severity: The role of brain serotonergic and dopaminergic dystems. *J. Neuroendocrinol.* 27: 131-141
- Iwama, G.K., Afonso, L.O.B. and Vijayan, M.M. (2006). Stress in fishes. En: Evans D.H., Claiborne, J.B. (eds). *The Physiology of Fishes*. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 319-342
- Leal, E., Fernández-Durán, B., Agulleiro, M.J., Conde-Siera, M., Míguez, J.M., Cerdá-Reverter, J.M. (2013). Effects of dopaminergic system activation on feeding behavior and growth performance of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*). A self-feeding approach. *Horm. Behav.* 64: 113-121
- López-Patiño, M.A., Conde-Sieira, M., Gesto, M., Librán-Pérez, M., Soengas, J.L., Míguez, J.M. (2013). Melatonin partially minimizes the adverse stress effects in Senegalese sole (*Solea senegalensis*). *Aquaculture* 388-391: 165-172.
- Morton, G.J., Cummings, D.E., Baskin, D.G., Barsh, G.S., Schwartz, M.W. (2006). Central nervous system control of food intake and body weight. *Nature* 443: 289-295.
- Ortega VA, Renner KJ, Bernier NJ. (2005). Appetite-suppressing effects of ammonia exposure in rainbow trout associated with regional and temporal activation of brain monoaminergic and CRF systems. *J. Exp. Biol.* 2058: 1855-1866.
- Øverli Ø., Winberg S., Pottinger T.G. (2005). Behavioural and neuroendocrine correlates of selection for stress responsiveness in rainbow trout - a review. *Integr. Comp. Biol.* 45: 463–474.
- Randall, D. J., Perry, S. F. (1992). Catecholamines. En: Randall D.J., Hoar W.S. (eds), *Fish Physiology*, vol. XIIB, The Cardiovascular System, Academic Press, New York. pp. 255–300.
- Reid S.G., Vijayan M.M, Perry S.F. (1996). Modulation of catecholamine storage and release by the pituitary-interrenal axis in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Comp. Physiol. B* 165: 665-676.
- Stanford, S.C. 2001. 5-hydroxytryptamine (5-HT). En: Webster RA (ed), *Neurotransmitters, drugs and brain function*, Wiley, New York. pp 1987-209..
- Winberg S., Nilsson GE. (1993). Roles of brain monoamine neurotransmitters in agonistic behavior and stress reactions, with particular reference to fish. *Comp. Biochem. Physiol. C* 106: 597-614.
- Wendelaar Bonga SE. (1997). The stress response in fish. *Physiol. Rev.* 77: 591-625.

REVISIÓN DE LA PRIMERA CARPETA DEL HERBARIO DE JOSÉ ARIAS TEIJEIRO, DEPOSITADO EN EL CONVENTO DE SAN ANTONIO DE HERBÓN (PADRÓN, A CORUÑA)

Carpeta Rodríguez, M.¹ ; Rivas Ferreiro, M.²

e- mail: mariacarpentecno@gmail.com¹; maurivas@alumnos.uvigo.es²

Trabajo Alumnos

Botánica II: Arquegoniadas

2º de Grado en

Biología.

Tutora: Castro Cerceda, Marisa.

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

En este trabajo se indican los resultados obtenidos después de la revisión realizada a la primera carpeta del herbario de flora francesa recolectada por José Arias Teijeiro, encontrado en los laboratorios del convento de San Antonio de Herbón (Padrón, A Coruña), a cargo del padre Fermín Gómez Vigide. Se incluyen datos referidos a la identificación de los pliegos, así como el análisis de su posible procedencia, basándonos en cartas encontradas en el propio herbario.

Introducción y antecedentes

En 2016 fueron encontrados en el monasterio franciscano de San Antonio de Herbón (Padrón, A Coruña), una serie de carpetas pertenecientes a un herbario recopilatorio de flora francesa. La colección, que había permanecido guardada desde el siglo XIX en uno de los antiguos laboratorios del convento, nos fue cedida a través del padre Ramiro Fermín Gómez Vigide, reconocido botánico de 94 años, natural de Vila de Cruces y residente en este convento.

Fermín G. Vigide realizó estudios de Química en la Universidad de Santiago de Compostela, y posteriormente se dedicó a la docencia, a su labor pastoral y al estudio de la flora de Galicia desde 1962. Su herbario fue cedido recientemente al CIF de Lourizán (Pontevedra) incorporando hasta 15.000 referencias de flora. En su herbario se calcula que está recogida entre el 90 y el 95 % de la flora de Galicia.

Las carpetas cedidas, según palabras del Padre Fermín (comunicación personal), habrían llegado al convento de Herbón como fruto de las relaciones que existían entre este convento y Francia. Aunque su origen exacto es desconocido parece relacionarse con José Arias Teijeiro, letrado carlista huido a Francia donde dedicó su vida al estudio de las ciencias naturales (Pirala Criado, 2005).

Este franciscano realizó una primera revisión de los pliegos hace años; sin embargo, no les concedió demasiada importancia ya que se trataba de flora francesa, y él se dedicaba al estudio de la flora gallega. A punto estuvieron de perderse los pliegos, puesto que su depósito dentro del convento no era el adecuado, ya que se encontraban expuestos a las inclemencias del tiempo. Por suerte, debido a obras en el edificio las carpetas fueron halladas, y nos fueron cedidas para su cuidado y limpieza, así como para su revisión y publicación.

Hasta el momento, nuestro trabajo se ha centrado en la limpieza y la realización de un catálogo de la primera carpeta, la que se encontraba en peor estado y requería de atención urgente.

Este estudio pretende servir como punto de partida para el análisis de lo que queda del herbario encontrado en Herbón, y pretende profundizar en el conocimiento de la flora del sureste de Francia a mediados del siglo XIX, lo que puede servir como base a posteriores investigaciones sobre la evolución de la vegetación y de la distribución de las plantas herborizadas. Además, gracias al análisis de la correspondencia encontrada en la segunda carpeta, se pueden inferir hipótesis sobre la identidad del autor del herbario.

Material y métodos

Debido a su antigüedad y mal estado ha sido llevada a cabo la manipulación en un ambiente protegido.

De los 71 pliegos incluidos en la carpeta revisada, sólo algunos estaban etiquetados. Se realizó una primera limpieza pliego por pliego, para eliminar cualquier resto orgánico o inorgánico que no formase parte del espécimen y de esta forma evitar un mayor deterioro de la exsiccata. Al mismo tiempo, se seleccionaron los pliegos identificables, separando aquellos cuyo estado no permitía una identificación, ni tan siquiera aproximada. Estos últimos fueron preservados de forma separada.

Se realizó una numeración de los pliegos identificables, siguiendo el orden en el que se encontraban en el momento en el que nos fueron entregados. La numeración sigue el modelo X-YY, donde X es la carpeta en la que se encuentra el pliego (en este caso es 1 para todos los pliegos, pues es la primera de tres carpetas) e YY es el número de pliego.

A continuación se procedió a la identificación de los mismos. Para ello se utilizó preferentemente la obra de Costa (1937), un catálogo detallado e ilustrado de la flora de Francia y de zonas limítrofes. Debido a su antigüedad, para la actualización nomenclatural fueron consultadas las bases de datos del Catalogue of Life (Roskov *et al.*, 2016) y las del International Plant Name Index (IPNI, 2016).

En algunos pliegos hubo que proceder a la rehidratación de alguna de sus partes, nunca en su totalidad, y sólo cuando se hacía imposible la identificación por otros métodos. Se extraían partes importantes para el uso de claves, como las flores (sólo si eran abundantes), y se humedecían suavemente con un paño húmedo.

Posteriormente, se realizó un catálogo con los taxones revisados.

Resultados: pliegos revisados e identificados

Los pliegos revisados se enumeran ordenados alfabéticamente por género, y, para cada uno, se muestra:

- + Nº de pliegos en los que aparece la planta, siguiendo la numeración indicada antes.
- + Contenido de las etiquetas originales (cuando existe), entre comillas, con separación por comas indicando el cambio de línea y sin modificar errores ortográficos. Se indica el utensilio de escritura, pluma o lápiz, pues en apariencia las etiquetas escritas con la pluma parecen ser más antiguas que las que estaban a lápiz, con [¿] se especifica la ininteligibilidad de parte o de toda la etiqueta, y cualquier tipo de numeración que pueda aparecer, probablemente reveladora de que es un espécimen procedente de otro herbario.
- + Por último, las partes de planta que componen el pliego y su estado de conservación.

***Abies alba* Mill.**

Pliego 1-01, con etiqueta a pluma ininteligible “[¿]”. Contiene dos ramas, a las que con una levísima manipulación se le caen las hojas. Por lo demás, buen estado de conservación.

***Adenostyles alpina* (L.) Bluff & Fingerh.**

Pliego 1-40, sin etiquetar. Contiene un solo ejemplar, con una hoja en mal estado, y numerosas fructificaciones (ninguna flor sin fructificar).

***Ammophila arenaria* (L.) Link**

Pliego 1-44, sin etiquetar. Contiene un gran número de ejemplares, con hojas bastante deterioradas pero con las espigas bien conservadas.

***Aronicum scropioides* (L.) DC.** [= *Doronicum glaciale* (Wulfen) Nyman]

Pliego 1-39, sin etiquetar. Contiene varios ejemplares, con y sin raíz, algunos con flor, otros ya fructificados. En todos los casos con hojas, tanto basales como caulinares. En buen estado de conservación.

***Berberis vulgaris* L.**

Pliego 1-49, etiquetado a lápiz como “*Berberis vulgaris*”. Contiene un único ejemplar con las estípulas espinosas, hojas y flores. Buen estado de conservación.

***Buxus sempervirens* L.**

Pliego 1-48, sin etiquetar. Contiene tres ramas, todas con flores masculinas, una de ellas también tiene flores femeninas. En buen estado de conservación.

***Calamintha clinopodium* Spenn.**

Pliego 1-25, con etiqueta a lápiz en la que se puede leer “*Clinopodium vulgare* L., *Calamintha clinopodium* Benth.”. Contiene tan solo un ejemplar, una rama con hojas y flores. Bien conservado.

***Calamintha grandiflora* (L.) Moench.** [= *Clinopodium grandiflorum* (L.) Kuntze]

Pliego 1-27, sin etiquetar. Contiene dos ramas muy bien conservadas, con flores y frutos.

***Calamintha nepetoides* Jord.**

Pliego 1-26, con una etiqueta a lápiz en la que se puede leer “*Calamintha officinalis* Moench.”. El pliego contiene dos ejemplares no muy bien conservados: son dos ramas con hojas y algunas flores.

***Calystegia soldanella* (L.) R. Br.** [= *Convolvulus soldanella* L.]

Pliego 1-67, etiquetado en pluma como “*Convolvulus soldanella* L. Saint Raphaël (Var) 1860”. Contiene tres ejemplares, los tres completos con raíz, tallo, hojas y flores. En buen estado de conservación.

***Centaurea centaurium* L.**

Pliego 1-62, etiquetado en pluma como “*Centaurea centaurium* L. Faillefeu (R. Alpes) 1860”. Contiene un solo ejemplar, el cual no conserva la corola, pero sí el involucro. Una de las inflorescencias está fructificada.

***Centaurium maritimum* (L.) Fritsch** [= *Erythraea maritima* (L.) Pers.]

Pliego 1-63, etiquetado en pluma como “*Chironia major* Link. Très distincte du Ch. centaurium, Taradeau (Var) 30 Juillet 1860”. Contiene varios ejemplares a los que les faltan las hojas, pero en los que permanecen las flores. También presentan fruto.

***Ceratonía siliqua* L.**

Pliego 1-45, etiquetado en pluma como “*Ceratonía siliqua* L. Villefranche (Alpes maritimes) 1860”. En este pliego podemos observar un cambio de localización hacia el sur. También es posterior en fecha. Contiene un único ejemplar en muy mal estado de conservación, además de dos hojas sueltas, también bastante deterioradas.

***Cistus incanus* L.**

Pliego 1-53, sin etiquetar. Contiene varios ejemplares compuestos por ramas con abundantes hojas, flores y frutos. Las flores son frágiles, pero en general el estado es bueno.

***Cistus monspeliensis* L.**

Pliego 1-51, sin etiquetar. Contiene dos ejemplares, compuestos por una rama con gran cantidad de hojas, algunas flores y frutos. En el propio papel del pliego se puede leer la inscripción “Monsieur, Monsieur Arias, [¿], Beaune”. Monsieur Arias se refiere a José Arias Teijeiro, al parecer el primer propietario del pliego, y Beaune es el pueblo donde vivía exiliado (André, 1868).

Pliego 1-54, etiquetado a pluma como “*Cistus porquerolensis* Hanry et Huet., Le Muy (Var), 22 mai 1860, Arias et Hanry”. Cabe destacar que la herborización de esta especie tuvo lugar entre el 29 y el 30 de abril de 1859, y la publicación de la especie *C. porquerolensis*, el 9 de junio de 1860, fechas muy próximas (Huet du Pavillon y Hanry, 1862), taxón actualmente no aceptado. Se sabe que fue Hanry, botánico francés, el que recogió este espécimen con Arias Teijeiro, como se puede observar en la etiqueta a pluma del pliego, que contiene un único ejemplar formado por una rama con abundantes hojas, flores y semillas. ¿Podría tratarse de un sintipo?

Pliero 1-55, sin etiquetar. Contiene tres ramas, con hojas, flores y frutos. En buen estado, pero de pequeño tamaño.

Pliero 1-58, etiquetado a pluma como "Cistus ohiensis, Hanry et Huet., La Muy (Var) 22 mai 1860, Arias et Hanry". Tanto la herborización como la descripción de esta especie fueron realizadas y publicadas al mismo tiempo que el del pliego 1-54, denominado *C. porquerolensis* Hanry et Huet (Huet du Pavillon y Hanry, 1862) y recolectadas por las mismas persona según indica la etiqueta. El pliego contiene una rama completa, con hojas, flores y frutos. Ambas especies son sinónimas de *C. monspeliensis* L.

***Crithmum maritimum* L.**

Pliero 1-47, etiquetado en pluma como "Crithmum maritimum L., Saint Raphaël Var. 1860". De nuevo, vemos un cambio en la localización, al sur. Contiene dos ejemplares en buen estado de conservación.

***Cynoglossum officinale* L.**

Pliero 1-09, con etiqueta a pluma en la que se lee "Cynoglossum officinale L. Faillefeu 1856". Contiene un ejemplar entero, con las hojas basales muy deterioradas, flores y frutos.

***Cynoglossum pictum* Aiton [= *C. creticum* Mill.]**

Pliero 1-68, etiquetado en pluma como "Anchusa officinalis L. Faillefeu (R. Alpes) 1860". Contiene un tallo florífero con flores y frutos y una hoja basal.

***Cytisus alpinus* Mill. [= *Laburnum alpinum* (Mill.)Bercht. & J.Presl].**

Pliero 1-42, sin etiquetar. Contiene dos ejemplares, dos ramas con las hojas trifoliadas y un racimo de flores apical. La capa de súber se desprende con facilidad, habiéndose perdido en algunos puntos de la rama. Por lo demás, buen estado de conservación.

Pliero 1-60, etiquetado a pluma como "Cytisus alpinus L. Faillefeu (R. Alpes) 1860". Un único ejemplar bien conservado, compuesto por una rama con un racimo de flores y varias hojas.

***Digitalis lutea* L.**

Pliero 1-34, sin etiquetar. Contiene tres ejemplares formados por tallos con hojas, flores y frutos. Sin raíces, en buen estado de conservación.



Figura 1. *Cynoglossum pictum* (izquierda) y *Cynoglossum officinale* (derecha)

***Erucastrum nasturtiifolium subsp. nasturtiifolium* (Schleich. ex Willd.) Rchb.** [= *Erucastrum obtusangulum* (Schleich. ex Willd.) Rchb.]

Pliego 1-43, sin etiquetar. Contiene un único ejemplar en mal estado de conservación. Las hojas están muy deterioradas. El ejemplar presenta flores y frutos.

***Erysimum pumilum* (Murith) Gaudin** [= *Erysimum jugicolum* Jord.]

Pliego 1-52, etiquetada en pluma como “*Erysimum monticola* Jord., *Erysimum australe* Gay., Faillefeu (R. Alpes) 1860”. Contiene un ejemplar con raíz, mata de hojas basal, tallo y flores. El estado de conservación del pliego es bueno.

***Euphorbia chamaesyce* L.**

Pliego 1-03, con etiqueta a lápiz en la que se lee “*Euphorbia chamaesyce* L.”. Contiene un ejemplar entero con raíces. Estado regular.

***Euphorbia seguieriana subsp. seguieriana* Jacq.**

Pliego 1-04, con dos etiquetas a pluma. La primera indica “*Euphorbia.*, *F.f.*”, mientras que en la segunda indica que fue recogida en Faillefeu (Prads-Haute-Bléone, Francia) en 1856. Contiene 5 ramas con flores apicales y hojas por todo el tallo, además de una raíz de la que salen dos ramas de un engrosamiento basal. Buen estado de conservación.

***Galeopsis ladanum* L.**

Pliego 1-23, con etiqueta a lápiz en la que se lee “*Galeopsis ladanum*”. Contiene tres ejemplares enteros, bien conservados, con raíz, tallo, hojas y flores.

***Gentiana cruciata* L.**

Pliego 1-11, con etiqueta a lápiz en la que se indica “*Gentiana cruciata* L.”. Contiene cinco ejemplares muy deteriorados: tres de ellos completos, con raíz, tallo, hojas y flores; de los otros dos, uno es la parte florífera apical con flores, y la otra un tallo con raíz pero sin flores.

***Gentiana verna* L.**

Pliego 1-12, con dos etiquetas a pluma. En la primera, se indica “*Gentiana verna*” seguida de un nombre ininteligible. En la segunda etiqueta se lee “*Gentiana verna* L. Faillefeu 1856 Juillet”. Es una de las pocas etiquetas que indican el mes de recogida. También indica el número 66 en su esquina superior izquierda. Contiene numerosos ejemplares con flores, hojas, raíces... En general, los ejemplares están bien conservados.

***Geranium argenteum* L.**

Pliego 1-56, etiquetado en pluma como “Faillefeu [?] Juillet 1860 Ger. argenteum”. Cuatro ejemplares, todos completos con raíz, tallo, hojas, flores y frutos. Estado regular.

***Lavandula angustifolia* Mill.**

Pliego 1-30, con etiqueta a pluma en la que se puede leer “*Lavandula vera* DC. Faillefeu 1856 Juillet”. Contiene numerosos ejemplares completos con ramas con raíces, hojas, flores y frutos.

***Leontopodium nivale subsp. alpinum* (Cass.) Greuter**

Pliego 1-64, sin etiquetar. Contiene dos ejemplares completos, bien conservados, con raíz, tallo, hojas e inflorescencias.

***Linaria alpina* (L.) Mill.**

Pliego 1-37, etiquetado a pluma como “*Linaria alpina* L. Faillefeu 1856”. Contiene un único ejemplar completo en buen estado de conservación, con raíz, tallo, hojas y frutos. Las flores no se encuentran completas, en la mayoría quedan el cáliz y el gineceo.

***Lithospermum officinale* L.**

Pliego 1-13, con una etiqueta en la que se lee “*Lythospermum officinale* L. Faillefeu 1856”. Contiene dos ejemplares, fragmentos de tallos con hojas, flores y frutos, pero sin raíces. Bien conservados.

***Lotus hirsutus* L.** [= *Dorycnium hirsutum* (L.) Ser.]

Pliego 1-61, etiquetado en pluma como “*Bonjeania sericea* [¿], *Lotus sericeus* [¿], Saint Raphaël (Var) 1860”. Gran cantidad de ejemplares en buen estado de conservación, con tallos completamente cubiertos por hojas, y con frutos y flores apicales.

***Mentha longifolia* (L.) Huds.**

Pliero 1-29, etiquetado a lápiz como “*Mentha sylvestris* L.”. Contiene un único ejemplar, muy bien conservado, con hojas y flores.

***Myosotis alpestris* F. W. Schmidt.**

Pliero 1-15, con dos etiquetas a pluma. En la primera se indica “*Myosotis alpestris* F.f.”, mientras que en la segunda podemos leer “*Myosotis alpestris* Smith. Fillefeu 1856”. Contiene tres ejemplares completos, con raíces, mata basal de hojas y tallos floríferos. También hay más ejemplares fragmentados, tanto de raíces como de hojas y tallos floríferos bien conservados.

Pliero 1-16, sin etiquetar. Contiene gran número de ejemplares completos, de mayor tamaño que los del anterior pliego. En general, bien conservados.

***Myosotis arvensis* var. *versicolor* Pers. [= *M. discolor* Pers.]**

Pliero 1-65, etiquetado en pluma como “*Myosotis*, Fillefeu (R. Alpes), 1860”. Contiene un único ejemplar completo, consistente en raíz, tallo, hojas basales y caulinares, flores y frutos. Buen estado de conservación, aunque faltan algunas hojas.

***Myosotis pyrenaica* Pourr.**

Pliero 1-10, con etiqueta en la que se indica “*Myosotis sylvatica* Ehrh. Fillefeu 1856”. Se indica, además, en la esquina superior izquierda que se trata del pliego número 60, probablemente de una carpeta mayor de la que fue sustraído. Contiene dos ejemplares completos, deteriorados, con algunas hojas, flores y algún fruto. Contiene, también, una mata basal de hojas con raíces, y una rama suelta con alguna flor.

***Myosotis sylvatica* Hoffm.**

Pliero 1-17, con etiqueta a pluma en la que se lee “*Myosotis sylvatica?* F.f.”. Contiene cuatro ejemplares completos con raíces, tallo y hojas, además de flores y algún fruto.

***Nicotiana glauca* R. C. Graham**

Pliero 1-71, etiquetado en pluma como “*Tabac glauque*, Nice, 1860”. Contiene dos ejemplares, uno de ellos consistente en un tallo con hojas y flores, el otro, en hojas y frutos. Buen estado de conservación.

***Odontites luteus* (L.) Clairv.**

Pliero 1-32, etiquetado a lápiz como “*Odontites lutea* Achb., *Euphrasia lutea* L.”. Contiene 3 ejemplares enteros, con raíz, tallo, hojas y flores, bien conservados.

***Ononis fruticosa* L.**

Pliero 1-41, sin etiquetar. Contiene numerosos ejemplares, algunos completos con raíz, tallo, hojas, flores y legumbres, otros solo con raíz, tallo y hojas. Las hojas se desprenden con mucha facilidad, dificultando la manipulación. Por lo demás, buen estado.

Pliero 1-59, etiquetado en pluma como “*Ononis fruticosa* L. Fillefeu (R. Alpes) 1860”. Contiene dos ejemplares, tallos con hojas y frutos, pero sin flores. Estado de conservación regular.

***Pedicularis cenisia* Gaud.**

Pliero 1-31, etiquetado a pluma como “*Pedicularis cenisia* Gaud. Fillefeu 1856”. Además, la etiqueta está numerada en la esquina superior izquierda con el número 52. Contiene numerosos ejemplares, con hojas, flores y frutos.

***Pedicularis gyroflexa* Vill.**

Pliero 1-69, etiquetado en pluma como “*Pedicularis cenisia* Gaud. Fillefeu (R. Alpes) 1860”. Contiene un ejemplar completo que, por la manipulación durante los años, se fragmentó. Presenta raíz, hojas basales y tallo florífero, con flores en su ápice.

***Pinus sylvestris* L.**

Pliero 1-02, con etiqueta a pluma en la que se lee “*Pinus sylvestris*, Pin gras”. Contiene una rama a la que le faltan gran cantidad de hojas, y un ápice de otra; la primera con cuatro conos masculinos y el segundo con un cono femenino. Buen estado de conservación.

***Plantago alpina* L.**

Pliero 1-05, sin etiqueta. La identificación fue llevada a cabo en el laboratorio. Contiene tres ejemplares con raíz, mata basal de hojas y tallos floríferos. También contiene dos matas basales de hojas con tallos floríferos. Estado regular.

Pliero 1-18, con etiqueta a pluma en la que se lee “*Plantago graminifolia*?! alpina F.f.”, con una corrección a lápiz en la que se lee “? *P. subulata*”. Contiene cuatro ejemplares completos, con raíz, tallo, mata de hojas basales y tallos floríferos. Buen estado de conservación.

***Prunella grandiflora* (L.) Scholler.**

Pliero 1-22, con etiqueta a pluma en la que se lee “*Prunella vulgaris* L. Faillefeu 1856”. Aparece corregida en lápiz a *grandiflora*, y en la esquina superior izquierda aparece el número 45. Contiene numerosos ejemplares completos bien conservados, con raíces, tallo, hojas y flores.

***Pulmonaria officinalis* L.**

Pliero 1-14, con una etiqueta a pluma que indica “*Polemonium*. F.f.”, corregido en lápiz a “*Pulmonaria officinalis* L.”. Contiene dos ejemplares, sin raíces, pero con hojas (mal conservadas), flores y frutos.

***Pulsatilla vulgaris* Miller [= *Anemone pulsatilla* L.]**

Pliero 1-50, etiquetado a lápiz como “*Pulsatilla pratensis*”. Contiene una única flor separada, además de varias matas basales con raíz.

***Rhinanthus serotinus* (Schönh.) Oborny**

Pliero 1-33, etiquetado a lápiz como “*Rhinanthus glabra* Lam.”. Contiene un ejemplar completo, con raíz, tallo, hojas, flores y fruto. Bien conservado.

***Rhododendron ferrugineum* L.**

Pliero 1-66, etiquetado en pluma como “*Rhododendron ferrugineum* L. Faillefeu (R. Alpes) 1860” corregido en género a “*Rhododendron*” en lápiz. Contiene una rama con hojas y flores, en buen estado de conservación.

***Salvia microphylla* var. *microphylla* Benth. [= *Salvia grahamii* Benth.]**

Pliero 1-70, etiquetado en pluma como “*Salvia Grahamii*. Nice. 1860”. Consiste en tres ejemplares, todos tallos con hojas, dos de ellos con flores en el ápice. Buen estado de conservación.



Figura 2. *Salvia pratensis* (izquierda) y *Salvia microphylla* var. *microphylla* (derecha).

***Salvia pratensis* L.**

Pliego 1-24, con dos etiquetas a pluma. En la primera se lee “*Salvia pratensis*”, en pequeño, con lo que en principio se podría pensar que es una etiqueta hecha en el campo. La segunda es más completa, y se puede leer “*Salvia pratensis* L. Fillefeu 1856”. Contiene dos ramas floríferas, mal conservadas, una de ellas partida por la mitad (probablemente debido a la manipulación). Apartadas hay dos hojas grandes, basales, deterioradas.

***Scrophularia vernalis* L.**

Pliego 1-06, con etiqueta a lápiz que indica el nombre “*Scrophularia vernalis* L.”. Contiene dos tallos con hojas, frutos abiertos y cerrados y dos flores mal conservadas.

***Senna alexandrina* Mill.**

Pliego 1-46, etiquetado en pluma como “Casse de Maryland, Nice, 1860”. El nombre apotecario de *Senna alexandrina* es *Cassia*, de ahí el nombre dado por el autor de la etiqueta. *S. marilandica* (L.) Link es otra planta utilizada medicinalmente, no obstante, esta no es común en Francia, como si lo es (traída desde África) *Senna alexandrina* Mill. El pliego contiene un solo ejemplar, en buen estado de conservación, con flores y las hojas compuestas.

***Soldanella alpina* L.**

Pliego 1-36, etiquetado a pluma como “*Soldanella alpina* [¿]”. Contiene varios ejemplares completos, pero en mal estado de conservación. Algunos con las hojas atacadas por algún organismo, otros muy frágiles por el paso del tiempo.

***Teucrium lucidum* L.**

Pliego 1-21, con etiqueta a pluma en la que se lee “*Teucrium lucidum* L. Fillefeu 1856”. Contiene numerosas ramas con hojas y flores. En buen estado de conservación.

***Teucrium montanum* L.**

Pliego 1-19, con etiqueta a pluma en la que se lee “*Teucrium montanum* L. Fillefeu 1856”. Esta etiqueta aparece numerada, con el número 41 en la esquina superior izquierda. Con numerosos ejemplares, completos con raíz, tallo, hojas y flores. Buen estado de conservación.

***Thymus pulegioides* subsp. *pulegioides* Fr. [= *Thymus chamaedrys* Fr.(!)]**

Pliego 1-20, sin etiquetar. Contiene dos ejemplares, en mal estado de conservación, con solo algunas hojas y flores en uno de los ejemplares. Las hojas se desprenden con facilidad.

***Thymus serpyllum* L.**

Pliego 1-28, etiquetado a lápiz como “*Thymus serpyllum* L”. Contiene cuatro ejemplares bien conservados, con raíz, tallo, hojas y flores.

***Tuberaria lignosa* (Sweet) Samp. [= *Helianthemum tuberaria* (L.) Mill.]**

Pliego 1-57, etiquetado en pluma como “*Helianthemum tuberaria* Mill. Le Luc (Var.) 1860”. Contiene dos ejemplares completos, con raíz, mata de hojas basales y tallo florífero con frutos.

***Verbascum chaixii* Vill.**

Pliego 1-08, con etiqueta a lápiz en la que se lee “*Verbascum*”. Contiene un ejemplar completo con raíz, tallo, hojas basales y caulinares, flores y frutos. También contiene una hoja basal apartada. Estado de conservación regular.

***Verbascum nigrum* L.**

Pliego 1-07, con etiqueta a pluma en la que se lee “*Scrophularia alpestris* Gray. Fillefeu 1856”. En la esquina superior izquierda aparece en número 5, con lo que podemos inferir que formaba parte de una carpeta de herbario ordenada. Contiene un tallo florífero con flores y hojas caulinares. Aparte, contiene tres hojas caulinares basales.

***Veronica alpina* L.**

Pliego 1-35, etiquetado a lápiz como “*Verónica* [¿]”. Contiene dos ejemplares de muy pequeño tamaño, muy oscurecidos por el paso del tiempo, pero completos con raíz, tallo y hojas.

Vincetoxicum officinale Moench. [= *Vincetoxicum hirundinaria* subsp. *hirundinaria* Moench.]

Pliego 1-38, sin etiquetar. Contiene tres ejemplares, dos más jóvenes que el otro. En los tres se aprecian flores, pero de muy pequeño tamaño. En todos aparece un tallo con hojas y las flores en el ápice. Buen estado de conservación.

Discusión

De las tres carpetas de herbario esta es la que se encuentra en peores condiciones y presenta mayor dificultad para su estudio. No obstante, su estado es suficientemente bueno para poder ser útil en futuros inventarios de flora francesa y catálogos relacionados con la evolución de la vegetación y la distribución de ciertas especies a lo largo del tiempo.

Se deja de lado en este estudio el análisis de la diferencia que H. Hanry y A. Huet proponen entre *C. porquerolensis* Hanry & Huet y *C. olbiensis* Hanry & Huet (Huet du Pavillon & Hanry, 1862), especímenes que se encuentran en los pliegos 1-54 y 1-58, así como la sinonimización con *C. monspelensis* L. Queda, por lo tanto, abierta la vía a un nuevo trabajo que aclare las supuestas diferencias.

Conclusiones

Después de revisar e identificar los pliegos se deduce que los especímenes etiquetados fueron recogidos en el suroeste de Francia y, los no etiquetados se pueden encontrar en su mayoría también en dicha zona (Coste, 1937) y, sorprende el hecho de que el estado de conservación de pliegos tan antiguos, tras haber estado expuestos a las inclemencias del tiempo, permitiera una identificación precisa de los especímenes.

Bibliografía

- Coste H. 1937. Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes. Paris, Ed. Librairie des Sciences et des Arts.
- Roskov, Y., Abucay, L., Orrell, T., Nicolson, D., Flann, C., Bailly, N., Kirk, P., Bourgoin, T., De Walt, R., Decock, W. y De Wever A. En línea. Catalogo of Life [consultado el 1 de Junio de 2016], disponible en: <http://www.catalogueoflife.org/col/search/all>.
- IPNI. En línea. International Plant Name Index [consultado el 1 de Junio de 2016], disponible en: <http://www.ipni.org/ipni/plantnamesearchpage.do>.
- Huet du Pavillon, A. y Hanry, H. 1862. Note sur les *Cistus olbiensis* et *porquerolensis* (Séance du 9 juin 1860). Mém. Soc. d'emulation Dép. Doubs, 3ème. série, 6: 11-14.
- De la Peña Vidal, C. 2012. Xenealoxía dos Arias Teixeira (sic). *Diversarum Rerum*, 7: 428-471.
- André, E. 1868. Notice nécrologique sur D. José Arias Teijeiro". *Ann. Soc. Entomologique France* 4(8): 297-300.
- Otero Pedrayo, R. 1954. Guía de Galicia: 430. Vigo, Editorial Galaxia.
- Pirala Criado, A. 2005. Vindicación del general Maroto y manifiesto razonado de las causas del Convenio de Vergara. Pamplona. Urgoti Editores..

VARIACIÓN ESPACIAL E TEMPORAL DAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS NO RÍO FRAGOSO (OURENSE) EN RELACIÓN CO IMPACTO DAS MINICENTRAIS

Martínez Barciela, Y.

yasminamartinez95@outlook.es

Traballo Fin de Grao en Bioloxía.

Curso 2016/2017.

Tutora:

Josefina Garrido González

Facultad de Bioloxía

Universidad de Vigo.

Resumo

No presente traballo de investigación estudarase a variación espacial e temporal das comunidades de macroinvertebrados no río Fragoso (Ourense) co obxectivo de determinar se existe un impacto apreciable nas mesmas relacionado coa minicentral hidroeléctrica que se instalou nas súas augas no ano 2002. Os datos empregados obtivéronse en dúas campañas (primavera de 2015 e outono de 2016) cuxos resultados finais parecen indicar que, tal e como sucede noutros casos, este tipo de infraestruturas poden alterar enormemente o medio.

Introdución

Os ecosistemas fluviais son unha fonte de vida e de recursos indiscutible para toda clase de organismos, incluído o ser humano. Sen embargo, a súa integridade estase vendo gravemente afectada pola súa continua degradación e intensa explotación (Alonso & Camargo, 2005), que diminúen a calidade da auga dos ríos, modifican a dinámica dos seus ecosistemas e alteran a estrutura das comunidades que albergan, poñendo en perigo a súa biodiversidade e sustentabilidade (Biggs et al., 2005).

Para valorar o estado ecolóxico dos sistemas fluviais e poder tomar medidas para a súa conservación, a Comisión e o Parlamento europeos aprobaron a finais do ano 2000 a denominada Directiva Marco da Auga (2000/60/CE) que, entre outras innovacións, recoñece a utilidade das comunidades biolóxicas como bioindicadores da calidade da auga dos ríos (Directiva Marco del Agua, 2000). E resulta que, neste aspecto, un dos grupos de seres vivos acuáticos máis empregados é o dos macroinvertebrados bentónicos (Rosenberg & Resh, 1993), os cales se definen como aqueles invertebrados visibles a simple vista (normalmente entre 1-5 mm) que habitan no leito do río (entre pedras, plantas acuáticas, etc.), xa sexa durante todo o seu ciclo vital (como os moluscos) ou en parte del (como moitos insectos) (Rosenberg & Resh, 1993; Alonso & Camargo, 2005).

A vantaxe do uso destes macroinvertebrados como bioindicadores radica en moitos casos na súa sensibilidade, que lles permite mostrar o resultado acumulado de múltiples factores estresantes (Aazami et al., 2015), así coma aportar información temporal reflectindo o efecto integrado de todas as variables ambientais (Carvacho, 2012). Ademais, ao comparalos con outros grupos de seres vivos, os macroinvertebrados acuáticos teñen outras características que os fan especialmente adecuados para este tipo de avaliacións ecolóxicas: posúen unha gran variedade de formas, diversidade e hábitats; están amplamente distribuídos; son capaces de adaptarse a características moi definidas de calidade da auga (Rosenberg & Resh, 1993); son visibles a simple vista e relativamente fáciles de mostrear e identificar (Alba-Tercedor, 1996; Aazami et al., 2015).

Aínda que o emprego destes animais poida parecer algo novidoso, o certo é que este tipo de metodoloxías para avaliar a calidade da auga datan de principios do século XX, destacando en España amediados dos 80, momento no que alcanzaron un crecemento explosivo (Alba-Tercedor, 1996). Centrándonos máis nos estudos realizados en Galicia, que será a anfitriña indiscutible deste traballo, merece a pena mencionar algúns realmente interesantes como os realizados por Benetti & Garrido (2010), Benetti *et al.* (2012) e Álvarez-Troncoso *et al.* (2015); e, especialmente, os realizados por Sarr (2011) e Álvarez-Troncoso (2012), pois constitúen os antecedentes directos deste traballo ao ter como obxectivo o estudo das comunidades de macroinvertebrados (coleópteros e tricópteros, respectivamente) en ríos sometidos a diferentes graos de acción humana na provincia de Ourense (Galiza), entre os que se inclúe o río Fragoso.

Así, o obxectivo principal do presente traballo non é outro que o de estudar a variación espacial e temporal (primavera de 2015 – outono de 2016) das comunidades de macroinvertebrados do río Fragoso (Ourense, Noroeste de España) asociada á instalación na súa canle dunha minicentral hidroeléctrica construída fai 14 anos pola empresa Grupo Adelanta.

Metodoloxía

A metodoloxía levada a cabo para a realización deste traballo recolle unha breve descrición da área de estudo seleccionada e unha pequena explicación dos métodos exercidos tanto no traballo de campo coma no traballo de laboratorio.

a) Área de estudo

A área de estudo deste traballo sitúase no río Fragoso, localizado en Ourense (Galicia, Noroeste de España). Nace na zona de A Franqueira, a 942 metros de altura, e desemboca no río Limia, formando parte dos seus afluentes (Sarr, 2011; Álvarez-Troncoso, 2012). Ademais, dada a súa localización e litoloxía, inclúese dentro dos ríos cántabro-atlánticos silíceos (tipo ecolóxico nº 21) (Toro *et al.*, 2009).

O motivo polo cal foi seleccionado como obxecto de estudo débese a que, actualmente, e dende o ano 2002, este río está sendo regulado pola actividade dunha minicentral hidroeléctrica por medio de dúas estruturas hidráulicas principais: unha represa e unha canle de desaugue. A función da primeira é a de facer de obstáculo, permitindo almacenar e mobilizar a auga para que poida ser desviada por unha canle artificial ata o xerador de enerxía (minicentral); mentres que a función da segunda é a de restituír os caudais de auga turbinados ao río (Adelanta, en liña). Como se pode ver na figura 1, o resultado da obstrución da canle natural do río augas arriba fai que a maior parte do fluxo se desvíe pola canle secundaria artificial (canle de desviación) deixando ao curso natural do río cun fluxo minoritario en todo o seu transcurso ata que a canle de desaugue devolva a auga recollida ao mesmo augas abaixo (Anderson *et al.*, 2015).

Polo tanto, para que fora posible avaliar o estado do río tanto augas arriba como augas abaixo das zonas de influencia da minicentral, distribuíronse dende a súa cabeceira ata a súa desembocadura cinco estacións de mostraxe (Fig. 1) dunha lonxitude de 100 m aproximadamente que permitira, a súa vez, facer unha estimación visual da envergadura e da cantidade de substratos e de microhábitats dispoñibles (Álvarez-Troncoso, 2012).

Augas arriba do río atópanse Parada do Monte, caracterizada por estar fora de calquera influencia relacionada coa minicentral e por ter unha abundante vexetación de ribeira; e Ponte do Groicio, situada augas arriba da represa, tamén cunha cobertura vexetal moi diversa e cun aumento particular do nivel de auga. No tramo medio do río atópase Ponte Abeleda que, ao estar augas abaixo da represa, ve considerablemente diminuído o seu caudal. O mesmo ocorre coa estación de Requeixo, tamén augas abaixo da represa, que ademais conta cunha ampla vexetación na súa beira. Xa máis preto da desembocadura do río atópase a estación de Grou, a cal recibe a auga da canle de desaugue, o que fai que este punto recupere o caudal natural do río.

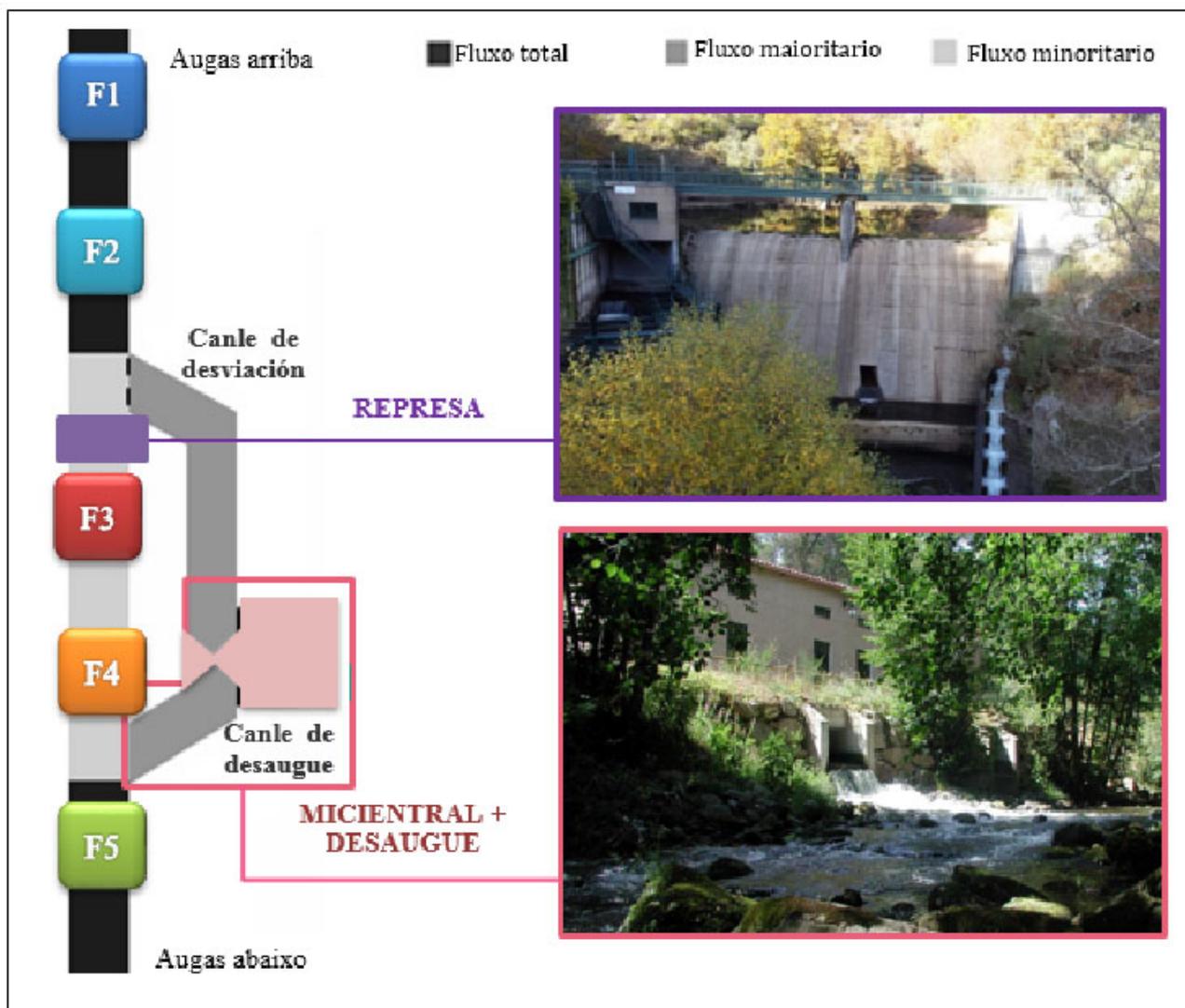


Figura 1. Representación esquemática da instalación da minicentral hidroeléctrica do río Frago. Nela indícase a localización e achégase unha imaxe, tomada no campo, da represa e da canle de desaugue (asociado á minicentral), en relación a situación das estacións de mostraxe seleccionadas: Parada do Monte (F1), Ponte do groicia (F2), Ponte Abeleda (F3), Requeixo (F4) e Grou (F5).

A continuación cabe resaltar as características xeográficas (táboa 1) de cada unha das estacións de mostraxe:

Táboa 1. Relación e datos xeográficos das estacións de mostraxe seleccionadas. A altitude está expresada en metros

Estacións de mostraxe	Código	Altitude	UTM X	UTM Y
Parada do Monte	F1	747	5788134605	45620147192
Ponte de Groicio	F2	563	5791387083	46492544893
Ponte Abeleda	F3	545	5797222948	46482072459
Requeixo	F4	419	5788295007	46453921633
Grou	F5	410	57835434	464386924

b) Materiais e métodos

Tanto o material empregado como os métodos levados a cabo establecéronse de acordo ao descrito por Alba-Tercedor *et al.* (2005) e Pardo *et al.* (2010) en relación ao protocolo de avaliación dos invertebrados bentónicos de ríos con multimétricos.

Unha vez se conta co permiso da Xunta para realizar a recollida das mostras, pódese proceder ao traballo de campo seguindo o seguinte protocolo de mostraxe en cada unha das estacións de mostraxe previamente mencionadas:

1. Toma de medidas *in situ* empregando, con sumo coidado, un equipo multiparamétrico (previamente calibrado) para obter os parámetros físico-químicos (temperatura, condutividade, pH e contido en osíxeno).
2. Recollida das mostras de macroinvertebrados mediante unha mostraxe multihábitat semicuantitativa para o que foi necesario unha rede de manga con forma de "D" de 25 cm de lado, 60 cm de fondo e 0,1 mm de luz de malla. Durante este proceso tamén foron de uso obrigados tanto luvas de látex coma botas impermeables para vadear o río.

O método empregado foi, concretamente, o método dos 20 kicks, segundo o cal se reparten, nos 100 m de tramo a analizar, os 20 kicks de maneira proporcional entre os tipos de hábitats máis frecuentes do mesmo. Entendendo como un kick unha unidade de mostraxe que inclúe remover con pés e mans o substrato situado nos 50 cm máis próximos á boca da rede, a cal ten 25 cm de lado, podemos falar dunha superficie mostreada de 0,125 m² por cada kick realizado (Pardo *et al.*, 2010). Dado que ao longo de cada tramo de estudo (100 m), realízanse 20 kicks, a área de mostraxe total é de 2,5 m² por estación de mostraxe (Alba-Tercedor *et al.*, 2005).

3. Limpeza, etiquetaxe, fixación e transporte das mostras tras a súa recolección. Neste último paso de traballo no campo empregáronse: bandexas de plástico e peneiras de 1 mm de luz de poro para unha primeira limpeza das mostras *in situ*; botes de plástico herméticos para introducir as mostras limpas, papel cebola e rotuladores indelebles para facer as etiquetas e identificar cada recipiente; formol ao 4% para fixar as mostras (con coidado debido a súa toxicidade) e así evitar a acción dos carnívoros (especialmente de plecópteros da familia Perlidae, odonatos, tricópteros da familia Rhyacophylidae, megalópteros da familia Sialidae, e outros) (Alba-Tercedor *et al.*, 2005); e caixas grandes de plástico para almacenar e transportar as mostras e o equipamento.

O traballo posterior lévase a cabo no laboratorio, onde se extraen e se limpan as mostras coidadosamente baixo a lupa (Nikon SMZ 645 (CW10xA/22)) empregando bandexas de plástico, pinzas e punzóns; para posteriormente proceder a súa identificación ata o nivel taxonómico de familia coa axuda dos instrumentos xa mencionados, placas Petri e as claves de identificación, entre as que se atopa a de González & Cobo (2006).

Neste punto cabe destacar que o número de familias se considera un nivel óptimo tanto para a avaliación do estado ecolóxico dos ríos como para a comparación de comunidades de invertebrados e a súa resposta á presión en distintas rexións a unha relación coste-eficiencia beneficiosa (Pardo *et al.*, 2010).

Unha vez separados, identificados e contados o total de exemplares obtidos en cada mostra volvéronse introducir en recipientes herméticos (debidamente etiquetados) con alcohol ao 70% para a súa correcta conservación entre o inventario fáunico do Departamento de Ecoloxía e Bioloxía Animal da Universidade de Vigo.

Resultados e discusión

Parámetros físico-químicos

Os parámetros físico-químicos do medio acuático coma o pH, a condutividade, o osíxeno disolto e a temperatura tenden a exercer unha grande influencia sobre a distribución dos macroinvertebrados, constituíndo a miúdo os parámetros aos que os organismos son máis sensibles (Carvacho, 2012). Sen embargo, xeralmente as variacións destes factores poden ser difíciles de detectar, tanto porque se puideron mitigar os seus efectos uns quilómetros máis abaixo, como por ser tan só detectables no momento en que se producen (Oscoz *et al.*, 2006).

En calquera caso, o efecto das centrais hidroeléctricas tende a aumentar a temperatura das augas (Álvarez-Troncoso *et al.*, 2015), o que favorece a degradación de materia orgánica (Carvacho, 2012) causando unha diminución do pH e do osíxeno disolto (Oscoz *et al.*, 2006). Dado que estes factores están dentro da normalidade en todos os puntos e que non mostran tendencias claras ao longo do río, tal e como se pode ver na táboa 2, pódese descartar unha contaminación orgánica no río no momento da toma de mostras (Álvarez-Troncoso, 2012).

Táboa 2. Resultados dos parámetros físico-químicos de cada unha das estacións de mostraxe do río Fragoso en primavera de 2015 (P) e outono de 2016 (O). Sendo: Parada do Monte (F1), Ponte do Groicio (F2), Ponte Abeleda (F3), Requeixo (F4) e Grou (F5). Inclúese tamén o substrato dominante en cada unha: area (A), cantos (C), follaxe (F), limo (L) e musgo (M)

Parámetros físico-químicos	F1		F2		F3		F4		F5	
	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O
Substrato dominante	M	F	M/C	M	C	A/L	C	F	M/C	M/C
Condutividade (mS/cm)	25,2	29,85	25,97	25,02	25,88	25,48	28,65	29,97	29,49	28,32
Temperatura (°C)	10,6	5,1	10	6,2	9,7	6,6	11	8,1	11,7	7,5
pH	7,09	7,18	6,95	7,18	6,77	6,43	7,05	6,9	7,3	7,06
Osíxeno (mg/L)	7,65	12,6	8,05	10,6	9,25	10,3	8	9,8	7,6	10,1

Índice IBMWP

O índice biolóxico IBMWP (Iberian Biological Monitoring Working Party) é capaz de aportar información determinante sobre a calidade dunha masa de auga (Leunda *et al.*, 2009) en función da presenza/ausencia de certas familias de macroinvertebrados ás que lle foron asignadas certas puntuacións (entre 1 e 10) en función da súa tolerancia á contaminación (Alba-Tercedor, 1996). O resultado final deste índice correspóndese coa suma total de cada unha das puntuacións obtidas por cada familia que, para o río Fragoso, é o seguinte:

De acordo cos valores obtidos para o índice IBMWP (táboa 3), as comunidades de macroinvertebrados víronse afectadas, en maior ou menor medida, pola presenza da minicentral, especialmente en primavera, resultando a estación de mostraxe augas abaixo da represa (F3) a máis afectada, seguida das estacións F2, augas arriba da represa, e F5, augas abaixo da canle de desaugue. Algo máis dun ano despois, en outono, obsérvase unha mellora en todos os puntos afectados en canto a este factor, o que pode indicar que esta época do ano favoreceu, dalgunha maneira, un maior desenvolvemento ou expansión dos macroinvertebrados.

Táboa 3. Calidade da auga de cada unha das estacións de mostraxe en cada época en función da puntuación do índice IBMWP. Sendo: Parada do Monte (F1), Ponte do Groicio (F2), Ponte Abeleda (F3), Requeixo (F4) e Grou (F5). 1Calidade da auga que se considera entre dúas clases de calidade, das que se expresa a que se corresponde con aquela de menor puntuación)

Época	Estación	IBMWP	Valor límite	Calidade da auga
Primavera (2015)	F1	211	>150	Moi boa
	F2	126	101-120	Boa
	F3	66	36-100	Dubidosa ¹
	F4	179	>150	Moi boa
	F5	151	>101	Boa ¹
Outono (2016)	F1	230	>150	Moi boa
	F2	203	>150	Moi boa
	F3	178	>150	Moi boa
	F4	208	>150	Moi boa
	F5	215	>150	Moi boa

Métricas de riqueza e abundancia

A riqueza de familias (S) correspóndese co número total de familias diferentes rexistradas en cada estación de mostraxe, constituíndo unha das métrica de diversidade máis utilizadas na avaliación e seguimento de ecosistemas debido á súa simpleza (Feld *et al.*, 2014). Por outra parte, a abundancia absoluta (N) é o número de individuos totais recollidos por área en cada estación de mostraxe (2,5 m²). Ambas métricas son, en xeral, moi altas en canto aos macroinvertebrados bentónicos que habitan nos ríos (Rosenberg & Resh, 1993); sen embargo, o número destes taxons tende a reducirse coa frecuencia e coa intensidade das perturbacións, xa sexa por contaminación ou pola destrución do hábitat (Prat *et al.*, 2009).

Abundancia (N) e riqueza de familias (S)

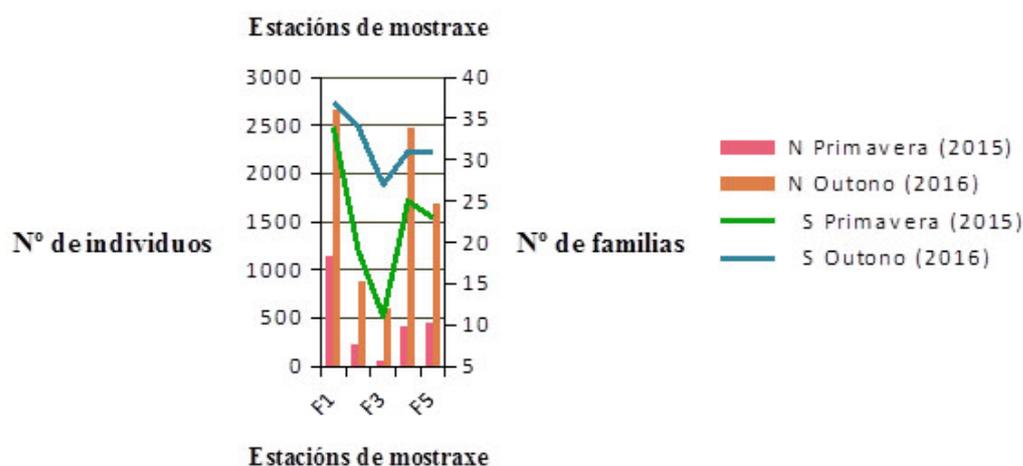


Figura 2. Representación gráfica da abundancia en canto ao número de individuos totais en cada estación de mostraxe (N), así como do número de familias rexistradas en cada unha (S). Sendo: Parada do Monte (F1), Ponte do Groicio (F2), Ponte Abeleda (F3), Requeixo (F4) e Grou (F5).

Observando os valores de abundancia e riqueza de familias obtidas no río Fagoso (Fig. 2) faise clara a existencia de variacións asociadas á minicentral entre as estacións de mostraxe ao diminuír ambos factores dende o punto F2, situado antes da represa, e acadarse os valores máis baixos augas abaixo da mesma, en Ponte Abeleda (F3), os cales resultan particularmente preocupantes en primavera con só 50 individuos por 2,5 m². Tras este punto obsérvase un aumento apreciable do número de individuos e de familias nos seguintes dous (F4 e F5) en ambas estacións do ano. En resumidas contas, a riqueza taxonómica mostra un descenso que, coincidindo cos datos doutros estudos, como o realizado por Feld *et al.* (2014), indica unha perda moderada e gradual de taxons baixo o impacto hidromorfolóxico.

Índice Multimétrico Específico de Tipo (METI)

O Índice Multimétrico Específico de Tipo (METI) ten a vantaxe de combinar nunha única puntuación final o valor independente de diversas métricas (a riqueza de familias Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera; a riqueza de familias sensibles presentes en cada mostra; a porcentaxe de riqueza das familias sensibles fronte a riqueza total; a porcentaxe da abundancia dos 3 taxons dominantes fronte á abundancia total; a abundancia relativa de familias Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera; e o Índice de Bray-Curtis) (MAGRAMA, 2015). Este índice é de obrigada aplicación na explotación das redes oficiais de avaliación do estado ecolóxico en cumprimento da Directiva Marco da Auga (2000) sobre as masas de auga pertencentes á determinadas categorías de ríos entre os que se atopa o tipo de río que nos ocupa: o río cántabro-atlántico silíceo (tipo ecolóxico nº 21) (MAGRAMA, 2015).

Índice Multiparamétrico de Tipo (METI)

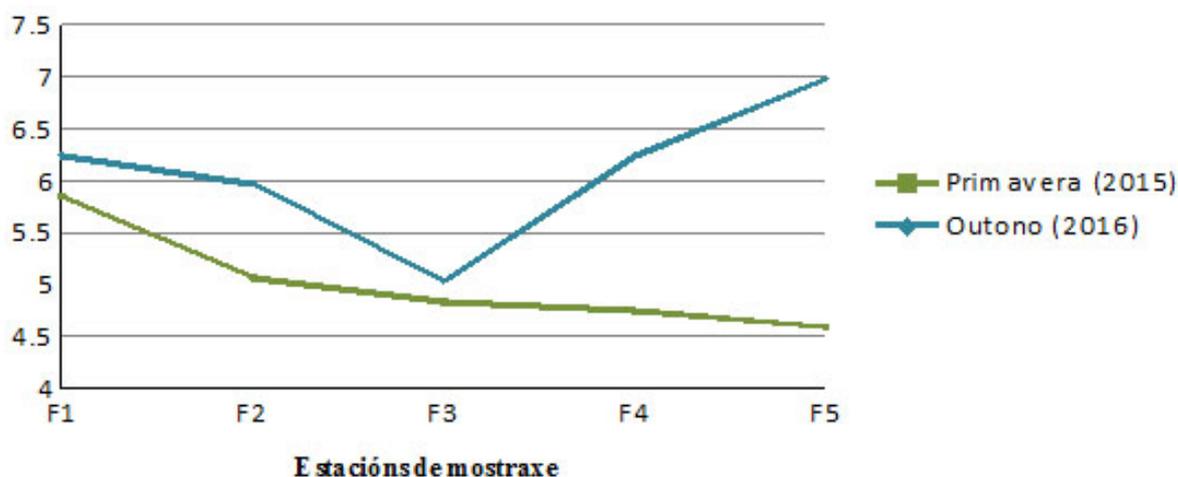


Figura 5. Representación gráfica do Índice Multiparamétrico de Tipo (METI) tanto en primavera de 2015 coma en outono de 2016, en cada unha das estacións de mostraxe do río Fagoso: Parada do Monte (F1), Ponte do Groicio (F2), Ponte Abeleda (F3), Requeixo (F4) e Grou (F5)

O índice multimétrico calculado (Fig. 3) ten en conta a composición dos grupos de macroinvertebrados máis intolerantes e sensibles á contaminación e ás alteracións no ecosistema fluvial, como o grupo dos efemerópteros, plecópteros e tricópteros (Prat *et al.*, 2009; Feld *et al.*, 2014) e, polo tanto, a súa resolución permítenos coñecer se estas se viron especialmente afectadas en relación á minicentral. Así como en primavera observamos un descenso progresivo do índice multimétrico (dende augas arriba a augas abaixo) que non nos permite determinar se a minicentral está afectando ás comunidades; en outono observamos un drástico descenso do METI na estación de mostraxe Ponte Abeleda (Fig. 3), augas abaixo da represa. Novamente os resultados determinan que este é o punto máis afectado polas alteracións provocadas no réxime fluvial a causa da minicentral hidroeléctrica.

Como xa discutiron outros autores, como Sarr (2011), Álvarez-Troncoso (2012) e Benetti *et al.* (2012), o impacto producido polas minicentraís hidroeléctricas provoca un cambio na hidroloxía e no réxime fluvial, especialmente en canto ao represamento das augas e, consecuentemente, un cambio na comunidade de invertebrados, alterando en grande medida a súa composición fáunica.

Ratio de Calidade Ecolóxica (RCE)

Esta ratio expresa, mediante un valor numérico comprendido entre 0 e 1, o estado ecolóxico das mostras analizadas, neste caso, en función da composición de macroinvertebrados. Calcúlase mediante a división do valor multimétrico obtido previamente (ou do valor do índice IBMWP), entre o valor de referencia correspondente a cada índice e ao tipo de masa de auga en cuestión, que para os ríos de tipo cántabro-atlántico silíceo é dun valor de 5,9643 para o METI e de 234 para o IBMWP (BOE, 2015).

O RCE obtido pódese observar na táboa 4, na que tamén se facilitan os taxons dominantes presentes en cada estación de mostraxe, permitíndonos coñecer outras características particulares de cada zona.

Táboa 4. Estado ecolóxico das augas de cada unha das estacións de mostraxe (EM) en cada época en función da puntuación obtida para o Ratio de Calidade Ecolóxica (RCE). Sendo: Parada do Monte (F1), Ponte do Groicio (F2), Ponte Abeleda (F3), Requeixo (F4) e Grou (F5). Indícase tamén a porcentaxe de abundancia dos 3 taxons dominantes sobre o total en cada unha: 165% de dominancia, 240-49% de dominancia, 330-39% de dominancia, 420-29% de dominancia, 5 dominancia < 20%

Época	EM	Taxons dominantes	RCE	Estado ecolóxico
Primavera (2015)	F1	Planariidae ⁴ , Sericostomatidae ³ , Limnephilidae ³ .	0,91	Moi bo (=0,91)
	F2	Baetidae ³ , Heptageniidae ³ , Oligochaeta ³ .	0,54	Moderado (0,32-0,55)
	F3	Hydropsychidae ³ , Leptophlebiidae ⁴ , Nemouridae ³ .	0,28	Deficiente (0,14-0,32)
	F4	Baetidae ¹ , Leptophlebiidae ³ , Hydropsychidae ³ .	0,76	Bo (0,91-0,55)
	F5	Baetidae ³ , Brachycentridae ³ , Hydropsychidae ³ .	0,64	Bo (0,91-0,55)
Outono (2016)	F1	Chironomidae ³ , Limnephilidae ⁴ , Leptophlebiidae ³ .	0,98	Moi bo (=0,91)
	F2	Brachycentridae ⁴ , Leptophlebiidae ³ , Baetidae ³ .	0,88	Bo (0,91-0,55)
	F3	Ceratopogonidae ³ , Elmidae ³ , Leptophlebiidae ³ .	0,76	Bo (0,91-0,55)
	F4	Chironomidae ² , Ceratopogonidae ³ , Limnephilidae ³ .	0,88	Bo (0,91-0,55)
	F5	Brachycentridae ⁴ , Baetidae ³ , Nemouridae ³ .	0,92	Moi bo (=0,91)

Confirmando os datos obtidos ata agora, dende Ponte do Groicio (F2), augas arriba da represa, obsérvase unha alteración no estado ecolóxico das augas, que diminúe bruscamente en primavera e lixeiramente en outono (táboa 4). Este feito, sumado á resolución obtida polas anteriores métricas, determina que a represa afecta incluso ás comunidades de macroinvertebrados situadas augas arriba da mesma. O motivo deste fenómeno reside en que os niveis elevados de caudal augas arriba das represas reducen a variabilidade de fluxo, a velocidade e a turbulencia, e inducen a deposición incluso dos sedimentos máis finos, transformando o sistema lótico natural (o río) nun entorno léntico artificial que pode expandirse varios quilómetros (Benítez-Mora & Camargo, 2014; Anderson et al., 2015) e que provoca, como consecuencia, unha alteración nas poboacións de macroinvertebrados (Anderson et al., 2015). De feito, vemos que nesta estación de mostraxe (F2) un dos taxons dominantes é o de Oligochaeta, grupo oportunista capaz de tolerar condicións de estrés (Carvacho, 2012).

Sen embargo, é directamente augas abaixo da represa onde se detectan os maiores problemas relacionados coa minicentral, tal e como define o preocupante estado “deficiente” nas augas do punto F3 en primavera (táboa 4). A causa da represa, que exerce como barreira, interrómpese a conectividade lonxitudinal, frágmentase o río (Álvarez-Troncoso et al., 2015; Anderson et al., 2015) e obstaculízase a migración fluvial de

peixes e outros organismos acuáticos (Benítez-Mora & Camargo, 2014), provocando unha alteración no ambiente do canal e, por tanto, na estrutura do hábitat físico e nos tipos de substratos dispoñibles (Oscoz *et al.*, 2006; Álvarez-Troncoso *et al.*, 2015).

Neste aspecto cabe destacar que a estación de mostraxe Ponte Abeleda (F3) é a única que presenta area e limo como substrato dominante (táboa 2), o cal se debe probablemente á diminución do fluxo e da velocidade da auga asociada á represa, que favorece a sedimentación das partículas máis finas (Benítez-Mora & Camargo, 2014). Cambios coma este provocan, a súa vez, que certas familias de macroinvertebrados, como a familia Baetidae, (efémera máis representativa da fauna galega e relativamente común en ambientes lénticos) (González & Cobo, 2006), véxase favorecida augas abaixo das represas (Benítez-Mora & Camargo, 2014), tal e como acontece neste caso, ocupando en F4 en primavera, incluso máis da metade das familias (táboa 4).

En canto á canle de desaugue, que aumenta o fluxo de auga na estación de mostraxe Grou (F5), parece que non provoca cambios particularmente prexudiciais para as comunidades de macroinvertebrados.

Finalmente, resulta curioso discutir o feito de que todas as métricas sexan apreciablemente superiores en outono en todas as estacións de mostraxe. Parece que a explicación reside nun conxunto de factores: o tipo de substrato dispoñible, que ofrece maior alimento e protección debido a un aumento de materia orgánica proveniente dos restos vexetais (Álvarez-Troncoso, 2012); o incremento no caudal e, polo tanto, de hábitats dispoñibles; e por cambios beneficiosos nos parámetros físico-químicos asociados á climatoloxía propia do outono (Hill *et al.*, 2016).

Conclusiones

A raíz de todos os resultados obtidos podemos concluír que, unha vez máis, o emprego dos macroinvertebrados como bioindicadores é unha maneira efectiva de coñecer a calidade e o estado das augas dos ecosistemas fluviais. Neste caso, a diminución xeneralizada das métricas biolóxicas nas zonas de alteración do río Fragoso revelan que, efectivamente, hai un impacto negativo sobre as comunidades de macroinvertebrados en relación aos cambios no fluxo de auga e á interrupción do transcurso natural do río asociados á actividade da minicentral hidroeléctrica.

Bibliografía

- Aazami, J., Esmaili, A., Abdoli, A., Sohrabi, H., Van den Brink, P.J. (2015). Assessment of Ecological Quality of the Tajan River in Iran Using a Multimetric Macroinvertebrate Index and Species Traits. *Environ Manag.* 56: 260–269.
- Adelanta (en liña). Grupo Adelanta, Energías renovables. Recuperado o 10 de maio de 2016. <http://www.adelanta.com/web/index.htm.php?lang=es&dir=negocios&tpl=energia> .
- Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería. 2: 203-213.
- Alonso, A., Camargo, JA. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosist.* 14: 87-99.
- Alba-Tercedor, J., Pardo, I., Prat, N., Pujante, A. (2005). Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España.
- Álvarez-Troncoso, R. (2012). Evaluación del efecto causado por minicentrales hidroeléctricas en ríos de Galicia (NW España), mediante el estudio de larvas de Trichoptera (Insecta). Tesis Doctoral. Universidad de Vigo. 210 pp.

- Álvarez-Troncoso, R., Benetti, C.J., Sarr, A., Pérez-Bilbao, A., Garrido, J. (2015). Impacts of environmental factors on Trichoptera assemblages in four rivers in NW Spain affected by hydroelectric power stations. *Limnologia* 53: 35-41.
- Anderson, D., Moggridge, H., Warren, P., Shucksmith, J. (2015). The impacts of "run-of-river" hydro power on the physical and ecological condition of rivers. *Water Environ. J.* 29: 268–276.
- Benetti, C.J., Garrido, J. (2010). The influence of water quality and stream habitat on water beetle assemblages in two rivers in northwest Spain. *Vie et Milieu* 60: 53-63.
- Benetti, C.J., Pérez-Bilbao, A., Garrido, J. (2012). Ecological Water Quality, Water Treatment and Reuse. Macroinvertebrates as indicators of water quality in running waters: 10 years of research in rivers with different degrees of anthropogenic impacts. In: Voudouris, K., Voutsas, D. (Eds). *Ecological Water Quality-Water Treatment and Reuse*. InTech, Croatia: K. Voudouris, D. Voutsas. 95–122.
- Benítez-Mora, A., Camargo, J.A. (2014). Ecological responses of aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates to dams in the Henares River Basin (Central Spain). *Hydrobiol.* 728: 167-178.
- Biggs, B., Nikora, V., Snelder, T. (2005). Linking Scales of Flow Variability to Lotic Ecosystem Structure and Function. *River Res. Appl.* 21: 283–298.
- BOE (2015). Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España. Nº 219. BOE-A-2015-9806.
- Carvacho, C.A. (2012). Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca de Limari en Chile. Trabajo de investigación. Máster oficial: Agua. Análisis Interdisciplinario y Gestión Sostenible. Universitat de Barcelona.
- Directiva Marco del Agua (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Feld, C.K., Bello, F., Dolédec, S. (2014). Biodiversity of traits and species both show weak responses to hydromorphological alteration in lowland river macroinvertebrates. *Freshwater Biol.* 59: 233-248.
- González, M.A., Cobo, F. (2006). Macroinvertebrados de las aguas dulces de Galicia. A Coruña, Galicia: Hércules De Ediciones. 173 pp.
- Hill, M.J., Sayer, C.D., Wood, P.J. (2016). When is the best time to sample aquatic macroinvertebrates in ponds for biodiversity assessment? *Environ. Monit. Assess.* 3: 188-194.
- Leunda, P.M., Oscoz, J., Miranda, R., Ariño, A.H. (2009). Longitudinal and seasonal variation of the benthic macroinvertebrate community and biotic indices in an undisturbed Pyrenean river. *Ecol. Indic.* 9: 52-63.
- MAGRAMA (2015). Protocolo de cálculo del índice multimétrico específico del tipo de invertebrados bentónicos en ríos (METI). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España.
- Oscoz, J., Campos, F., Escala, M.C. (2006). Variación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas. *Limnética* 25: 683-692.
- Pardo, I., García, L., Delgado, C., Costas, N., Abraín, R. (2010). Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. 65 pp.
- Prat, N., Ríos, B., Acosta, R., Rieradevall, M. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En: Domínguez, E. & Fernández, H.R. (Eds). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos*. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo: 631-654.
- Rosenberg, D.M., Resh, V.H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Winnipeg, Canada: Chapman & Hall.

- Sarr, A. (2011). Evaluación del estado de conservación de ríos afectados por minicentrales hidroeléctricas mediante el estudio de coleópteros acuáticos. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo. 224 pp.
- Toro, M., Robles, S., Tejero, I., Cristóbal, E., Velasco, S., Sánchez, JR., Pujante, A. (2009). Grupo 32. Tipo Ecológico N° 21. Ríos cantabro-atlánticos silíceos. En: VV.AA. (Ed). Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

PLANTAS INVASORAS DO CAMPUS UNIVERSITARIO DE VIGO

Reboreda Gómez, G.

gomezguille93@gmail.com

Resumo

Traballo Fin de Grao Bioloxía

Tutora: Marisa Castro

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

No Campus Universitario As Lagoas-Marcosende da Universidade de Vigo, o alto grao de alteración do solo, sumado á notable presenza de flora exótica introducida e ás características climáticas da zona, explican o establecemento e dispersión de ata 32 especies exóticas de plantas invasoras ou potencialmente invasoras.

Ao longo deste traballo púidose analizar e avaliar o status actual da flora invasora no Campus. Elaborouse un catálogo e un mapa, xeolocalizando cada especie coas súas poboacións máis importantes, ademais dunha análise de riscos para elaborar unha proposta de Plan Estratéxico de Actuación Inmediata (PEAI).

Introdución

Biodiversidade é un concepto referido á variedade de vida existente no Planeta. Abarca tanto a diversidade biolóxica (diversidade de especies) como a diversidade xenética interespecifica e a ecolóxica (diversidade de ecosistemas), onde as especies interactúan entre elas e co medio físico (Hirsch, 2010).

No cume de Río de Janeiro (CDB, 1992), como obxectivos fundamentais marcáronse a conservación da biodiversidade, a utilización sostible dos seus compoñentes e a participación xusta e equitativa nos beneficios que deriven da utilización dos recursos xenéticos. Malia que, dende entón, a concienciación social aumentou, o ritmo de perda de biodiversidade non só non se reduciu significativamente, se non que os factores que a ameazan fóronse intensificando. É o caso das invasións biolóxicas causadas polas Especies Exóticas Invasoras (EEI), un dos 5 principais factores que minan a biodiversidade (Hirsch, 2010).

Considérase exótico a calquera taxón introducido, de maneira deliberada ou accidental e como consecuencia dunha actividade antrópica, nunha zona que non forma parte da súa área de distribución natural. Poden ser especies, subespecies ou calquera outro rango inferior (inclusive unha parte do mesmo: sementes, propágulos...) sempre que teña potencial para sobrevivir e reproducirse (IUCN, 2000).

Referíndose á flora, pódense definir diferentes tipos de plantas exóticas segundo o seu comportamento biolóxico e ecolóxico despois de ser introducidas:

1. Plantas exóticas non naturalizadas: necesitan repetidas introducións para a súa persistencia. Poden ser subespontáneas, se fuxiron dun cultivo, ou adventicias, se a introdución foi accidental (Campos y Herrera, 1997).
2. Plantas exóticas naturalizadas ou alóctonas: aquelas especies que manteñen poboacións durante varias xeracións reproducíndose de forma autónoma. Cando producen un gran número de novos individuos reprodutores e teñen potencial para propagarse á conta de desprazar á flora autóctona, denomínanse plantas invasoras.

Segundo a IUCN (2000), invasora é aquela especie alóctona que «se establece nun ecosistema ou hábitat natural ou seminatural; é un axente de cambio e ameaza a diversidade biolóxica nativa».

Con todo, cando unha especie é introducida nun novo ecosistema, o máis habitual é que non progrese, xa que as condicións bióticas e abióticas da nova área non teñen por que ser adecuadas para o seu desenvolvemento. Crese que soamente o 10 % dos taxa introducidos («regra do 10 %») adáptanse para naturalizarse exercendo presión sobre o resto de flora e fauna (Williamson e Fitter, 1996). É nestes casos cando desenvolven un comportamento especialmente agresivo denominado carácter invasor. Aínda que non exista unha razón única para xustificar este carácter, existe un patrón de atributos que adoitan presentar as especies que o desenvolven, como por exemplo altas taxas de reprodución e crecemento ou a produción de substancias alelopáticas (González Costales, 2007).

As invasións biolóxicas son procesos complexos nos que inflúen diferentes factores, e principalmente presentan tres fases:

1. Introducción da especie nunha nova zona allea á súa área de distribución natural.
2. Naturalización: a especie establécese, pero sen experimentar ningunha expansión.
3. Invasión: incremento considerable do tamaño das poboacións e da área de distribución, competindo e desprazando a outras especies autóctonas.



Figura 1. *Acacia dealbata* nos montes lucenses (fonte: <http://www.apinguela.com/Plantas>)

A introdución de plantas exóticas tiña, historicamente, a finalidade de cubrir necesidades agrícolas, forestais ou outras de uso directo (fig. 1). En épocas máis recentes, as introducións asóciase, sobre todo, ao comercio de plantas ornamentais (Ziller, 2001), en menor medida á introdución accidental debido á trasfega dos medios de transporte e moito menos á dispersión por zoocoria.

O Campus Universitario As Lagoas-Marcosende (fig. 2) sitúase na parroquia de Zamáns (42° 10' N, 8° 41' W), a unha altitude que varía entre 390 e 485 metros. Abarca unha extensión aproximada de 138 hectáreas que sufriu constantes alteracións dende que se construíu o Colexio Universitario de Vigo (CUVI) e sobre todo a partir de 1990, cando comezou o desenvolvemento urbanístico para a construción das distintas facultades e infraestruturas da Universidade de Vigo.



Figura 2. Vista aérea do Campus Universitario As Lagoas-Marcosende (OMA, 2007)

No ano 1994, as plantacións de piñeiros foron deforestadas e as brañas ou turbeiras perdéronse polos movementos de terra, a drenaxe e a compactación do solo debido ao uso de maquinaria pesada, provocando un punto de inflexión na integridade ecolóxica do Campus. Con todo, aínda permanecen hábitats de interese nos que existe unha gran diversidade de fauna e flora: 20 especies de mamíferos e 70 de aves, 514 especies de plantas, máis dun centenar de macromicetos e endemismos como a víbora de Seoane (*Vipera seoanei*) ou o toxo portugués (*Ulex micranthus*) (OMA, 2017).

A vexetación está composta principalmente por formacións arbóreas autóctonas, como carballeiras (*Quercus robur* L.) e ripisilvas de salgueiros (*Salix atrocinera* Brot.) e ameneiros (*Alnus glutinosa* Gaertn.), asentadas sobre matos autóctonos de toxos (*Ulex* sp. pl.), breixos (familia *Ericaceae*) e xestas (*Cytisus* sp. pl.), así como outras especies cultivadas. Nela ten unha notable presenza a flora exótica introducida, de maneira que cada vez son máis as especies que, favorecidas pola suave climatoloxía e o alto nivel de alteración do solo, desenvolven carácter invasor, ameazando a integridade ecolóxica da zona.

Por iso, o obxectivo principal exposto para este traballo é realizar un estudo relativo a situación da «flora invasora» do Campus Universitario As Lagoas-Marcosende, co fin último de realizar o inventario de flora invasora, situar as poboacións máis importantes e propoñer un plan estratéxico para levar a cabo unha actuación inmediata.

Metodoloxía

Para comezar levouse a cabo unha revisión bibliográfica referente a «flora exótica invasora» tanto a nivel local e galego, como a nivel nacional e internacional, así como unha recompilación de información sobre as condicións ecolóxicas do Campus: solo, clima, distribución da vexetación, etc.

Analizouse a base de datos da Oficina de Medio Ambiente (OMA, 2017), que serviu como base para a elaboración dun primeiro catálogo de flora invasora, o cal foi incluído nunha nova base de datos exclusiva para especies exóticas. Nesta base de datos, actualizada nomenclaturalmente por «Index Kewensis» (2017), especificase información referida á procedencia, data e lugar de introdución, nomes comúns en galego e castelán, problemática e status actual no Campus. Para formalizar esta revisión tomáronse como referencia os traballos de Fagúndez Díaz e Barrada Beiras (2007) para Galicia e os de Sanz Elorza *et al.* (2004), González Costales (2007) e Campos e Herrera (2010) a nivel ibérico, ademais da información subministrada polos servicios medioambientais de Universidade de Vigo.

Paralelamente realizáronse, durante os meses de maio, xuño e xullo, varias mostraxes para localizar as especies xa coñecidas e detectar a presenza doutras non incluídas no catálogo da OMA. Durante as mostraxes xeolocalizáronse, mediante un dispositivo GPS (Garmin eTrex Venture HC), as poboacións máis importantes de cada unha das especies, representadas posteriormente nun mapa do Campus (Fig. 3).

Por último, levouse a cabo unha «Análise de Riscos (AR)» (Capdevila Argüelles *et al.*, 2006) para a proposta dun «Plan Estratéxico de Actuación Inmediata (PEAI)», no que se analiza a situación de cada taxon e recoméndanse medidas de control específicas.

Descrición da zona de estudo

Factores coma o clima, a hidroloxía ou a xeoloxía teñen moita relevancia no establecemento de especies vexetais, xa que van determinar o tipo de solo. Estes factores cobran especial importancia á hora de explicar a presenza de plantas con carácter invasor no Campus.

A climatoloxía da zona establécese entre os macrobioclimas «temperado» e «temperado submediterráneo» (Rivas Martínez, 2007; Rodríguez Guitián e Ramil-Rego, 2007), xa que parece existir unha influencia clara do macrobioclima «mediterráneo». Ao atoparse preto da costa, o mar exerce un efecto suavizante (Rodríguez Guitián e Ramil-Rego, 2007) aumentando o grado de humidade mediante néboas invernales, formadas pola evaporación procedente do mar. As precipitacións son abundantes durante todo o ano (2.037 mm), sendo xaneiro a febreiro os meses de maio pluviosidade (280 mm),

mentres xullo e agosto son os meses máis secos (35 mm).

O solo do Campus está formado na súa maior parte por rocas metamórficas alteradas cun comportamento similar ao de solos areosos e areoso-arxilosos, predominando os procesos de escorrentía fronte á infiltración. Nas zonas máis planas, a drenaxe do solo redúcese considerablemente, dando lugar a asolagamentos e á formación de pequenas lagoas (algunhas artificiais) que dan nome ao lugar.

As benignas condicións climáticas, o efecto suavizante do mar e o alto grao de alteración do solo, fan do Campus un lugar moi adecuado para a naturalización e proliferación de plantas exóticas. Na actualidade existen un total de 138 especies e, aínda que a maioría non son problemáticas, algunhas desenvolven carácter invasor e representan unha ameaza real para a integridade ecolóxica do Campus e de áreas lindeiras.

Resultados e Discusión

No Campus existen, actualmente, 32 especies catalogadas como invasoras ou potencialmente invasoras tanto para Galicia como para o resto da Península Ibérica (Sanz Elorza *et al.*, 2004; Fagúndez Díaz e Barrada Beiras *et al.*, 2007; Capdevila Argüelles *et al.*, 2012).

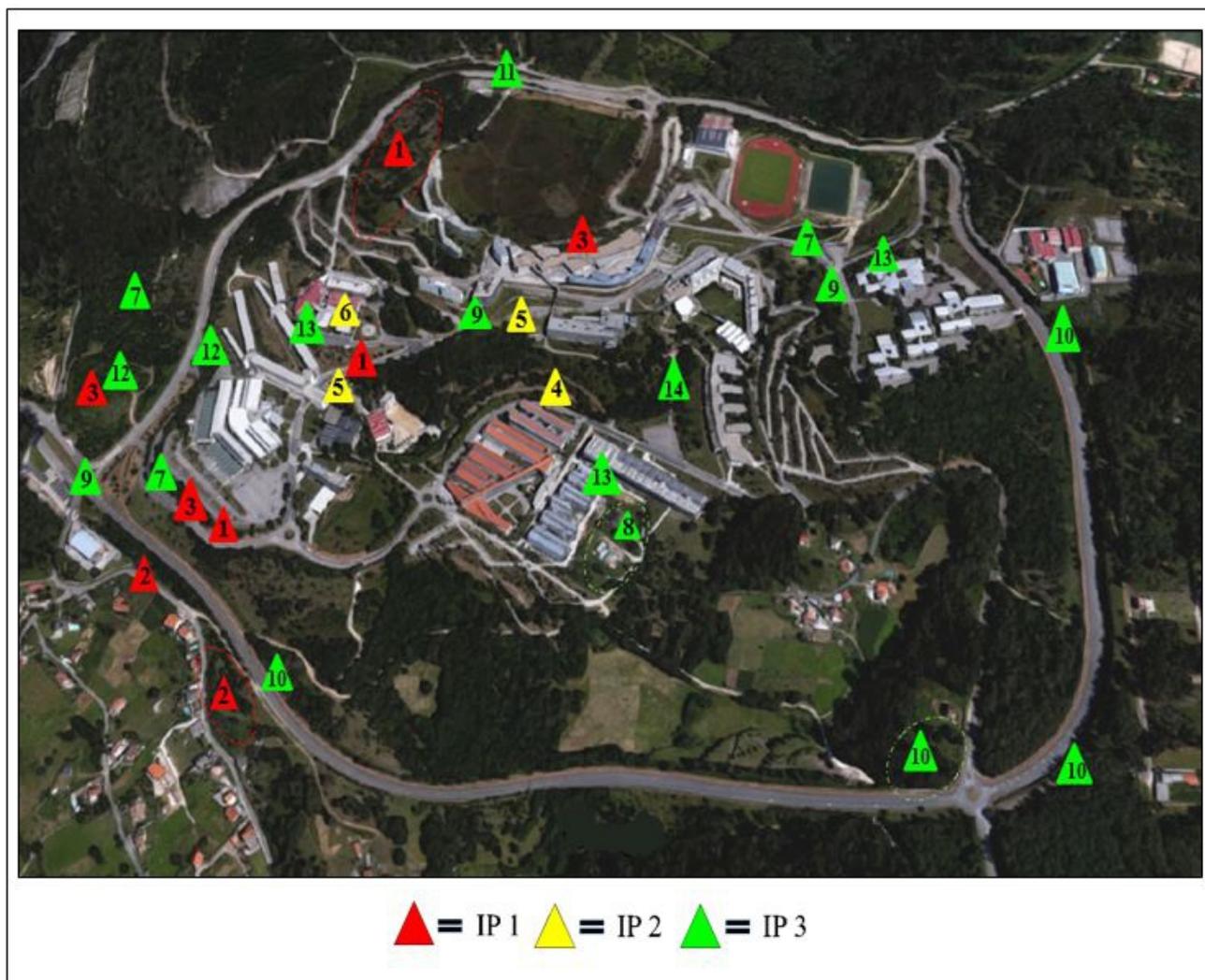


Figura 3. Lenda de símbolos (IP = Índice de Prioridade) e lista de especies indicando a súa ubicación: 1. *Acacia melanoxylon*, 2. *Acacia dealbata*, 3. *Cortaderia selloana*, 4. *Acacia retinodes*, 5. *Oenothera glazioviana*, 6. *Persicaria capitata*, 7. *Arundo donax*, 8. *Robinia pseudoacacia*, 9. *Arctotheca calendula*, 10. *Eucalyptus globulus*, 11. *Helichrysum foetidum*, 12. *Phytolacca americana*, 13. *Tradescantia fluminensis* y 14. *Zantedeschia aethiopica*.

Das 32 especies, 25 delas foron introducidas na zona de estudo de forma natural, aínda que a súa introdución en Galicia responde fundamentalmente a fins ornamentais e forestais. As 7 restantes foron plantadas polo Servicio de Xardinería da Universidade de Vigo como especies ornamentais.

Máis da metade das especies (18) no presenta carácter invasor na actualidade, aínda que en determinadas condicións poderían chegar a desenvolvelo. Noutras palabras, son potencialmente invasoras, polo que convén sometelas a seguimento e control.

A problemática radica nas 14 especies que desenvolveron carácter invasor no Campus (Táboa 1), para as cales se propuxo un Plan Estratéxico de Actuación Inmediata (PEAI). Dentro do PEAI, a cada especie asignóuselle un Índice de Prioridade (IP) que oscila de 1 a 3, e que se estableceu en función do seu grao de impacto sobre a biodiversidade, tanto en Galicia coma particularmente no Campus. Estes datos están apoiados tanto na clasificación existente para Galicia realizada por Fagúndez Díaz y Barrada Beiras (2007), coma nas anotacións dos servizos medioambientais da Universidade de Vigo e na propia experiencia obtida durante o desenvolvemento do estudo.

Táboa 1. Clasificación das plantas invasoras do Campus dentro do PEAI: Índice de Prioridade (PI), alto impacto en Galicia (AIG), alto impacto no Campus (AIC) e especies.

Táboa 1. Clasificación das plantas invasoras do Campus dentro do PEAI: Índice de Prioridade (PI), alto impacto en Galicia (AIG), alto impacto no Campus (AIC) e especies.

IP	AIG	AIC	Especie
1	SI	SI	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br. <i>Acacia dealbata</i> Link. <i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult. F.) Asch. & Graebn.
2	NO	SI	<i>Acacia retinodes</i> Schldt. <i>Oenothera glazioviana</i> Micheli in Mart. <i>Persicaria capitata</i> (Buch.-Hamilton ex D. Don) H. Gross.
3	SI	NON	<i>Arundo donax</i> L. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. <i>Arctotheca calendula</i> (L.) Levyns <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. <i>Helichrysum foetidum</i> (L.) Moench <i>Phytolacca americana</i> L. <i>Tradescantia fluminensis</i> Vell. <i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.) Spreng.

En base a esta clasificación, propóñense unha serie de medidas de xestión, control e erradicación específicas, recollidas dentro do PEAI, pensadas para a súa aplicación no Campus nun prazo máximo de 5 anos. A maioría dos métodos propostos son de control mecánico e, puntualmente, de control químico, xa que se tivo en conta tanto a limitada dispoñibilidade de financiación e de persoal cualificado coma a agresividade dalgúns métodos co medio ambiente.

Con todo, é importante destacar que este PEAI pode (e debe) ser revisado periodicamente para asegurarse de que a súa aplicación é efectiva e, en caso de non selo, ser modificado para cumprir os obxectivos expostos.

Conclusiones

Finalmente, en base aos resultados obtidos, podemos afirmar que no Campus As Lagoas-Marcosende da Universidade de Vigo están presentes 32 especies alóctonas catalogadas como invasoras para a Península Ibérica, 14 das cales manifestan, en maior ou menor medida, carácter invasor (44 %). O resto (56 %) non manifestan devandito carácter.

Estes 14 taxons foron clasificados en función do impacto negativo que xeran sobre o medio e a prioridade á hora de executar o Plan Estratéxico de Actuación Inmediata. Desta maneira, resultan tres con índice de máxima prioridade (IP = 1): *Acacia melanoxylon*, *Acacia dealbata* e *Cortaderia selloana*, tres con índice de prioridade media (IP = 2): *Acacia retinodes*, *Oenothera glazioviana* e *Persicaria capitata*, e as oito restantes con índice de prioridade baixa (IP = 3): *Arundo donax*, *Robinia pseudoacacia*, *Arctotheca calendula*, *Eucalyptus globulus*, *Helichrysum foetidum*, *Phytolacca americana*, *Tradescantia fluminensis* e *Zantedeschia aethiopica*.

Os taxóns de categoría IP = 1 esixen erradicación inmediata para preservar a integridade ecolóxica da contorna. Os de IP = 2 son extremadamente agresivos na zona de estudo, polo que o control e erradicación son importantes para evitar a súa dispersión cara a zonas próximas. En canto aos de IP = 3, catalogados como especies con alto impacto en Galicia, pero que non se comportan como tal no Campus, a súa erradicación non ten que ser inmediata, pero deben ser vixiados para evitar a súa expansión.

En base ás especies estudadas propónse un Plan Estratéxico de Actuación Inmediata (PEAI) no que se recomenda o uso de métodos de control mecánico na maioría dos casos, debido a que son menos agresivos para o medio ambiente e máis económicos. Só nas especies máis problemáticas aconséllanse tratamentos puntuais de control químico.

Bibliografía

- Campos, J. A., Herrera, M., (1997). La flora introducida en el País Vasco. *Itineraria Geobotánica* 10: 235-255.
- Campos, J.A., Herrera, M., (2010). Flora alóctona invasora en Bizkaia. Bilbao: Bizkaiko Iraunkortasunerako Institutua / Instituto para la Sostenibilidad de Bizkaia.
- Capdevila Argüelles, L., Iglesias García, Á., F. Orueta, J., Zilleti, B. (2006). Especies exóticas invasoras: diagnóstico y bases para la prevención y el manejo. Madrid: Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente.
- Capdevila Argüelles, L., Zilleti, B., Suárez Álvarez, V.A. (2012). Plan estratéxico gallego de xestión das especies exóticas invasoras e para o desenvolvemento dun sistema estandarizado de análise de riscos para as especies exóticas en Galicia. Santiago de Compostela. Xunta de Galicia.
- CDB (1992). Convenio sobre Diversidad Biológica. Río de Janeiro: Organización Naciones Unidas
- Fagúndez Díaz, J., Barrada Beiras, M. (2007). Plantas invasoras de Galicia. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia.
- González Costales, J.A., (2007). Plantas alóctonas invasoras en el Principado de Asturias. Oviedo: Consejerías de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio e Infraestructuras.
- Herrera, M., Campos Prieto, J. (2010). Flora alóctona invasora en Bizkaia. Bilbao: Bizkaiko Iraunkortasunerako Institutua/Instituto para la Sostenibilidad de Bizkaia.
- Hirsch, T. (2010). Perspectiva mundial sobre la biodiversidad 3. Montreal, Quebec, Canadá: Convention on Biological Diversity. Index Kewensis (2017) The International Plant Names Index. Recuperado en enero de 2017 de: <http://www.ipni.org/ipni/plantnamesearchpage.do>

- IUCN (2000). Guías para la prevención de pérdida de diversidad biológica ocasionada por especies exóticas invasoras. Auckland, NZ: IUCN Invasive Species Specialist Group.
- OMA (2017). Oficina de Medio Ambiente da Universidade de Vigo. Recuperado el 12 de junio de 2017 de: <http://oma.webs.uvigo.es/>
- Rivas-Martínez, S. (2007): Mapa de series, geoserias y geopermaseries de vegetación de España (Memoria del Mapa de Vegetación Potencial de España. Parte 1. Itinera. Geobot. (Nueva Serie) 17. 436 pp.
- Rodríguez Guitián M. A., Ramil-Rego P. (2007). Clasificaciones climáticas aplicadas a Galicia: revisión desde una perspectiva biogeográfica. Recursos Rurais IBADER 1 (3): 31-53
- Sanz Elorza, M., Dana Sánchez, E., Sobrino Vesperinas, E. (2004). Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Williamson, M., Fitter, A. (1996): The varying success of invaders. Ecology 77: 1661-1666.
- Ziller, S. R. (2001) Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. Ciencia Hoje, 30: 77-79.

EL TERRARIO DE LA FACULTAD DE BIOLOGÍA

Pérez Lago, J.

jesusperezlago97@gmail.com

Resumen

Alumno 2º Grao Biología
Facultad de Biología
Universidad de Vigo.

En este trabajo se explica brevemente la forma de montar el terrario de la Facultad de Biología de la Universidad de Vigo.

El montaje de un terrario conlleva la creación de un microhábitat de extrema delicadeza, y requiere del mantenimiento adecuado para solventar los problemas que van a surgir en el futuro.

Montaje de terrarios

A la hora de enfocar el proyecto se puede optar por un terrario para la instalación de animales o por el contrario, cultivar únicamente vegetales. En el primero de los casos, la manera más responsable de enfocar el tema es investigando las necesidades del animal en cuestión, y diseñar el terrario considerando los parámetros para su óptima calidad de vida. Un error muy frecuente es montar el terrario y posteriormente encontrar un animal que soporte las condiciones preestablecidas.

En los terrarios únicamente con plantas existen dos grandes corrientes: los terrarios tropicales o subtropicales y los terrarios desérticos. Los primeros suelen ser los más vistosos y quizá los más complejos a la hora del mantenimiento. Estos terrarios con muchas plantas y muy húmedos son conocidos como «vivarios» o «paludarios».

Un concepto importante en los vivarios es la maduración del terrario, período durante el cual las plantas se acostumbran al nuevo tipo de iluminación, humedad, etc. y es el tiempo que tiene que transcurrir hasta alcanzar un buen crecimiento las especies incluidas en él.



Figura 1. Aspecto del terrario en el mes de septiembre

El terrario de la Facultad de Biología de la Universidad de Vigo es un proyecto de paludario/vivario y por lo tanto es en lo que se centrará la siguiente parte de las explicaciones y comentarios.

Para realizar un terrario de estas características se necesita una urna estanca, un buen sistema de iluminación y de lluvia (pulverizar las plantas periódicamente). El drenaje del mismo es uno de los aspectos más importante ya que sino las raíces de las plantas pueden pudrirse.

Teniendo estos conceptos importantes claros, se puede empezar la construcción:

1. **Limpieza de la urna.** Aunque habitualmente se pasa por alto, es de gran importancia ya que así eliminamos elementos externos que puedan afectar a la buena maduración del terrario.
2. **Montar el sistema de drenaje.** Este apartado es importante realizarlo al principio. Lo más habitual es que se deje para el final y después no se pueda instalar debido a los elementos «suspendidos».

Entre las mil maneras de crear este sistema, se optó por crear un espacio semipermeable en el cual se ha situado un tubo para poder succionar el agua sobrante.



Figura 2. Sistema de drenaje y río intermedio

Como se puede observar en el diseño (fig. 2) se incluye la creación de un río que divida el terrario en dos zonas. Posteriormente, este sistema se tapa con una capa de «arlit» para darle mejor apariencia estética.

3. **Creación de la pared vertical.** Para aprovechar mejor el espacio y que tenga una buena apariencia estética se instala una pared vertical con apariencia semejante a la capa horizontal de sustrato.



Figura 3. Espuma de poliuretano con elementos suspendidos y macetas. Tallada a cuchillo

Uno de los elementos más decorativos son las raíces de árboles (no usar plantas resinosas), son los elementos «suspendidos».

- a) Primero sobre la cara del terrario se colocan las raíces y demás objetos que van a servir en un futuro como elementos decorativos, o macetas para las plantas que tapizarán la pared. Todos estos elementos deben estar previamente desinfectados.
- b) Una vez se tiene el diseño final, se procede a echar espuma de poliuretano intentando darle textura natural.
- c) Cuando la espuma se seca se procede a tallarla para darle la forma final. Una vez tenga la forma deseada se aspira todo el terrario para eliminar los restos (fig. 3).
- d) Cubrir el fondo. Este paso es el que marca un antes y un después en la fabricación del terrario. Se trata de adherir la «mezcla de tierra» al fondo del terrario mediante algún tipo de pegamento (resinas, silicona, Elastopur®). Se recomienda utilizar guantes.

Se puede decir que hay una mezcla de tierra ideal por cada creador de terrarios. En este caso se ha optado por una mezcla de fibra de coco, turba, corteza de pino y *Sphagnum* (briófito). Un elemento que también da buen resultado es añadir «xaxim» a la mezcla anterior, ya que contiene gran cantidad de esporas de helechos.



Figura 4. Mezcla de tierra y poliuretano

Un buen consejo es echar más pegamento y una vez que tenga la tierra encima hacer un poco de presión para que ambas partes se adhieran bien.

- e) Una vez seco, se voltea el terrario a su posición inicial. La tierra sobrante se aprovecha para utilizarla de sustrato. Se vuelve a aspirar, incluido el fondo, para asegurarse de que no quede ninguna parte sin tapar.
4. **Sistema de lluvia.** Está compuesto por bomba, depósito, tubo y boquillas. Entre los miles de modelos y marcas que existen, hay que elegir aquel que proporciona bastante presión. A mayor presión, si las boquillas son las correctas, la pulverización será más fina y el índice de humedad mayor.

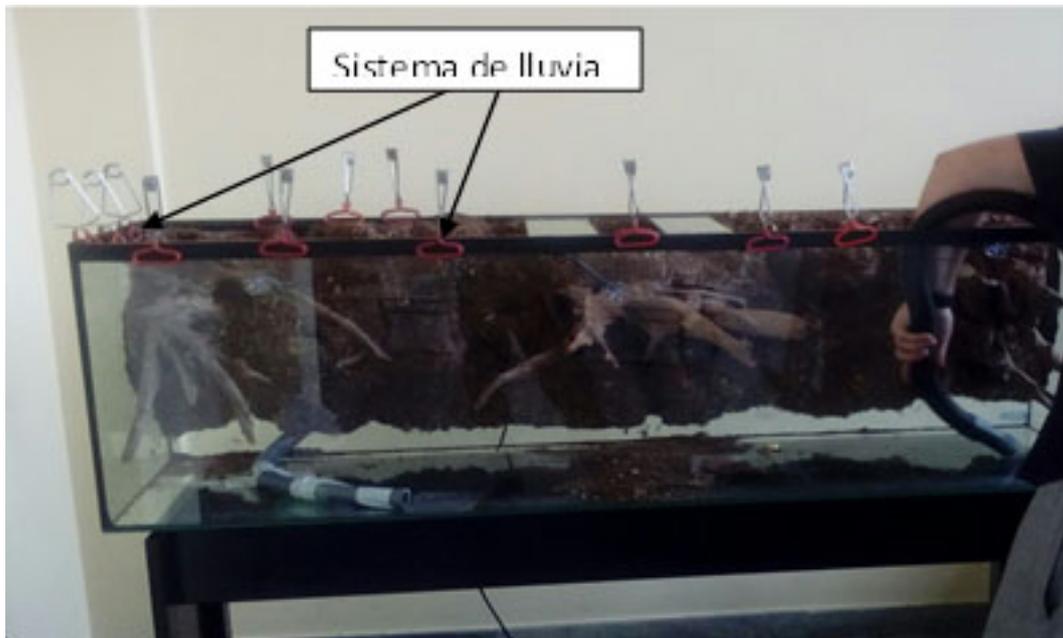


Figura 5. Colocación del sistema de lluvia

Se puede colocar de diversas maneras. En este caso se fue pegando por el perímetro interno superior, ya que no se podía instalar en la tapa, que es lo más habitual.

5. Sustrato. Se trata de cubrir la base del terrario con la mezcla de tierra sobrante de la realización del fondo.

En este caso, como el sistema de drenaje es tipo «doble fondo», se ha optado por rodear las cajas semipermeables de una capa de «arrita» y este conjunto taparlo por encima de una malla mosquitera para evitar la mezcla de la tierra con la «arrita». En este momento también se colocan las piedras de río.



Figura 6. Doble fondo separado por malla mosquitera y piedras de río

6. Iluminación. Es el aspecto más importante de un terrario ya que es lo que hará que madure o no (permanezca o se muera). Actualmente, lo más novedoso son las pantallas led personalizadas que se crean con especificaciones concretas para cada tipo de plantas. En este caso se ha utilizado una pantalla led de acuario con plantas, que suelen dar buenos resultados.

7. Plantado. Dependiendo del biotopo que se quiera conseguir se optará por unas especies u otras. En el caso de los vivarios las más habituales son diversas especies de bromelias (Neoregelia, Aechmea, Catopsis), orquídeas (Masdevallia, Dracula, Phalaenopsis), Tillandsia, Marcgravia, Peperomia, Alocasia, Ficus (variedades rastreras), Selaginella, entre otras, así como diversas briófitas y helechos.



Figura 7. Resultado final del paludario de la Facultad de Biología

8. Sistema bioactivo. Se trata de introducir animales degradadores de materia orgánica. Los más utilizados son colémbolos, cochinillas tropicales, lombrices, etc.

Una vez terminado el montaje el único mantenimiento que hay que realizar es rellenar el depósito de agua y controlar la aparición de posibles patógenos o plagas. Cada montaje tiene sus propias complicaciones y soluciones, lo único importante es no darse por vencido.

Aunque, en nuestro país, tener un terrario es sobre todo una afición o un «hobby», es algo más, ya que aporta satisfacción y enseña nociones tangibles de cómo interacciona cada elemento para constituir un ecosistema. Creo que tiene un valor importante en la formación de estudiantes de biología y cualquier otra carrera dedicada al estudio del medioambiente, y que se debería tomar más en serio este conocimiento.

Si cualquier persona quiere participar en el mantenimiento del «Paludario de la Facultad de Biología UVigo», así como en las mejoras que se podrán realizar más adelante, puede contactar con el autor de este artículo a través del correo electrónico.

DISEÑA TU PROTOTIPO "PISCÍCOLA"

Barandela González, M., Carramal Pérez, S., García Ramírez, M.L., Gutiérrez Álvarez, S.M., Melón Rodríguez, I., París Barbeitos, N., Rodríguez Carín, M. Rodríguez Salas, C., Ruíz Domínguez, L., Veiga García, M.M.

Trabajo Zoología II

Grado en Biología.

Tutora:

Iglesias Briones, María Jesús

Departamento de Ecología y

Biología Animal

Facultad de Biología

Universidad de Vigo.

Resumen

Las adaptaciones de los "peces" al medio se convierten en "innovaciones industriales" aeronáuticas y de automoción. Un ejemplo, es el nuevo concepto de vehículo biónico desarrollado por *DaimlerChrysler*, para el cual los ingenieros de Mercedes-Benz han recurrido por primera vez a un ejemplo específico de la naturaleza, el pez cofre (*Ostracion cubicus*). Este modelo de utilidad ha servido para que los alumnos de la asignatura *Zoología II: Invertebrados Artrópodos y Cordados*, desarrollaran un prototipo tecnológico con el fin poner en valor avances anatómicos, fisiológicos, etc. de los "peces".

INTRODUCCIÓN

Aunque generalmente los conocemos como "peces", en realidad son cinco clases diferentes del subfilo Vertebrados: i) clase Mixines, ii) clase Petromizónidos (lampreas), iii) clase Condrictios (tiburones, rayas, etc.), iv) clase Actinoptergios (los más conocidos, ya que en este grupo se incluyen la mayoría de las especies comerciales que se consumen en el mundo) y v) clase Sarcoptergios (tronco del que evolucionaron los anfibios). Todos ellos comparten una serie de adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les han permitido colonizar los mares y océanos del mundo, lagos y ríos, convirtiéndolos en el grupo de Vertebrados más diverso (en cuanto a número de especies). Entre ellas, su forma aerodinámica que, junto a su musculatura segmentada y aletas, les permite el avance rápido en el agua. Además, ciertas especies han adoptado formas corporales y adquirido características especiales para sobrevivir en condiciones extremas y evitar ser atacados por depredadores.

Por tanto, son muchos los aspectos de estos organismos que pueden ser utilizados para resolver tareas y problemas cotidianos. Esta propuesta supone conjugar la apariencia (morfología externa) real de la especie elegida con una posible utilidad, también real, para asegurar su éxito en el mercado.

EL VERSÁTIL PLAN CORPORAL DE LOS PECES

Aunque todos los "peces" comparten un plan corporal similar, las condiciones particulares de su hábitat condicionan su capacidad de supervivencia. A la hora de trasladar estas adaptaciones a la resolución de un problema concreto se pueden adoptar dos estrategias: bien realizar adiciones al modelo biológico escogido (de tal forma que el modelo y el prototipo se asemejen mucho) o bien combinar determinados elementos del modelo y crear un prototipo distinto al modelo inicial.

En el primer caso, Sandra Carramal Pérez ha diseñado un robot para realizar muestreos en fondos someros y estuarios inspirándose en el pez escorpión común *Myoxocephalus scorpius* (orden Scorpaeniformes; Figura 1a). La elección de este pez como modelo se debe a su morfología: 30 cm de longitud, cabeza y aletas grandes, lo que permite albergar los múltiples instrumentos para la toma de muestras.

El AJ 3600 (Figura 1b) está dotado de dos focos en la parte anterior, visión nocturna y cámara de infrarrojos. En las aletas dorsales se encuentran unos dispositivos para registrar datos de salinidad, temperatura, clorinidad y pH. El desplazamiento se consigue mediante unas estructuras que imitan a las aletas pectorales y aleta caudal. Los datos obtenidos son enviados directamente al centro de investigación. Una de las características más destacables de este dispositivo son sus dos cámaras panorámicas.

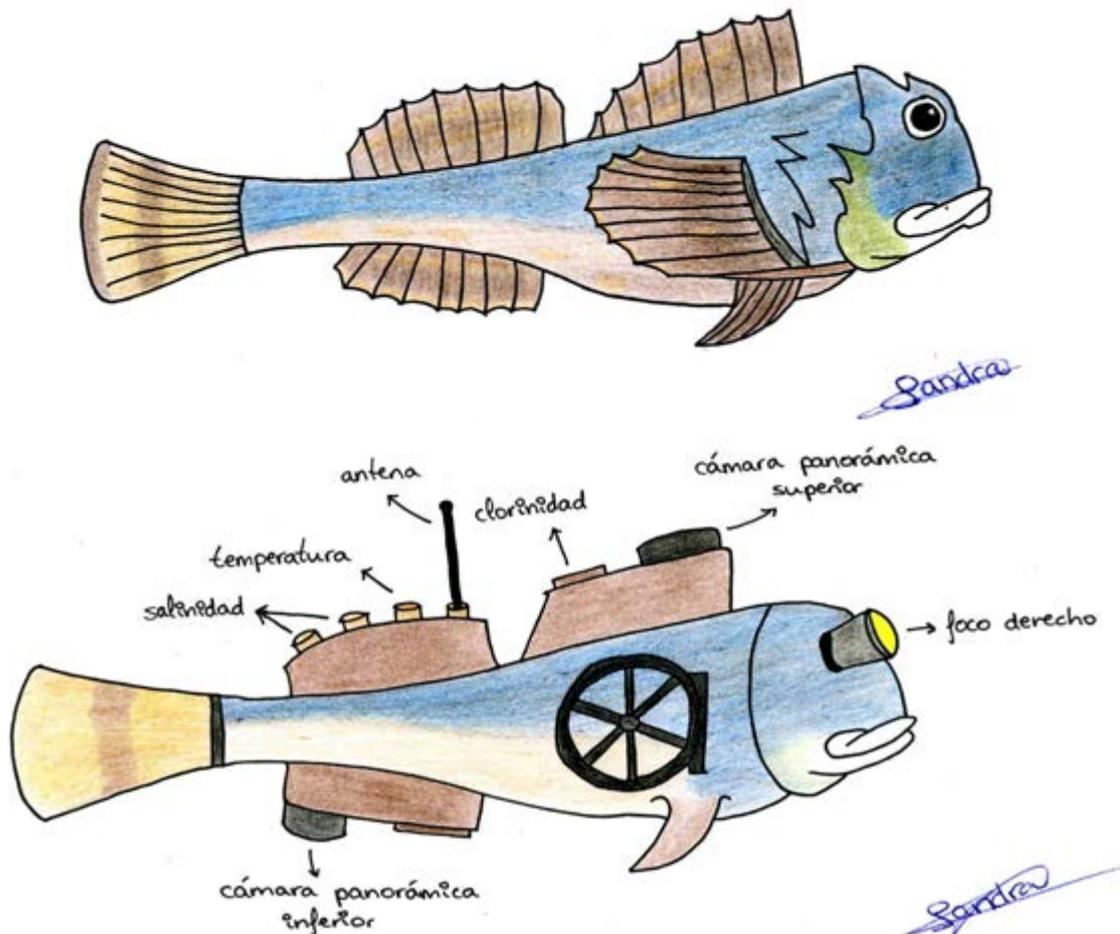


Figura 1. Las capacidades exploratorias que ofrece el plan corporal de los peces: a) *Myoxocephalus scorpius* (figura superior); b) Prototipo del AJ 3600 (figura inferior) (Dibujos originales de Sandra Carramal Pérez).

LAS ADAPTACIONES MORFOLÓGICAS DE LOS PECES DEMERSALES

Los “peces” demersales viven cerca de los fondos de las zonas litoral, eulitoral y plataforma continental, llegando hasta profundidades de 500 metros. La disponibilidad de luz, y de recursos alimenticios disponibles en estas zonas conforman la anatomía (forma aplanada, receptores sensoriales específicos) y

comportamiento (poco movimiento) de estos organismos.

El diseño exterior de "Leopoldibot", el nuevo robot aspirador inteligente creado por Mayra Larissa García Ramírez, se inspira en una especie de raya de río autóctona de Brasil, *Potamotrygon leopoldi* (Figura 2). Como el original, el robot adopta una forma redondeada con una coloración dorsal negra y moteada. En el interior el esqueleto cartilaginoso se recrea con silicona para imitar el movimiento de las rayas al nadar y deslizarse por los fondos de todo tipo (rocoso, arenoso y fangoso); de este modo, el aspirador puede adaptarse también a las diferentes superficies durante las sesiones de trabajo. Mediante la expansión o retracción de varillas y cables internos provoca el movimiento de partículas hacia su parte ventral, donde se encuentra la "boca de aspiración". Las "hendiduras branquiales" típicas de las rayas aquí están provistas de cepillos largos, con lo que barren el polvo y la suciedad y lo dirigen hacia la parte ventral del robot donde es aspirado gracias al potente motor. Los filtros se encuentran localizados en el interior de la parte anterior del prototipo, entre las dos filas de "hendiduras branquiales" y la "boca".

Su apariencia compacta de apenas 40 cm de diámetro y 8 cm de altura, le permite adentrarse en espacios pequeños y recónditos con facilidad. El sistema de tracción de cuatro ruedas proporciona la potencia idónea para cruzar umbrales fácilmente y moverse de una habitación a otra. El modelo está provisto del sistema de detección inteligente de infrarrojos en los bordes que le valen de paragolpes, así como detectores de suciedad que se localizan en la posición donde se ubican las narinas y espiráculos de la raya. Tiene una autonomía de 130 minutos, tras los cuales debe conectarse a su adaptador de alimentación que imita a la cola de la raya, hasta la próxima sesión.

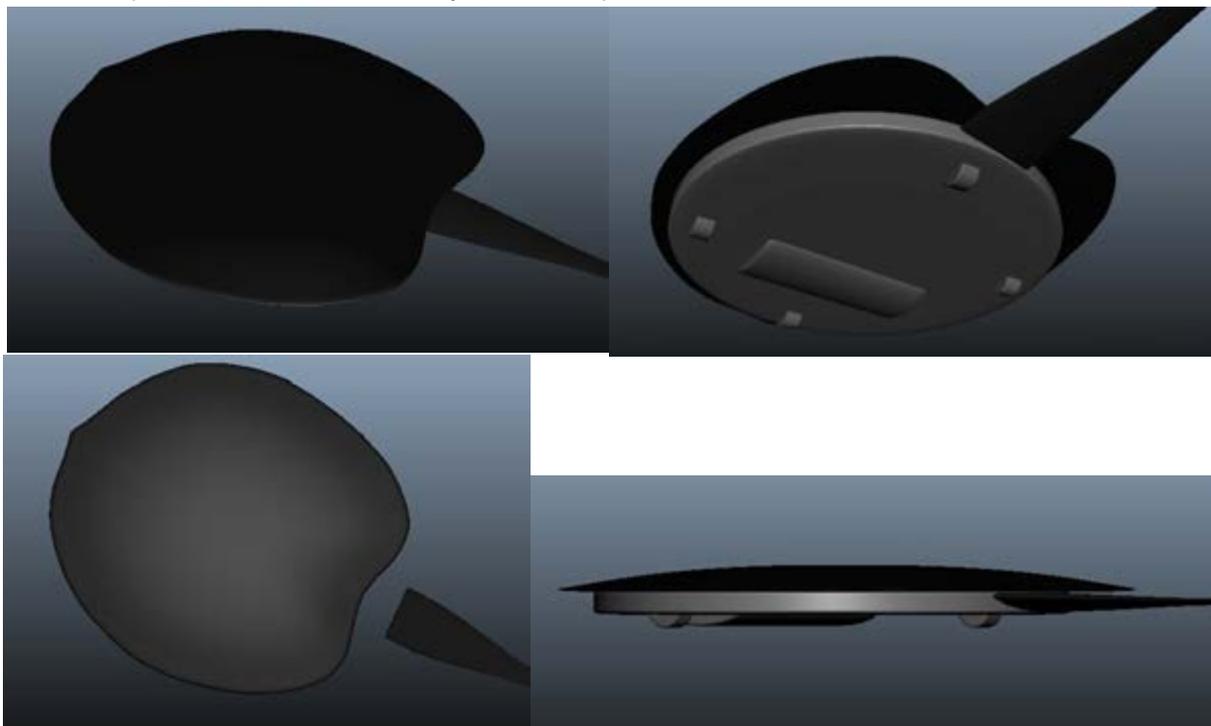


Figura 2. Leopoldibot (Idea original de Mayra Larissa García Ramírez; Diseño gráfico de Valerie Bartsch A., estudiante de diseño Industrial).

Una idea similar es la propuesta por Lourdes Ruíz Domínguez, un robot autónomo para limpiar los fondos de piscina e inspirado en la morfología de la raya látigo común *Dasysatis pastinaca*, el RAYA-TURBO 1.0 (Figura 3). Realizado en fibra de carbono, posee una rigidez y dureza inigualables a la vez que ligero; consta de unos propulsores a modo de aletas que, junto con la cola, desmontable, que contiene el filtro proporcionan el desplazamiento. El agua es aspirada por la "boca" y filtrada en cola. Para mantenerse a la distancia óptima del fondo está equipada con toberas (los "espiráculos" de la raya) por donde entra el agua, que luego es

expulsada con fuerza a través de las "hendiduras branquiales" proporcionando direccionalidad. La flotabilidad se consigue con un tubo de circulación de aire, lo que permite su recogida en superficie para su recarga y limpieza de filtro. Para mayor efectividad, incorpora 3 rodillos que rascan el fondo.

RAYA-TURBO 1.0

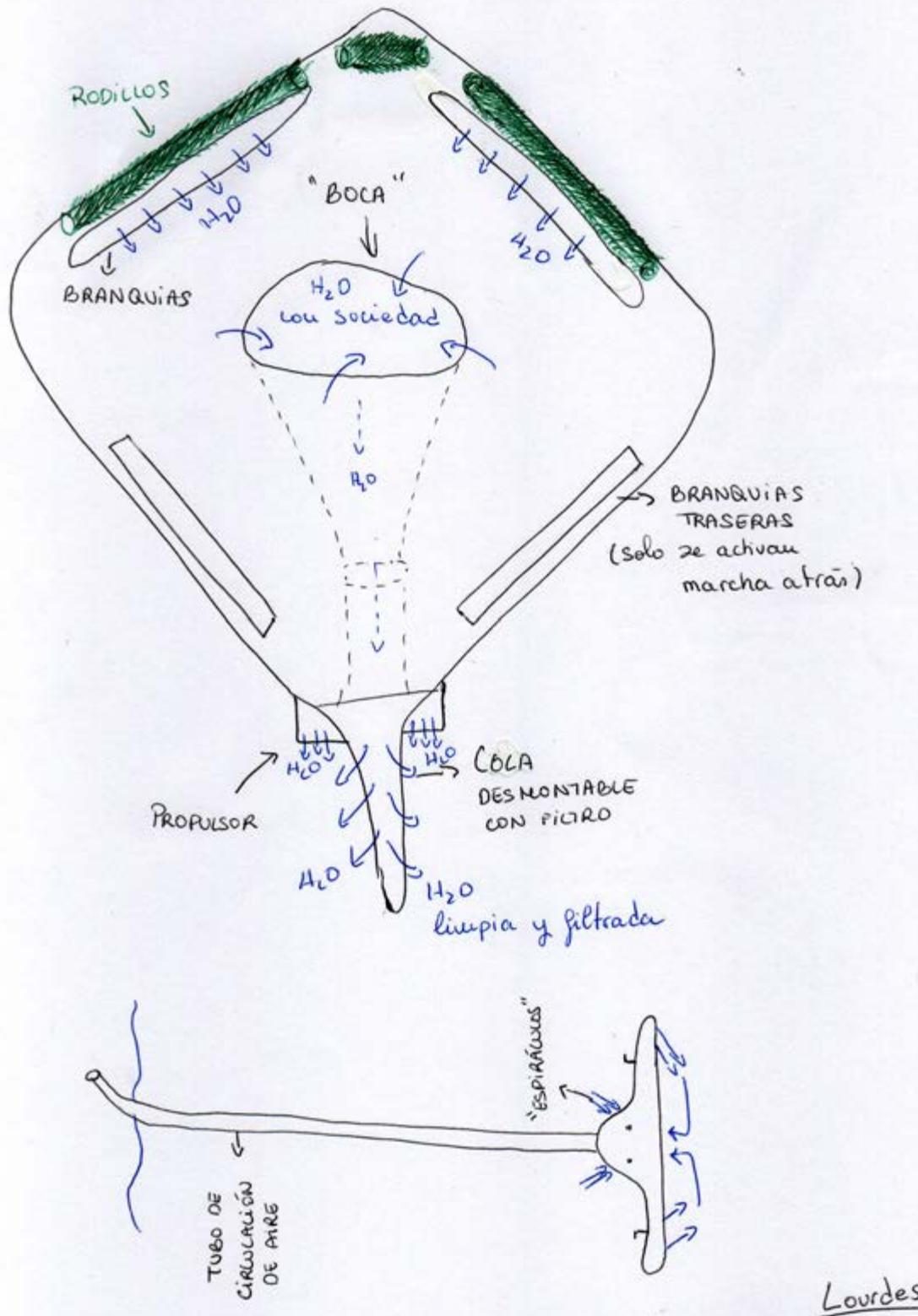


Figura 3. La RAYA-TURBO 1.0 (Dibujo original de Lourdes Ruíz Domínguez).

LAS ADAPTACIONES MORFOLÓGICAS DE LOS PECES MESO Y BATI-PELÁGICOS Y ABISALES

Los peces de la zona mesopelágica (uno de los niveles en los que se divide el océano según la profundidad) son los que habitan las aguas marinas situadas entre 200 y 1000 metros de profundidad, entre la zona epipelágica (< 200 m) y la batipelágica (desde los 1000 a los 4000 m de profundidad). Aunque penetra algo de luz solar, es insuficiente para la fotosíntesis, lo que hace que los habitantes de estas zonas presenten adaptaciones específicas para la captura de alimento.

El engullidor negro (*Chiasmodon niger*) habita las zonas mesopelágicas y batipelágicas (entre 700 y 2700 m de profundidad) de las aguas tropicales y subtropicales de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico. Posee un cuerpo alargado y comprimido que alcanza una longitud máxima de 25 cm, de color negro y sin escamas. Se alimenta de peces óseos que duplican su tamaño y superan 10 veces su masa, lo que consigue gracias a que su estómago puede dilatarse en función del tamaño de la presa.

Esta capacidad de su estómago para dilatarse fué la fuente de inspiración que llevó a Marta Barandela González a crear el "dron expandible marino flotante" o conocido por sus siglas en inglés FMED (*Floating Marine Expandable Dron*) (Figura 4). Se trata de una modificación del "Marine Drone" inventado por los ingenieros franceses Elie Ahovi, Adrien Lefebvre, Philomène Lambaere y Marion Wipliez para recoger los residuos de plástico que flotan en los mares. El diseño original de estos inventores consiste en una canasta gigante que se desplaza por el mar propulsado por baterías, y una vez lleno su depósito de almacenaje de basura, regresa a la embarcación base donde es vaciado.

El FMED propuesto aquí no bucea, se encuentra en la superficie del mar, flotando y filtrando agua con residuos, los cuales quedan atrapados en su contenedor. El circuito de filtrado se alimenta con placas solares y el contenedor donde se almacena la basura recogida consiste en una tela muy elástica impermeabilizada, que se distiende al igual que lo hace el estómago de *Chiasmodon niger*, pero que además ejerce una presión de compresión sobre los plásticos para reducir su volumen y facilitar su posterior reciclado.

Se ha podido constatar que *Chiasmodon niger* puede morir si ingiere presas muy grandes, posiblemente por rotura de las paredes del estómago, lo cual sería un gran inconveniente para el funcionamiento de FMED, pues la basura recogida volvería otra vez a contaminar las aguas. Por ello, la tela del contenedor del prototipo es tremendamente resistente y se expande principalmente en la vertical hasta 10 veces su tamaño original llegando a una capacidad de 320 litros. Llegado a su capacidad máxima, se apaga el circuito de corriente de agua, se cierra la cámara de agua con la tapadera flotador y se dirige a su embarcación base más cercana donde será vaciado y devuelto a la mar para seguir cumpliendo su misión.

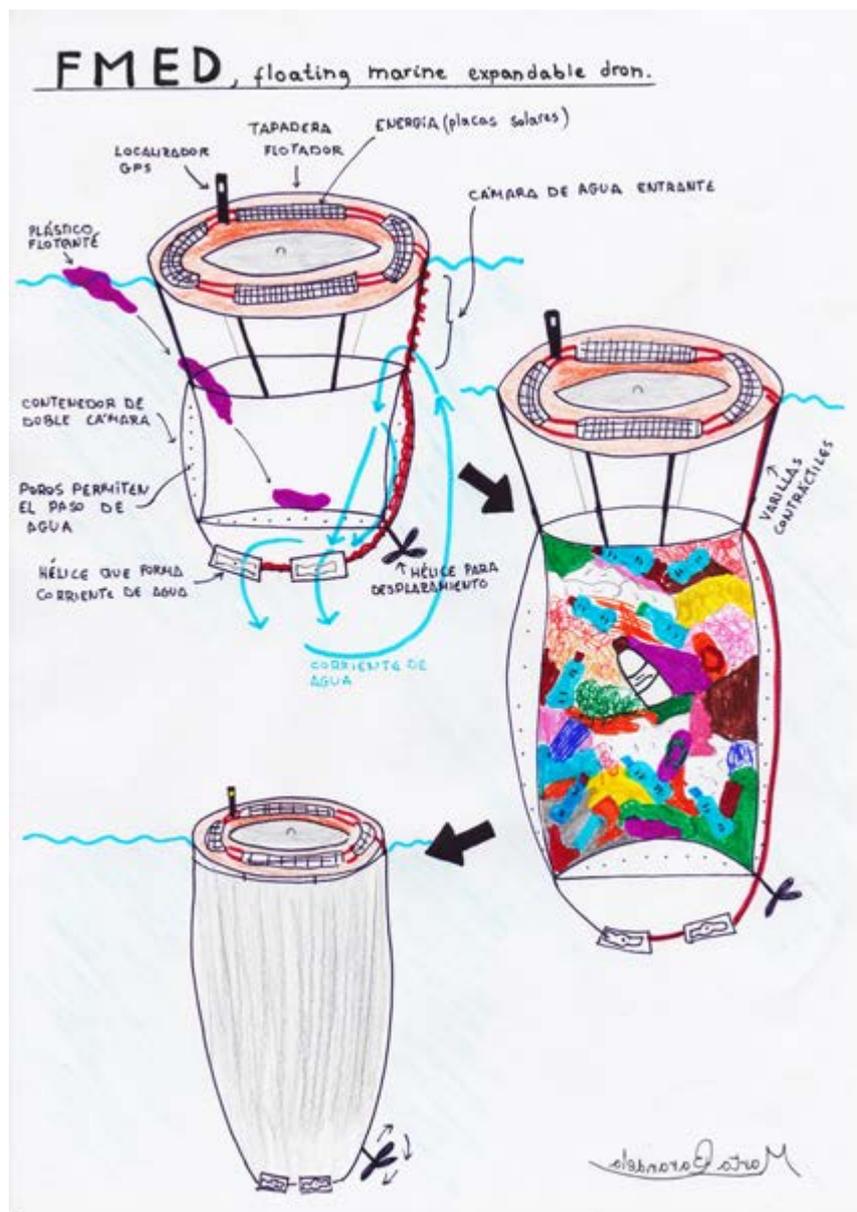


Figura 4. El "dron expandible marino flotante" o FMED (*Floating Marine Expandable Dron*) (Dibujo original de Marta Barandela González).

Los "peces" abisales habitan la zona abisal o zona abisopelágica de los mares y los océanos, el nivel más profundo en el que se divide el océano según la profundidad (> 1000 m). En estas zonas no penetra la luz, por lo que sus habitantes deben estar adaptados a estas condiciones de oscuridad o generar su propia luz. Por ejemplo, el pez linterna (*Centropryne spinulosa*) cuenta con un señuelo luminoso alojado sobre su cabeza. Esta estructura, derivada del radio primero de su aleta caudal, aloja el órgano bioluminiscente del pez con el atrae a sus presas potenciales o bien a una posible pareja.

Estos aspectos son lo que ha llevado a Nicolás París Barbeito a diseñar una cámara de última generación pensada para obtener detalles en alta definición dejando las manos libres, la Abyssal Pro™ de Skuallo (Figura 5). Se trata de una cámara full HD de dos megapíxeles acoplada a un brazo móvil que se sujeta mediante un par de cinturones al torso de su portador. Cuenta también con una linterna de seis luces LED para aportar iluminación blanca. La imagen se envía mediante Bluetooth a una tableta (modelo de serie Skuallo Med-Fin™ de 20") que puede acoplarse al aparato mediante un imán. El brazo semirrígido puede moverse en todas direcciones, lo que permite alterar el punto de vista sin necesidad de desplazarse. Obtiene su alimentación de una batería portátil de bajo consumo acoplada sobre el arnés de

la espalda, sin riesgo de quemaduras. Su tecnología giroscópica corrige la respiración del usuario para evitar la distorsión de la imagen.

Abyssal Pro™, como el señuelo bioluminiscente, cuenta con multitud de aplicaciones. Puede actuar como cámara fotográfica y de vídeo, además de como linterna o a modo de lupa, siempre dejando las manos libres. La tableta permite obtener imágenes ampliadas y puede colocarse a gran altura, de forma que el portador no ha de inclinarse sobre su lugar de trabajo. Libertad de acción, precisión y comodidad, valores básicos en trabajos artísticos y manipulación de materiales delicados.

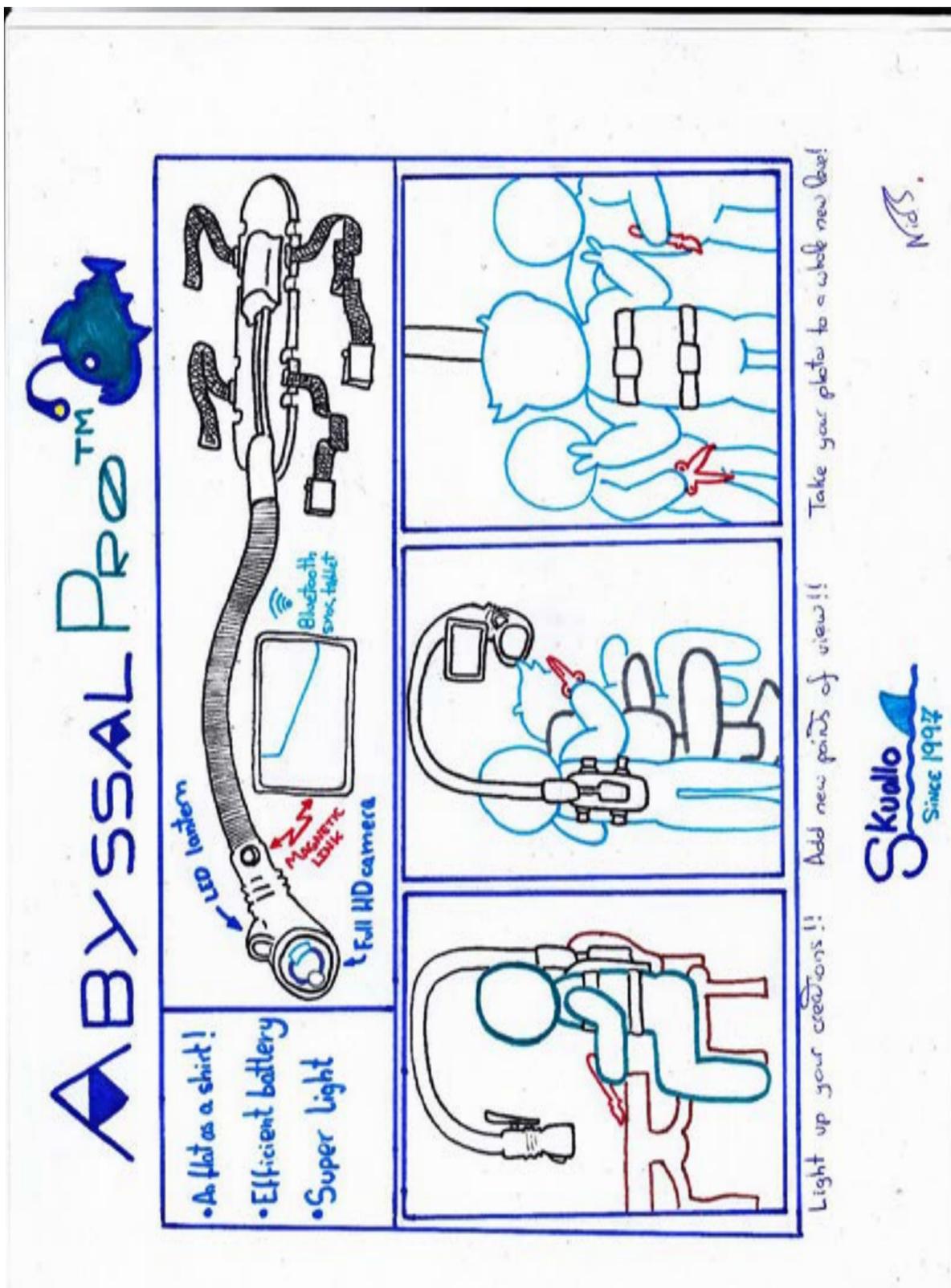


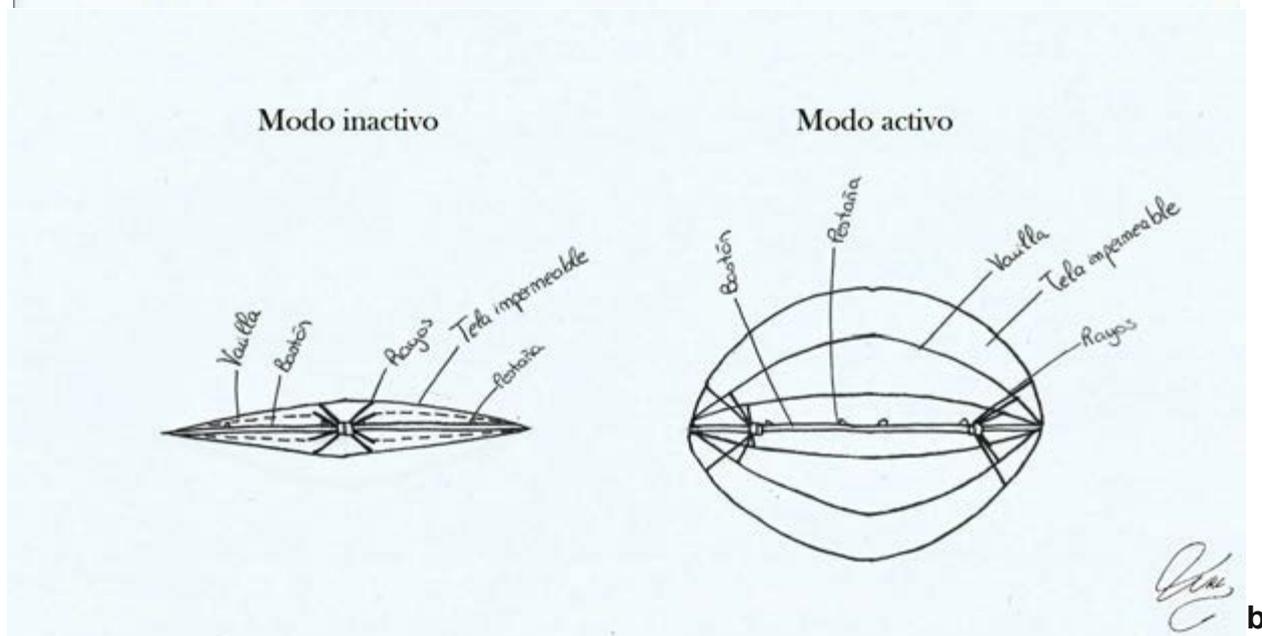
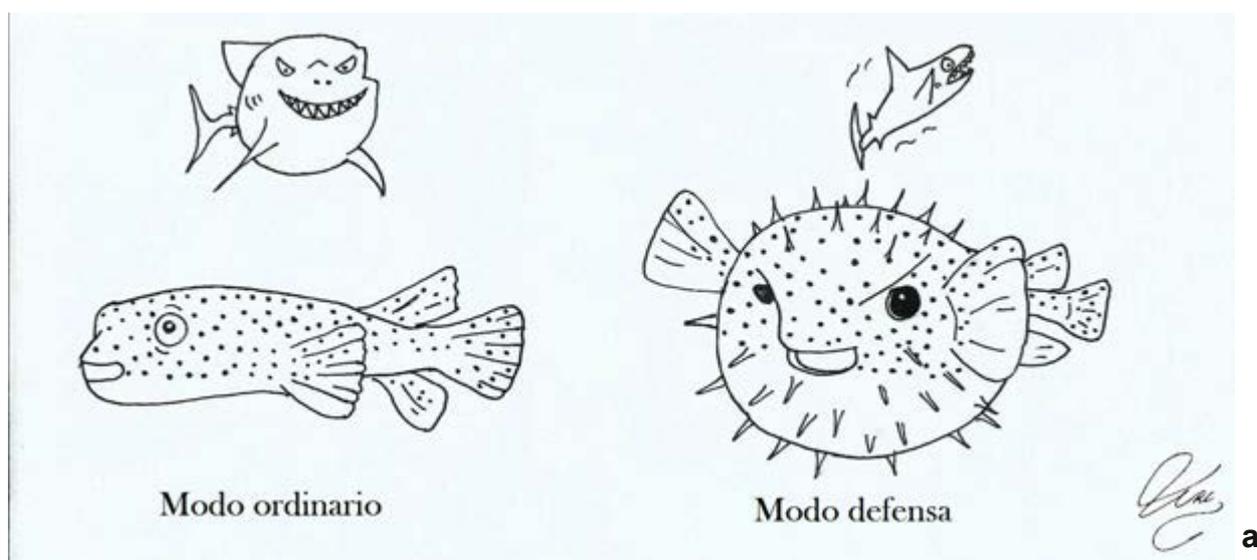
Figura 5. El Abyssal Pro™ de Skullo (Dibujos originales de Nicolás París Barbeito).

LAS ESTRATEGIAS DEFENSIVAS DE LOS TETRAODONTIFORMES Y SCORPAENIFORMES

Los representantes más conocidos de los Tetraodontiformes son los peces globo incluidos en la familia Tetraodontidae y que con frecuencia se confunden con los representantes de otra familia de este mismo orden, los Diodontidae, conocidos como pez puercoespín. Ambos poseen la capacidad de hincharse, tragando agua o aire, gracias a una glándula especial alojada en su estómago, cuando son atacados o se asustan, multiplicando varias veces su tamaño, asustando así a su depredador y haciendo imposible que el atacante pueda tragarlo (Figura 6a).

Estas adaptaciones se han reflejado en el diseño de María Rodríguez Carlín denominado Fugusfear ('fugu' en japonés pez globo y 'fear' en inglés miedo) y que funcionaría como un espantapájaros. La estructura interna estaría constituida por una varilla central (bastón) más gruesa a la que se acoplan otras más finas (rayos) ambos lados; una tela impermeable cubriría toda la estructura. Presentará dos modos, uno inactivo (plegado) y otro activo (desplegado) (Figura 6b).

Fugusfear se colocará en un alambre con sensor de movimiento. Cuando un ave se acerque, será detectada por el sensor, activando el Fugusfear que se desplegará de forma rápida como un paraguas, espantando al pájaro. Para asegurarse al 100% de efectividad en ahuyentar al ave, Fugusfear se desplazará por el alambre hacia el punto donde el sensor detectó al ave. Volverá a su estado inactivo tras 30 segundos sin que el sensor detecte movimientos (Figura 6c).



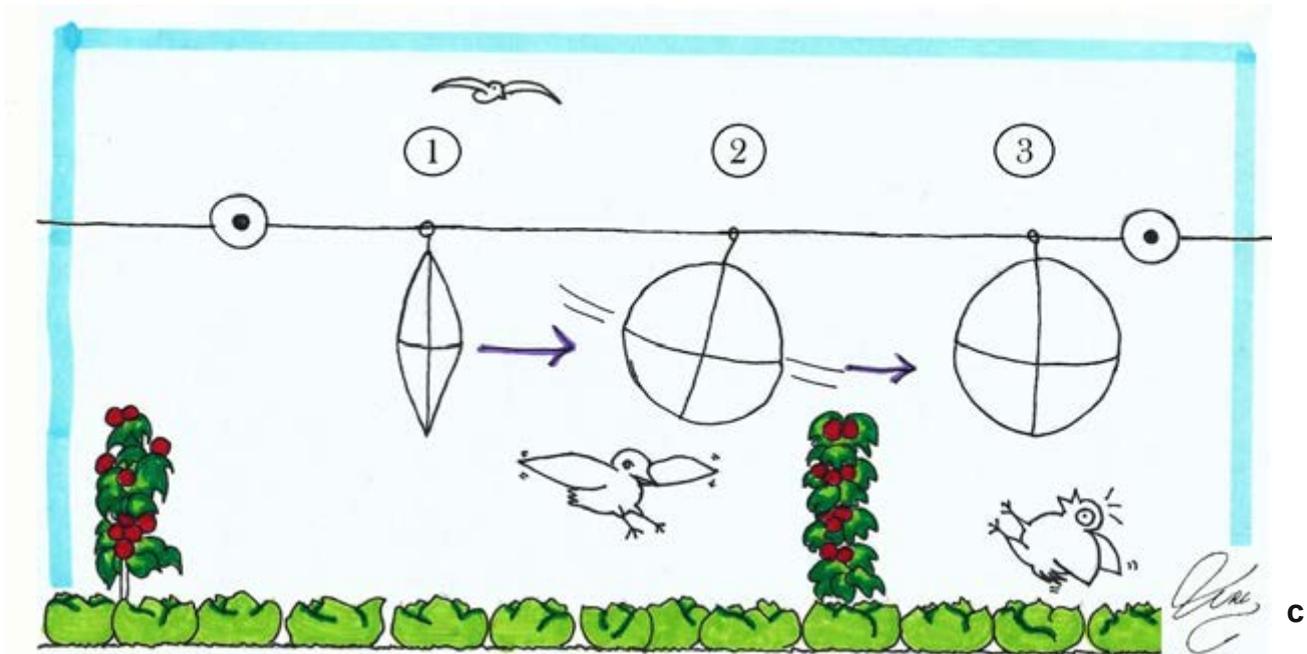


Figura 6. Las capacidades defensivas de los Tetraodontiformes pueden ser adaptadas a otras necesidades: a) Pez globo en modo normal y en modo defensa (ante un depredador); b) Estructura del Fugusfear en modo inactivo y modo activo; c) Funcionamiento: paso 1 - estado inactivo, paso 2 - el sensor detecta un ave, se activa el Fugusfear inflándose, paso 3 - el aparato se mueve hacia el ave para espantarla (por si acaso) (Dibujos originales de María Rodríguez Carlín.).

Los representantes del orden Scorpaeniformes se caracterizan por las prolongaciones espinosas que adornan su superficie corporal. En el pez león *Pterois antennata*, los radios de la aleta dorsal, dos de los radios de la aleta ventral y dos de la aleta anal están conectados a glándulas venenosas que producen una neurotoxina y las picaduras, aparte de ser sumamente dolorosas, pueden ocasionar fiebres, parálisis respiratorias y una severa reacción alérgica.

Este mecanismo de defensa ha servido de inspiración a Sarah María Gutiérrez para diseñar una pulsera "anti-violación" (Figura 7) para el público femenino, dado que es un hecho constatado que las mujeres son más susceptibles que los hombres a sufrir algún tipo de situación violenta. Por ejemplo, cuando la víctima potencial vaya a salir, especialmente de noche, y sepa que va a estar sola por la calle, si en algún momento se siente amenazada, que la están persiguiendo o incluso que vea venir un claro acercamiento por parte de un más que posible agresor, solo tiene que activar la pulsera para que ésta, al igual que hace el pez león, inyecte o dispare un algún tipo de toxina paralizante y la usuaria pueda escapar.

La pulsera contiene microconductos que disparan la toxina o quizás gas pimienta (dependiendo de la legislación vigente de cada país) a través de unas protuberancias espinosas. Además de esto, lleva incorporado un chip que emite una señal de aviso de agresión a la policía indicando la posición exacta. La pulsera descargará todo el contenido en cuanto se active, por lo que sólo vale para un uso, pero cuenta con un orificio por donde rellenar su carga.

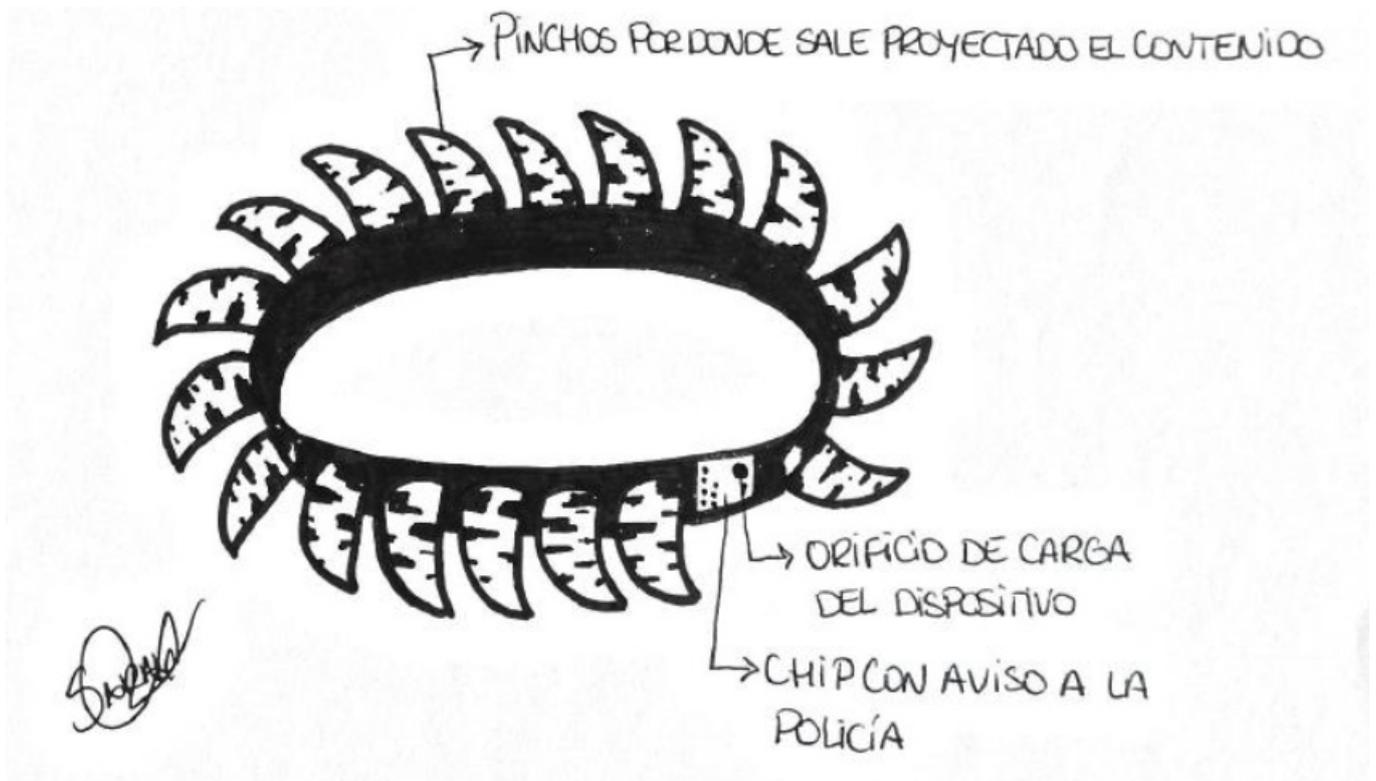


Figura 7. La pulsera anti-violadores (Dibujo original de Sarah María Gutiérrez Álvarez).

APLICACIONES DE LAS ADAPTACIONES DE LOS “PECES” EN BIOINGENIERIA

Las tres propuestas que se describen a continuación utilizan la segunda opción de diseño de un modelo de utilidad y que se basa en combinar determinados elementos del pez elegido como modelo y crear un prototipo nuevo que no se parece morfológicamente al modelo inicial.

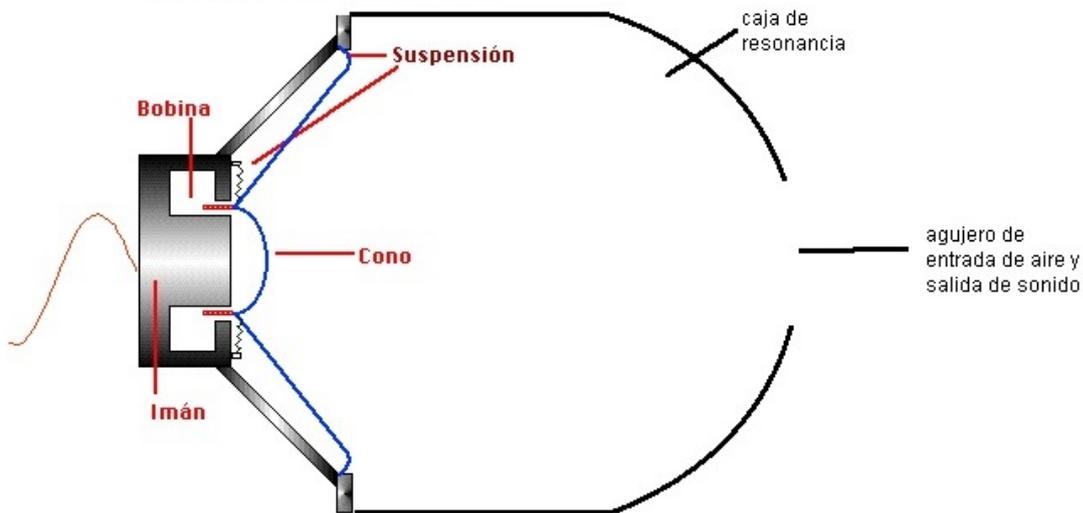
- Prototipo de altavoces basados en el diseño corporal de un pez globo (Tetraodontidae)

La capacidad de los peces globo para distender su cuerpo e inflarse puede ser re-interpretada y empleada como una caja de resonancia, para amplificar o modular un sonido. Este es el caso del prototipo de altavoces diseñado por Irene Melón Rodríguez (Figura 8).

Los altavoces poseen la estructura básica de un altavoz común, con la peculiaridad añadida de tener una estructura externa flexible que mantienen plegada cuando están inactivos, reduciendo su volumen a una forma compacta, pequeña y cómoda para poder transportarlos. Una vez se conectan con cualquier aparato electrónico que pueda suministrarles un mínimo de energía, al igual que hace un pez globo, estos altavoces aumentan un 150% su tamaño absorbiendo aire, con lo que crean una caja de resonancia potente capaz de amplificar y modular el sonido sin distorsionarlo, aumentando su calidad acústica.

Tienen la ventaja de ser de pequeño tamaño, ligeros y simples, fáciles de transportar y que en el momento de enchufarlos a un aparato eléctrico aumentan su volumen ejerciendo de caja de resonancia.

Si a esto añadimos una estructura flexible externa similar a las paredes del cuerpo de un pez globo, una vez se conecta el altavoz a la corriente, una pequeña parte de esta es destinada a desplegar esta estructura (que se infla absorbiendo el aire de fuera), que se convertirá en una caja de resonancia cuya función es la de amplificar el sonido y modularlo, sin distorsionarlo:



* Esta estructura, además de flexible, debe ser semirrígida para poder mantenerse abierta mientras el altavoz funciona. Después de esto, al desenchufar el altavoz de la corriente, esta estructura se plegaría de nuevo, volviendo el altavoz compacto y fácilmente portable.

Figura 8. Aplicación para audio (Diseño de Irene Melón Rodríguez).

- Prototipo para la extracción fácil de muestras de sangre de otros peces basado en lampreas (Petromyzontiformes)

Las lampreas son “peces” sin mandíbulas, con una boca circular provista de varias filas de dientes córneos. Las formas parásitas se alimentan de fluidos corporales de otros “peces” (utilizando su boca circular a modo de ventosa, raspando los tejidos y succionando la sangre) y las no parásitas no se alimentan.

Basándose en la forma en que tienen las especies parásitas para obtener el alimento, María de las Mercedes Veiga García ha diseñado el NOR72 (Figura 9), capaz de mejorar en tiempo y condiciones la toma de muestras de sangre en los cultivos de peces de piscifactorías, sin necesidad de sedación ni de aislamiento de los ejemplares y sin provocar estrés en los individuos.

NOR72 se desplaza por el agua de forma homóloga a la lamprea, ondulando su cuerpo y moviendo su aleta caudal gracias a una batería recargable cada 18 h. En su parte anterior presenta una ventosa con la que se fijará en los flancos del pez que va a ser analizado, el cual será localizado gracias al “detector de superficies” situado en la cara interna de la ventosa (para localizar la línea lateral de los “peces presa”). En el centro de esta superficie se encuentra una aguja que se inyecta de modo automático, como si fuera una lanceta. La sangre se recoge en un recipiente que contiene un anticoagulante (heparina). Recubriendo este recipiente hay una malla de plástico metalizado que semeja las escamas de un pez para reducir el rozamiento con el agua.

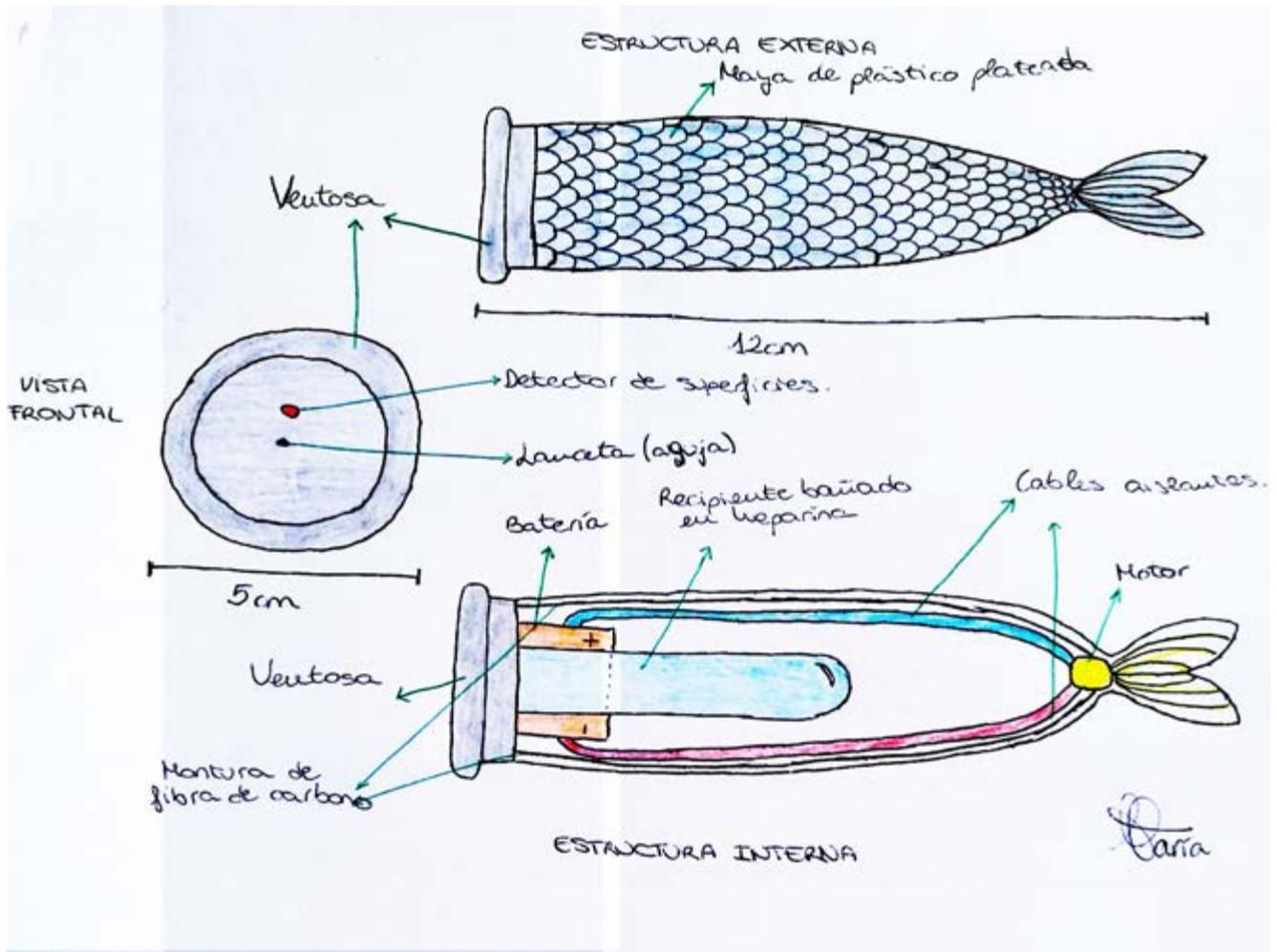


Figura 9. El NOR72 para extracción de muestras de sangre de peces de acuicultura (Dibujo original de María de las Mercedes Veiga García).

- Prototipo funda de móvil basada en el pez luna (*Mola mola*)

El pez luna (*Mola mola*) es un pez pelágico tetraodontiforme de la familia Molidae. Su nombre común hace referencia a su forma redondeada, con su cuerpo aplastado lateralmente y cuando extiende sus aletas dorsal y ventral, el pez es tan largo como alto. No tiene aleta caudal y en su lugar presenta el clavus (una pseudocola en forma de abanico), formado por extensiones de la aleta dorsal y los radios de la aleta anal.

Estas particularidades morfológicas es lo que ha llevado a Carolina Rodríguez Salas a diseñar una funda para móvil (Fig. 10). Las aletas dorsal y anal incorporan altavoces en su parte frontal, el clavus sujeta el móvil por la base. Además, las aletas se pueden utilizar como soporte del móvil tanto en vertical como en horizontal, cuya posición es regulable gracias a unas ranuras posteriores de las aletas. Los altavoces se conectan en la clavija de audio de los auriculares.

Al igual que el pez luna, la funda incorpora una pequeña "aleta" pectoral, que protege la cámara trasera del móvil y proporciona un punto de apoyo extra cuando se coloca el móvil en horizontal. Gracias a las bisagras, permite reducir el volumen de la funda al compactar las aletas y un cambio de posición de la aleta pectoral permite utilizar la cámara o bien apoyar el móvil sobre una superficie.

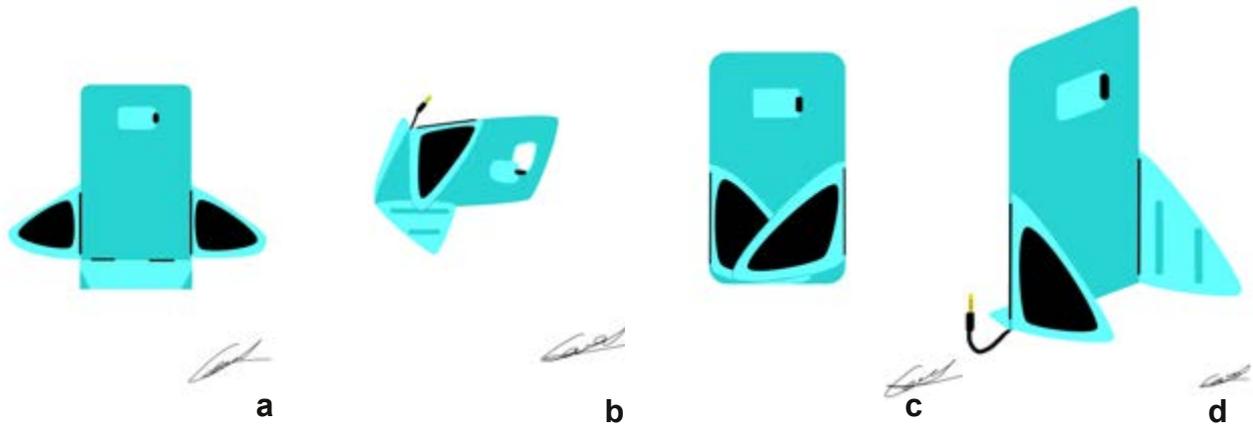


Figura 10. La funda de móvil *Mola mola*: a) funda desplegada en vista frontal; b) funda en vista horizontal; c) funda plegada en posición vertical; d) funda desplegada en posición vertical (Composición gráfica original de Carolina Rodríguez Salas).

CONCLUSIONES

La biomímesis (de bio, "vida", y mimesis, "imitar"), también conocida como biomimética o biomimetismo, es la ciencia que estudia a la naturaleza como fuente de inspiración de nuevas tecnologías innovadoras para resolver aquellos problemas humanos que la naturaleza ya ha resuelto. No sólo se trata de imitar y emular dispositivos sino también de conectar con la Tierra y el respeto por la biodiversidad. Al conjugar la observación de los animales con la creatividad y tecnología es posible que tras una histórica "revolución industrial" podamos generar una "revolución ecológica" en el que las soluciones a los problemas no resulten en un daño para el medio ambiente.

1) EXTENSIÓN E ESTRUCTURA

O artigo terá unha extensión de ata 10 páxinas incluíndo táboas e figuras. O manuscrito debe procurar ter os seguintes apartados: Resumo, Introducción e Antecedentes do tema, Obxectivos e plano de traballo, Metodoloxía, Resultados con discusión crítica e razoada dos mesmos, Conclusións e

Bibliografía.

Nos casos nos que proceda, tamén se pode incluír un estudo de viabilidade, presuposto ou calquera outra información que poida ser relevante para o proxecto realizado.

Non se admiten notas a pé de páxina.

2) LINGUAXE E ESTILO

O traballo pode ser redactado en galego, castelán ou inglés, seguindo as normas de formato que se detallan a continuación:

Marxes, separación entre liñas, sangrías e notas a pé de páxina. Manter as seguintes marxes: esquerdo e dereito 2,5 cm.; superior e inferior 2,5 cm.

Non se incluírá ningún tipo de sangría.

O interliñado debe ser 1,5 e non agregar espazado antes, nin despois do parágrafo.

Non se incluírán notas a pé de páxina.

Páxina inicial.

Título do artigo: Times new roman (TNR) 14 negriña e maiúsculas.

Apelidos do alumno e Nome abreviado: TNR 12 e minúsculas, exemplo López Rodríguez, J.

Dirección correo electrónico entre paréntese.

Curso e materia á que pertence o traballo e nome do titor (se este o autoriza)

Resumo do traballo 5- 6 liñas no que se explique de maneira xeral o tema, indicando si é un estudo bibliográfico ou os resultados foron obtidos a partir de un traballo de investigación.

Comeza nesa mesma páxina a redacción do mesmo.

Apartados e subapartados:

Títulos: TNR, 12, negriña, aliñado á esquerda.

Cuerpo del texto: TNR 12, interliñado 1,5 e xustificado.

Táboas. Figurarán intercaladas no propio texto e numeraranse de forma consecutiva de acordo coa súa aparición no texto. Anteposto a táboa indicárase Táboa nº e incluírase un texto breve describindo o contido da mesma, en corpo 10 TNR.

Figuras. Numeraranse de forma consecutiva de acordo coa súa aparición no texto. Cada figura acompañarase dun texto ao pé (pé de figura) describindo o contido da mesma e formando parte do propio texto principal (non incluíla en cadros), con corpo 10 TNR. As figuras teñen que anexarse en JPG como arquivos independentes do texto principal.

As táboas e lendas das figuras figurarán no texto aproximadamente no lugar onde se citan.

Referencias bibliográficas:

a) Citas no texto: Van entre paréntese, indicando o apelido do autor (ou autores si se trata de dous) e o ano de publicación. Si se inclúen dúas ou máis referencias, ordenaranse por cronoloxicamente. Sempre que se citen traballos de máis de dous autores, figurará o apelido do primeiro autor seguido de "et al." (cursiva) e se hai varios traballos do mesmo autor publicados no mesmo ano engadirase á data as letras a, b, c,...

b) Bibliografía. Incluírá o listado de todas as referencias citadas no texto (e só esas), atendendo ao seguinte formato:

Letra TNR tamaño 10, interliñado 1,5, xustificado, sen sangría, nin numeración, nin marcas que sinalen os traballos.

Ordenaranse alfabeticamente por apelido do autor/es e si se inclúen varias obras dun mesmo autor, cronoloxicamente entre si.

Exemplo:

De Landsheere, G. (1982). *La investigación experimental en educación*. París: UNESCO.

De Landsheere, G. (1986). *La recherche en éducation dans le monde*. París: P.U.F

Libros completos

Apelido do autor, inicial do nome. Data de publicación (ano). Título. Lugar de edición: editorial.

Exemplo:

Eldridge, K.L., Davidson, J., Harwood, C., van Wyk, G. (1993). *Eucalypt domestication and breeding*. Oxford, UK: Clarendon Press.

Capítulos de libros

Apelido do autor, inicial do nome. Data de publicación (ano). Título do capítulo. En: Apelidos e iniciais do/s editores (Ed. ou Eds.). Título do libro. Lugar de edición: editorial. Páxinas do capítulo.

Exemplo:

Balzer, I., Hoecker, B., Kapp, H., Batolomaeus, B. (2000). Occurrence and comparative physiology of melatonin in evolutionary diverse organisms. In: Vanden Driessche, T., Guisset, J-L., Petieau-de Vries, G.M. (Eds). *The redox state and circadian rhythms*. Dordrecht: Kluwer: 95–119.

Artigos de revistas

Apelido do autor, inicial do nome. Data de publicación (ano). Título. Nome abreviado da revista. Volume: páxinas inicial e final separada por un guión.

Exemplo:

Fujiwara ,T., Maisonneuve, S., Isshiki, M., Mizutani, M., Chen, L., Wong, HL., Kawasaki, T., Shimamoto, K. (2010). Sekiguchi lesion gene encodes a cytochrome P450 monooxygenase that catalyzes conversion of tryptamine to serotonin in rice. *J. Biol Chem.* 285: 11308-11313

Outros documentos

1. Páxinas Web (webgrafía). Autor/es ou institución que realizou o documento. Ano do documento entre paréntese. Título do documento. Data de recuperación e páxina Web de orixe.

Exemplo:

Institute of Higher Education, Shangai Jiao Tong University (2008). Academic Ranking of World Universities. Recuperado o 10 de xaneiro de 2010 de <http://www.arwu.org/>

2. Normativas/Informes, etc. Aportaranse os datos imprescindibles do organismo correspondente e da súa localización.

Ano 2017

Anuario de la Faculta de Biología

1

Traballos Académicos

- ▶ **Evaluation of antioxidant capacity in several commercial varieties of date palm fruits.** Latrach, Sihem; Verde Rodriguez, A. 47
- ▶ **Regulación de la Ingesta y de la Saciedad.** Echave Álvarez, A.; Panebianco Barreiro, J.; Rafael Vidas, C. 56
- ▶ **Abundancia de flora vascular exótica invasora no monte Aloia.** López Quiroga, E. 64
- ▶ **Linfocitos TH17. Importancia y función en patologías.** Alonso Rial, J.C. 69
- ▶ **Los líquenes y la degradación/conservación del patrimonio arquitectónico.** Gamboa Osorio J.P.; Lago González, A.; Nieto Iglesias, J., Núñez Estévez B.; Núñez González, C. 76
- ▶ **Papel dos neurotransmisores Dopamina e Serotonina na activación/desactivación da resposta ao estrés crónico en peixes teleosteos.** Naderi, F.; Chivite Alcalde, M. 89
- ▶ **Revisión de la primera carpeta del herbario de José Árias Teijeiro, depositado en el convento de San Antonio de Herbón (Padrón, A Coruña).** Carpena Rodríguez, M.; Rivas Ferreiro, M. 99
- ▶ **Variación espacial e temporal das comunidades de macroinvertebrados no río Fragoso (Ourense) en relación co impacto das minicentraís.** Martínez Barciela, Y. 108
- ▶ **Plantas invasoras do Campos Universitario de Vigo.** Reboreda Gómez, G. 119
- ▶ **El terrario de la Facultad de Biología.** Pérez Lago, J. 126
- ▶ **Diseña tu prototipo "Psicicola".** Iglesias Briones, M. J. y alumnos. 131