



Societat Catalana
de **BIOLOGIA**

treballs

de la Societat Catalana de Biologia



Volum 75

2025 · revista anual ISSN 0212-3037 (edició impresa) ISSN 2013-9802 (edició digital)



Institut
d'Estudis
Catalans

TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA, revista anual de la SCB

SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA, filial de l'Institut d'Estudis Catalans

Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

scb@iec.cat



Una femella d'aranya lobulada (*Argiope lobata*) espera immòbil que alguna presa caigui a la seva teranyina. A la part inferior s'hi observa l'*stabilimentum*, un patró de seda en forma de ziga-zaga la funció del qual encara es desconeix.

Fotografia de Marc Domènech.

La propietat intel·lectual dels articles és dels autors respectius.

La SCB està exempta de tota responsabilitat derivada de l'eventual vulneració de drets de propietat intel·lectual per part dels autors.

Els continguts publicats a TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA estan subjectes —llevat que s'indiqui el contrari en el text o en el material gràfic— a una llicència Reconeixement - No comercial - Sense obres derivades 3.0 Espanya de Creative Commons, el text complet de la qual es pot consultar a <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca>. Així doncs, s'autoritza el públic en general a reproduir, distribuir i comunicar l'obra sempre que se'n reconegui l'autoria i l'entitat que la publica i no se'n faci un ús comercial ni cap obra derivada.



TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA no es fa responsable de les idees i opinions exposades pels autors dels articles publicats.

© Societat Catalana de Biologia, filial de l'Institut d'Estudis Catalans, per a aquesta edició

Dipòsit Legal B 12164-1963 ISSN 0212-3037 (ed. impresa) 2013-9802 (ed. digital) Imprès per Ediciones Gráficas Rey, SL

La revista proporciona accés lliure immediat als seus continguts, d'acord amb el compromís amb els valors de la ciència oberta, a través de l'URL: <https://revistes.iec.cat/index.php.TSCB>.

COMITÈ DE PUBLICACIONS

JORDI BARQUINERO, VHIR

RAFAEL ABÓS-HERRÀNDIZ, vocal, ICS

JOSEP M. ESPELTA, vocal, UAB

EQUIP EDITORIAL

JORDI BARQUINERO, redacció editorial

UNITAT D'EDICIÓ DEL SERVEI EDITORIAL, IEC, correcció

La Societat Catalana de Biologia (SCB) és una de les filials més antigues de l'Institut d'Estudis Catalans. Està regida per un Consell Directiu i organitzada en seccions especialitzades, que són les que organitzen les activitats principals que duu a terme la Societat.

CONSELL DIRECTIU DE LA SCB

PRESIDÈNCIA: Marc Martí-Renom

VICEPRESIDÈNCIA PRIMERA: Montserrat Corominas

VICEPRESIDÈNCIA SEGONA: Maria Montserrat Sala

SECRETARIA GENERAL: Albert Jordan

VICESECRETARIA: Oriol Cabré

TRESORERIA: Marina Rigau

VOCALIA D'ACCIÓ TERRITORIAL: Eduard ESCRICH

VOCALIA DE COMUNICACIÓ: Toni Hermoso

VOCALIA D'ENSENYAMENT: Jordi Morral

VOCALIA DE PROMOCIÓ: Sandra Acosta

VOCALIES DE PUBLICACIONS I LEXICOGRÀFIA: Jordi Barquinero

VOCALIA DE SECCIONS: Josep Saura

VOCALIA D'ESTUDIANTS: Eva Coll

DELEGAT DE L'IEC: Jaume Bertranpetit

BIOLOGIA EVOLUTIVA: Aurora Ruiz-Herrera

BIOLOGIA I SOCIETAT: Laura Castarlenas

BIOLOGIA MOLECULAR I CEL·LULAR: Joan Roig

CROMATINA I EPIGENÈTICA: Albert Jordan

ECOLOGIA: Josep Maria Espelta

ENSENYAMENT: Jordi Morral

ESTUDIANTS: Eva Coll

MICROBIOLOGIA: Eduard Torrents

NEUROBIOLOGIA EXPERIMENTAL: Carles Saura

NEUROCIÈNCIA COMPUTACIONAL I DE SISTEMES: Albert Compte
i Gemma Huguet

PROTEÒMICA I ESTRUCTURA DE PROTEÏNES: Patrick Aloy
i Eduard Sabidó

SENYALITZACIÓ CEL·LULAR I METABOLISME: Laura Herrero

VIROLOGIA: Sílvia Bofill i Susana Guix

VOCALIA DE SECCIONS TERRITORIALS: Eduard ESCRICH

SCB A ALACANT: Ivan Quesada i Sergi Soriano

SCB A ANDORRA: Eros Alexandre Marín Millán

SCB A BALEARS: Núria Marbà i Anna Traveset

SCB A CASTELLÓ: Vicent Arbona i Ferran Martínez-Garcia

SCB A CATALUNYA DEL SUD: Jaume Folch i Miguel Mulero

SCB A CATALUNYA NORD: Héctor Escrivà i Thierry Noguer

SCB A GIRONA: Elisabeth Pinart i Enrique Verdú

SCB A LLEIDA: Maria Laplana i Judit Ribas

SCB A VALÈNCIA: Ferran Palero

SCB A VIC: Julita Oliveras

SECCIONS

VOCALIA DE SECCIONS TEMÀTIQUES: Josep Saura

AQUICULTURA: Nerea Roher

BIOFÍSICA: Àlex Perálvarez

BIOINFORMÀTICA I GENÒMICA: Roderic Guigó

BIOLOGIA DE LA REPRODUCCIÓ: Rafael Oliva

BIOLOGIA DE PLANTES: Anna Caño

BIOLOGIA DEL CÀNCER: Oriol Casanovas

BIOLOGIA DEL DESENVOLUPAMENT: Marta Morey

2 Editorial. Joandomènec Ros

4 El racó de la SCB. Joandomènec Ros

ARTICLES

5 La biodiversitat: origen, funció i amenaces
Joandomènec Ros

12 La biodiversitat de les algues als Països Catalans
Enric Ballesteros

20 Els briòfits
Elena Ruiz i Montserrat Brugués

22 La biodiversitat dels fongs i els seus problemes,
avui, als Països Catalans i al món
Jaume Llistosella Vidal

26 La diversitat líquènica a Catalunya
Antonio Gómez Bolea

31 La biodiversitat de les plantes vasculars als Països
Catalans
Teresa Garnatje, Jordina Belmonte, Emmanuele Farris, Xavier
Font, Pere Fraga, Airy Gras, Emili Laguna, Alfredo Maccioni,
Llorenç Sáez i Joan Vallès

36 Els herbassars d'angiospermes marines
Javier Romero

40 Els cnidaris marins de Catalunya
Josep-Maria Gili

44 Els aràcnids
Marc Domènech

48 La biodiversitat dels insectes
Josep Maria Olmo Vidal

53 La biodiversitat dels lepidòpters
Jordi Dantart i Constantí Stefanescu

56 La biodiversitat dels ecosistemes terrestres:
el cas de les papallones diürnes
Constantí Stefanescu i Andreu Ubach

Editorial

L'estiu del 2023 vaig rebre l'encàrrec de la Societat Catalana de Biologia (SCB) de coordinar un número monogràfic de TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA sobre «la biodiversitat dels Països Catalans i els problemes que ha d'afrontar». Em va fer la proposta Jordi Barquiner, editor de la revista, i no m'hi vaig pensar gaire a l'hora d'acceptar-la, malgrat que en el passat, com a coordinador d'altres treballs col·lectius, havia tingut alguns problemes menors, però enutjosos; per exemple, que els autors no complien els terminis o que no seguien les instruccions mínimes que se'ls havia donat, que la institució responsable del finançament del treball a darrera hora es desidia de l'encàrrec quan els autors ja havien acceptat de col·laborar-hi o que la impremta havia perdut part dels originals.

A més, el tema era molt adient, tant per la importància intrínseca que té (Edward O. Wilson ho ha defensat al llarg de la seva vida i així es remarca clarament en la breu citació inicial del meu article, en aquest volum) com pels problemes que l'erosió de la biodiversitat (l'anomenada *sisena extinció en massa*) ocasiona avui dia. I jo, deslliurat darrerament d'obligacions institucionals, sentia que tenia un deute de col·laboració acadèmica amb la SCB (Ros, 2025). Per tant, vaig acceptar la proposta.

Dificultats diverses només imputables a la meua persona varen fer que no posés en marxa el procés d'encarregar a diferents especialistes la tasca que els correspondria fins al febrer-març del 2024, i la resposta d'aquests fou, en general, unànime i positiva. Acceptaren l'encàrrec personalment, però també em facilitaren el nom d'altres possibles especialistes quan ells no pogueren participar-hi, i aquests foren els responsables d'elaborar els encàrrecs. Tots els autors són experts en el camp corresponent, en què fa dècades que treballen, o bé són el relleu jove dels experts veterans que, com pertoca en els diversos àmbits de la vida, han deixat pas als deixebles i a nous especialistes.

La cosa no és senzilla; si fa uns anys es podia afirmar que, finalment, els naturalistes experts en els diferents àmbits de la biota havien assolit a Catalunya i a Espanya el nivell, el nombre i l'expertesa que fins a mitjans del segle xx només trobàvem en altres països (Ros, 2006, 2016 i 2023), darrerament hi ha una tendència a la reducció d'aquesta *rara avis* que és l'expert en taxonomia de plantes i d'animals (permeteu-me aquesta simplificació). Les causes són múltiples i els mateixos autors d'aquest volum se'n queixen amargament; per exemple, això és el que Llistosella diu en el seu treball (p. 25):

La biodiversitat dels fongs, com la dels altres organismes, cal buscar-la al camp i no pas als laboratoris. Aquests estudis demanen temps per a les prospeccions i un finançament adequat que, avui, no s'ofereix als joves investigadors. La continuïtat dels equips de taxonomistes a les universitats i als centres de recerca s'ha estrocat per la falta d'incorporació de nous investigadors, que veuen compromesa la seva possible recerca (per falta de finançament) i complicada la seva promoció professional en els concursos i en les oposicions. Així, els grups de taxonomistes que es van formar a partir de la dècada del 1970 a les universitats catalanes actualment no tenen possibilitats de renovar els investigadors adscrits i la seva activitat científica s'acaba en la mesura que finalitza la vida activa professional dels que en el seu dia varen promoure aquests grups de recerca.

Creiem que les administracions són plenament conscients de la necessitat dels estudis referents a la biodiversitat (en tots els àmbits) en un país modern com és el nostre, i han buscat compensar la manca de prioritització d'aquests estudis en les polítiques de recerca amb la promoció del que es coneix com a *ciència ciutadana*, definida per la mateixa Generalitat de Catalunya com «la recerca científica conduïda, parcialment o completament, per científics amateurs o no professionals».

[...] cal remarcar que la identificació correcta dels fongs demana una extensa bibliografia especialitzada, estudis microscòpics acurats i, cada vegada més, estudis moleculars; requisits que, massa sovint, no estan a l'abast dels que fan ciència ciutadana. D'altra banda, considerem imprescindible la supervisió científica d'aquests estudis per part de taxonomistes experts, que, en última instància, són la garantia del rigor científic dels resultats. El gran perill de la ciència ciutadana és que s'arribi a creure (sobretot per part de l'Administració) que per conèixer la diversitat dels fongs n'hi ha prou amb les identifications a partir de guies de camp o de fotografies i que, d'aquesta manera, s'omplin bases de dades amb informació no contrastada científicament.

Finalment, una reflexió: com es poden plantejar polítiques de conservació i de protecció dels fongs sense saber realment els que viuen al nostre país? Cal recordar que actualment hi ha 2.184 espècies de fongs (el 36,2%) que han estat trobades una sola vegada, i l'avenç en el seu coneixement no vindrà a través de la ciència ciutadana.

No tots els autors, però, es mostren crítics amb la ciència ciutadana, que en uns grups o àmbits determinats esdevé una ajuda notable per als especialistes (vegeu Garnatje *et al.*, i Gili, entre d'altres, en aquest volum), i jo mateix (Ros, en aquest volum) esmento el paper dels parataxonomistes com a col·laboradors molt eficaços a l'hora de fer un primer triatge quan el volum de mostres és molt gran.

En l'àrea del macrofitobentos, els treballs florístics —llevat dels referents a la taxonomia d'alguns grups de rodòfits— han deixat pas a estudis de caire més ecològic en què, cada cop més, la biodiversitat té un paper menys important. En la nostra opinió, la pèrdua de competitivitat investigadora dels científics dedicats a la taxonomia i el desprestigi actual d'aquesta especialitat enfront d'altres recerques amb resultats més immediats i focalitzades a entendre els processos mateixos més que els actors d'aquests processos, en podrien ser la causa. (Ballesteros, en aquest volum, p. 15 i 16)

Els lectors poden substituir «fongs» o «macrofitobentos» per qualsevol dels altres grups faunístics i florístics i l'encertaran de ple.

Als autors, se'ls van donar unes instruccions mínimes:

He pensat en una estructura del volum com la que s'adjunta en l'índex provisional; els títols dels diferents articles no han de ser necessàriament aquests, sinó els que proposin els autors. Els autors de cada article poden ser individuals o múltiples, segons la complexitat del tema. L'autor o l'autora a qui s'encarregui la feina pot decidir afegir-hi altres col·laboradors, o podrà fer-ho el coordinador. Cada article haurà de tenir entre deu mil i quinze mil espais o, excepcionalment (per la importància del que es tracta o per altres motius), fins a trenta mil espais, de manera que el total tingui una extensió raonable, com correspon a TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA. Cal entendre que, malgrat la importància que tingui el tema de cada article, no podem fer-ne un tractament exhaustiu, sinó més aviat sintètic, amb les remissions que hom consideri necessàries als treballs més extensos publicats sobre el tema, que seran agrupats a l'apartat de la bibliografia [...]. Les normes de publicació de TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA es poden trobar a <https://publicacions.iec.cat/documentInfo/repository/pdf/00000485/00000012.pdf>.

Com no podia ser d'una altra manera, s'han respectat l'estructura de cada article i la dedicació que els autors posen en els diferents aspectes. Hauria estat incongruent forçar una determinada estructura uniforme en un volum sobre biodiversitat. La meua tasca com a coordinador ha estat simplement revisar els textos, reclamar als autors allò que hi mancava (bàsicament, el resum en català i en anglès), organitzar les taules (les incloses en el volum o les que, per la seva extensió, han estat incor-

porades com a material suplementari a l'edició digital d'aquest volum),¹ i, en part, suggerir les figures. També, és clar, ordenar els articles d'una manera més o menys raonable (com correspon a algú que va ser ensinistat en la botànica i en la zoologia de la vella escola).

En aquest volum hi ha buits evidents: no s'hi tracten ni tots els grups ni tots els àmbits (ecosistemes), ja sigui per la manca d'especialistes o per la impossibilitat dels autors amb qui es va contactar, en el seu moment, de complir l'encàrrec que se'ls demanava, per causes diverses (totes ben raonables), ni tampoc no s'hi consideren tots els Països Catalans en tots els textos, per raons també variades; així mateix, en alguns casos hi ha aproximacions raonablement completes i en uns altres aquestes són més parcials. No obstant això, soc dels que solen veure el got mig ple i no mig buit i, per a mi, el resultat final és òptim (ara pertoca als lectors dir-hi la seva).

Les raons per les quals em sembla que aquestes mancances no tenen rellevància són sobretot dues. La primera és que, si tots els autors amb qui s'ha contactat haguessin contestat afirmativament i haguessin escrit en relació amb allò que se'ls demanava, l'original resultant hauria estat molt més extens que aquest, que ja ho és força (de fet, ha calgut repartir els diversos articles en dos volums, el present 75 (publicat aquest 2025) i el futur 76 (que es publicarà el 2026). La segona és que, si la SCB ho considerés oportú, es podria pensar en un tercer volum de TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA, que s'elaboraria anys a venir, en què hom posés al dia el que calgués dels grups i dels ambients que apareixen en aquests dos volums, i que incorporés els grups (com els molluscs, els peixos marins o les espècies domèstiques) o els ambients (com les aigües continentals, els fons marins pregons o les coves) que, per causes diverses, no s'han tractat aquí.

Tornem, però, a aquest volum. No vull deixar d'agrair als autors (una cinquantena entre els dos volums) la seva tasca a l'hora de preparar uns textos posats al dia que revelen els seus coneixements sobre la biodiversitat dels diferents grups i ambients, així com el fet d'ajustar-se (poc o molt) a l'espai que se'ls adjudicava (i, generalment, amb no gaire temps, en una època en què les tasques universitàries o de treball de camp solen ser les que demanen més dedicació) i el fet d'accedir als canvis que els he suggerit. El resultat, així ho crec, és ben positiu i posa a disposició dels estudiosos de la biodiversitat del Països Catalans una monografia valuosa.

D'una manera especial, vull agrair la tasca de l'Enric (Kike) Ballesteros, que, malgrat la malaltia que patia i que li hauria de llevar la vida (el novembre del 2024), va fer una aportació molt notable a aquest volum (les algues dels Països Catalans), si bé també hauria pogut tractar igual de bé altres grups i ecosistemes. Bon amic, extraordinari científic, divulgador excel·lent i esforçat protector de la biodiversitat marina, en Kike deixa un buit enorme entre els seus col·legues i amics, així com en l'àmbit de l'ecologia marina mediterrània i mundial i de la biodiversitat dels oceans del món. La seva aportació al volum ha estat segurament una de les darreres que aquest prolífic autor va fer a la ciència.

He de reconèixer que la coordinació d'aquest volum ha estat fàcil, la qual cosa desmenteix les complicacions que sol donar la confecció de volums col·lectius que he esmentat al principi; i molt profitosa, ja que m'ha permès descobrir grups que em són poc o molt aliens i conèixer la tasca de recerca d'una nova generació de naturalistes, especialistes en els diferents grups, que han rebut el relleu dels experts, la dedicació dels quals, per raons òbvies d'envelliment o d'altres, va de baixa.

Cal que regreï, també, la Junta Directiva de la SCB, que va decidir publicar aquest volum i encarregar-me'n la coordinació. Ha estat un

plaer, personal i científic, pel que representa de descoberta per part meua. Encoratjo la Junta a seguir preparant volums monogràfics de TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA, com els dedicats a la genòmica (2022), a la dona en ciència (2023) i a les pandèmies (2024), entre d'altres. I també, si ho consideren oportú, com he esmentat més amunt, a promoure un tercer volum sobre biodiversitat que completi el volum 75 actual i el proper.

Bibliografia

- Ros, J. D. (2006). *Exploració, joc i reflexió: Assaigs sobre ciència*. Lleida: Pagès. 380 p.
- (2016). *La saviesa combinada: Reflexions sobre ecologia i altres ciències*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. 309 p.
- (2023). *Una aventura no totalment imprevisible: La meua visió de la ciència i la cultura*. Barcelona: Publicacions de l'Abadia de Montserrat. 337 p.
- (2025). *Cogitacions: Guaitant el món des de la meua talaia*. Barcelona: Base.

JOANDOMÈNEC ROS

Calonge de les Gavarres, febrer de 2025

Joandomènec Ros (1946) és doctor en biologia per la Universitat de Barcelona (UB), on és catedràtic d'ecologia des del 1986 (ara, catedràtic emèrit). Ha dirigit el Departament d'Ecologia de la UB i el de la Universitat de Múrcia. Ha fet recerca sobre la biologia i l'ecologia d'organismes i comunitats bentònics marins, en especial, dels molluscs opistobranquis, amb més d'un centenar d'articles i una dotzena de llibres publicats. Dirigí el grup de recerca consolidat Ecologia del Zoobentos Marí i formà part del Marine Biodiversity Conservation Group, també consolidat. Va coordinar la Càtedra UNESCO de Medi Ambient i Desenvolupament Durable (UB) i va dirigir el Programa de Ciències del Mar de la Universitat de la Mediterrània. Participa en el Consell de Protecció de la Natura de la Generalitat de Catalunya, que presidí. Ha estat director de diversos programes d'ecologia aplicada per a l'Administració, el Govern i el Parlament de Catalunya; entre d'altres: «Seguiment temporal de la reserva marina de les Illes Medes» (1990-2008), «Estudi sobre la capacitat ecològica de la Regió Metropolitana de Barcelona» (1991), «Estratègia catalana per a la conservació i l'ús sostenible de la diversitat biològica» (1998) i «Microplàstics en el medi ambient (en especial en el Mediterrani). Origen, distribució, efectes i recomanacions» (2021). Ha estat rector de la Universitat Catalana d'Estiu i presideix la Fundació d'aquesta universitat. Ha estat secretari general, vicepresident i president (2005-2021) de l'Institut d'Estudis Catalans.

Divulga la ciència de l'ecologia en articles i llibres, alguns dels quals han estat premiats —el darrer és *Cogitacions. Guaitant el món des de la meua talaia* (2025)—, i és traductor de llibres de ciència. Ha estat guardonat amb la Medalla Narcís Monturiol al mèrit científic i tecnològic (2006) i amb la Creu de Sant Jordi de la Generalitat de Catalunya (2016). És soci d'honor de diferents societats científiques.

1. Vegeu els annexos d'aquest volum a <https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>.

El racó de la SCB

Primavera silenciosa, per fi en català

La publicació d'aquest volum 75 dels TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA dedicat a la biodiversitat i els problemes que ha d'afrontar coincidirà amb la de la primera versió en català de *Primavera silenciosa*, el clàssic de Rachel Carson. *Silent Spring*, publicat el 1962, denunciava l'ús indiscriminat d'insecticides i d'herbicides i els seus perniciosos efectes sobre la biodiversitat i la salut humana. El llibre, que s'havia traduït a totes les llengües cultes del planeta (jo en vaig fer una versió al castellà el 2010 i he enllestit aquesta al català), es pot considerar el primer al·legat (i el més potent, que no ha perdut la força original a més de mig segle de distància) en contra de l'eliminació generalitzada d'organismes que exerceixen un paper fonamental en l'economia de la natura. Carson va escriure aquest al·legat des del coneixement científic i des de la sensibilitat de naturalista i de dona, enfrontant-se, a més, a la poderosa indústria química americana de la postguerra i a la política ambiental erràtica i absurda del Departament d'Agricultura dels Estats Units.

Rachel Carson tenia fama de divulgadora de les bel·leses naturals del mar amb tres llibres, l'èxit dels quals, sense precedents, li va permetre abandonar el treball en l'Administració i dedicar-se de ple a escriure. En aquests llibres oferia una descripció precisa i fidedigna del mar i dels seus habitants, amb una prosa elegant, digna dels millors narradors naturalistes. Per això, la societat americana rebé una forta sotragada amb la publicació de *Silent Spring*. La gran narradora seguia present, però la bel·lesa de la natura dels boscos, dels camps, dels rius i de les costes es descrivia malmesa, emmetzinada, aniquilada per les substàncies químiques que s'utilitzaven per combatre les plagues forestals i agrícoles, per desbrossar les vores de les carreteres o per eliminar els mosquits dels aiguamolls i dels llacs. Carson va proposar el terme *biocides*, ja que els plaguicides afecten no solament les espècies que són plaga, sinó també, d'una manera directa o indirecta, tots els éssers vius d'una regió.

Silent Spring va convertir Rachel Carson en una dona perseguida per les grans empreses del sector químic, que van intentar desacreditar-la davant l'opinió pública. No va ser menys agressiu el Departament d'Agricultura, del qual Carson censurava les polítiques forestals i agrícoles que permetien els desastres que el seu llibre detallava. D'altra banda, la premsa va ser-li hostil i molt despietada en els seus atacs contra l'autora de qui poc abans celebrava els èxits literaris.

La resposta de Carson a aquests atacs va ser ferma i ponderada. No pregonava que s'abolissin els plaguicides químics, sinó que se'n racionalitzés l'ús i se'n moderessin les dosis absurdes que s'empraven, que s'utilitzessin plaguicides específics per als organismes plaga concrets als quals anaven destinats (i no plaguicides d'ampli espectre que eliminaven animals perjudicials i beneficiosos alhora), que es diferenciés entre males herbes i plantes silvestres no perjudicials, que es fessin més esforços en la lluita biològica i que no s'empré cap programa de fumigació sense estudis de camp previs i sense un coneixement complet de l'ecologia dels organismes que es podrien veure afectats.

El debat mediàtic sobre els plaguicides es perllongà durant tot un any i es va anar apaïgant quan es va reconèixer que la naturalista tenia

raó en les seves denúncies. Les crítiques ferotges i les burles van donar pas a avaluacions més ponderades i, després, a lloances obertes i a la concessió d'honors i de premis.

Encara que s'havia reconegut que explicava la realitat, Rachel Carson no va tenir pràcticament ocasió de veure la seva figura vindicada, ja que va morir el 1964, víctima d'un càncer de mama que patia des de feia anys.

Carson planteja quins trastorns ambientals ocorren encadenats a la mortaldat de diversos organismes deguda a l'enverinament pels plaguicides. No es tracta només de censar el nombre d'hectàrees ruixades o d'aus mortes com a conseqüència de les polvoritzacions, sinó també d'explicar quines conseqüències ecològiques —i quins efectes en cascada— tindran aquestes morts. Hi havia dos conceptes que eren nous quan es va publicar *Silent Spring* i que el llibre va ajudar a divulgar. Són els termes *bioacumulació* i *biomagnificació*. Per mitjà de la captació de nutrients del sòl en el cas de les plantes, de la ingestió de l'aliment o del pas directe a través del tegument del cos en el cas dels animals, els tòxics s'acumulen en els organismes (bioacumulació) i assoleixen concentracions superiors a les del medi. I al llarg de les xarxes alimentàries es produeix un procés d'augment de la concentració d'aquests verins (biomagnificació), que fa que els superdepredadors (rapinyaires, carnívors, etc.) els acumulin a concentracions diversos ordres de magnitud superiors a les originals, que llavors tenen un efecte nociu que no sempre es dona (o és aparent) a concentracions menors.

La biòloga que era Rachel Carson descrivia amb un bon coneixement les espècies afectades dels diversos ecosistemes. La capacitat dels organismes de resistir les metzines ideades per l'ésser humà li proporcionava un magnífic exemple d'evolució en acció. Així mateix, Carson plantejà la novetat, per l'època, que cal considerar tots els costos dels processos productius que afecten d'alguna manera l'entorn i que no es tenien en compte llavors en la comptabilitat del procés —les anomenades *externalitats*.

Carson no era una activista típica, però *Silent Spring* va exercir aquest paper per ella, ja que va ser el catalitzador per a l'organització de les primeres associacions ecologistes americanes i mundials.

Els coneixements biològics i ecològics de Rachel Carson fan de *Silent Spring* un dels principals llibres de divulgació de l'ecologia. Més de seixanta anys després de la seva publicació, *Primavera silenciosa* manté l'esperit de denúncia que tingué en aquell moment i continua sent un clàssic de la literatura naturalista i de divulgació científica. Els efectes de l'enverinament per plaguicides que Carson denuncià continuen sent vàlids, però els avenços en medicina ambiental i del càncer han fet que el tractament que Carson en feia hagi quedat desfasat. Tot i així, el llibre és una obra mestra de la literatura de divulgació científica i de la literatura *tout court*, que cal llegir.

JOANDOMÈNEC ROS

Catedràtic emèrit d'ecologia, Universitat de Barcelona i Insitut d'Estudis Catalans

La biodiversitat: origen, funció i amenaces¹

Joandomènec Ros

Catedràtic emèrit d'ecologia, Universitat de Barcelona (UB), Barcelona
Institut d'Estudis Catalans (IEC), Barcelona

Correspondència: Joandomènec Ros. Institut d'Estudis Catalans. Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona.
Adreça electrònica: jros@iec.cat.

DOI: 10.2436/20.1501.02.236

ISSN (ed. impresa): 0212-3037

ISSN (ed. digital): 2013-9802

<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>

Rebut: 20 de juny de 2024

Acceptat: 25 de juny de 2024

Every country can be said to have three forms of wealth: material, cultural and biological. The first two we understand very well, because they are the substance of our everyday lives. Biological wealth is taken much less seriously. This is a serious strategic error, one that will be increasingly regretted as time passes.²

Edward O. WILSON (1989)

The human threat to biodiversity – the amazing variety of species that make up life on earth – is not only ethically troubling, but it also puts at risk the enormous store of capital assets that provide the “ecosystem services” necessary to sustain human life. Despite growing awareness of this threat, traditional conservation efforts are not sufficient to meet it. They must be supplemented by a broader, more comprehensive approach that deals with the underlying causes – making conservation economically attractive, fully involving the private sector, and tackling the twin problems of population growth and excessive consumption.³

Bruce BABBITT i José SARUKHAN (2005)

Vivim immersos en la sisena extinció. La història de la vida a la Terra comprèn gairebé 4.000 milions d'anys, però només des de fa uns sis-cents milions hi ha vida multicel·lular, complexa i diversa [...] És en aquest període en què hi ha hagut cinc extincions massives, que han arribat a esvair fins a un 95 % de les espècies que en aquell moment habitaven el planeta. [...] Les causes? Des d'incrementos brutals de l'activitat volcànica fins al famós meteorit que acabà amb els dinosaures (i amb tantes altres espècies).

El cas és que estem vivint ara la sisena d'aquestes extincions i sí, ho has endevinat: nosaltres en som els causants. Com? Amb la cacera directa, l'eliminació i fragmentació d'hàbitats, la introducció d'espècies invasores o la contaminació dels ecosistemes. I, des de fa ja unes dècades, amb l'escalfament global.

Andreu ESCRIVÀ (2023)

Resum

Ara sabem que l'enorme capital biològic de la Terra és igual de valuós o fins i tot més que les riqueses material i cultural. Tanmateix, és tristament irònic que el coneixement que comencem a tenir sobre la biodiversitat del planeta i el paper rellevant que desenvolupa en el funcionament del món i dels nostres propis afers hagi arribat en un moment històric en què la nostra espècie ataca aquesta biodiversitat. Com a article inicial del volum, aquest treball explora què és la diversitat biològica (o biodiversitat) i per què és important, quins problemes afronta, quines són les causes principals d'aquests problemes i què hi pot fer un ciutadà mitjà. Cal gestionar i explotar de manera sostenible les poblacions d'animals i de plantes, augmentar les àrees protegides i reduir els nivells de contaminació. Hi ha en joc no solament la supervivència dels diversos organismes del planeta, sinó també els serveis ambientals que aquests duen a terme i que són totalment necessaris per a nosaltres i per a la nostra pròpia supervivència com una espècie més de la biosfera.

Paraules clau: biodiversitat, ecodiversitat, sostenibilitat.

Biodiversity: Origin, function and threats

Abstract

We now know that the enormous biological capital of the Earth is equally to or even more valuable than material and cultural wealth. Yet it is sadly ironic that the knowledge we are beginning to gain about the planet's biodiversity and the important role which it plays in the functioning of the world and our own affairs has come at a time in history when our species is attacking this biodiversity. As the opening article of the volume, this paper explores what biological diversity or biodiversity is and why it is important, what problems it faces, the main causes of these problems and what an average citizen can do about them. We need a management and sustainable exploitation of animal and plant populations, an increase of protected areas and a reduction of pollution levels. What is at stake is not only the survival of the variety of organisms on the planet, but also the environmental services they carry out, which are absolutely necessary for us and for our own survival as just another species in the biosphere.

Keywords: biodiversity, ecodiversity, sustainability.

1. Aquest text és una posada al dia d'altres de l'autor: Ros (2004, 2011a, 2011b i 2021).

2. Pot dir-se que cada país té tres formes de riquesa: material, cultural i biològica. Les dues primeres les entenem força bé, perquè són la substància de la nostra vida quotidiana. La riquesa biològica ens la prenem molt menys seriosament, la qual cosa és un error estratègic greu, un error que lamentarem cada cop més a mesura que passi el temps.

3. L'amenaça humana a la biodiversitat —la sorprenent diversitat d'espècies que constitueixen la vida a la Terra— no només és preocupant des del punt de vista ètic, sinó que a més posa en risc l'enorme magatzem de béns capitals que proporcionen els «serveis ecosistèmics» necessaris per a sostenir la vida humana. Malgrat el coneixement creixent d'aquesta amenaça, els esforços tradicionals de la conservació no són suficients per a contrarestar-la. S'han de complementar amb un esforç més ampli, més general, que tracti les causes subjacents —i que faci la conservació atractiva des del punt de vista econòmic, que hi impliqui totalment el sector privat i que abordi els problemes paral·lels del creixement demogràfic i el consum excessiu.

Els antecedents

El 2010 va ser declarat Any Internacional de la Biodiversitat, per la qual cosa arreu del món es van celebrar actes de tota mena i es van fer activitats per donar a conèixer a la societat què és la biodiversitat i quins problemes ha d'afrontar: què és la diversitat biològica o biodiversitat?, per què és important?, quins problemes té?, quines són les causes d'aquests problemes i què hi podem fer els ciutadans comuns?

El 1992, en la Conferència de les Nacions Unides sobre Medi Ambient i Desenvolupament, celebrada a Rio de Janeiro, diferents països van aprovar un conveni sobre la diversitat biològica, amb tres objectius: protegir aquesta diversitat, fer-ne un ús sostenible i distribuir de manera justa els beneficis derivats d'aquest ús sostenible. Des de llavors, els termes *sostenibilitat* i *biodiversitat* s'han afegit al nostre vocabulari; tanmateix, no és clar que ni l'un ni l'altre siguin gaire entesos pel ciutadà comú. Aquí parlarem de la biodiversitat, si bé en algun punt del text també ens referirem a la sostenibilitat.

Una riquesa poc coneguda

Tradicionalment hom ha reconegut dos tipus de riquesa com a patrimoni dels països: la riquesa material (de la qual s'ocupen principalment els economistes i els banquers) i la cultural (terreny conreat pels historiadors, els artistes, els intel·lectuals...). Per bé que ha costat molt de temps adonar-nos-en, finalment s'ha evidenciat que hi ha un altre tipus de riquesa, que és l'enorme capital biològic de la Terra, patrimoni tant o més valuós que els altres dos i del qual s'encarreguen els naturalistes, els botànics, els zoòlegs i els ecòlegs, entre d'altres.

La biodiversitat és la riquesa i la varietat d'espècies d'éssers vius; però també és la riquesa biològica considerada des d'altres àmbits, des del genètic —variabilitat genètica dins d'una espècie de bacteri, fong, planta o animal—, passant pel taxonòmic —diferents categories immediatament per sota de l'espècie (subespècies, varietats, races, etc.) o per sobre d'aquesta (gèneres, famílies, etc.)— fins al geogràfic —àrees geogràfiques diferents que contenen nombres d'espècies també diferents.

Fent-ne un símil entenedor, Ramon Margalef deia que la biodiversitat és com el «diccionari» de la natura —és a dir, l'inventari exhaustiu de tots els components de la flora o la fauna d'una regió determinada, o de tota la Terra—, mentre que l'ecodiversitat, o diversitat ecològica, en seria la «gramàtica» —o sigui, les propor-

cions entre els diferents components i la manera com s'organitzen i interactuen dins dels ecosistemes, de la mateixa manera que la gramàtica ens permet organitzar les paraules perquè formin textos intel·ligibles, ja siguin literaris, tècnics o poètics (Margalef, 1997).

Encara que, en gran mesura, la «gramàtica» de la natura ens és encara desconeguda, el que sabem assenyalava que hi ha certes regles de construcció dels ecosistemes. Per exemple: els ecosistemes actuals són fruit de la interacció dels seus components, però també d'una història evolutiva, geològica i biològica que ve de molt lluny i que ha experimentat pèrdues per extincions individuals o episodis d'extinció en massa i guanys per especiació, radiació evolutiva, invasió d'espècies al·lòctones, etc.; algunes espècies són clau per al bon funcionament dels ecosistemes, mentre que unes altres són relativament banals i intercanviables, o hi ha una relació directa entre *diversitat ecològica* i *estabilitat dels ecosistemes*, si bé un cert grau de pertorbació també promou la biodiversitat.

Totes les espècies, des de les més humils fins a les més aparents i vistoses, tenen un paper a l'hora de ciclar els nutrients, de produir i consumir matèria orgànica i de retre serveis ecosistèmics menys evidents i que rarament ens plantegem (com la composició de l'atmosfera, la formació del sòl, la depuració de les aigües, la contaminació dels sòls i de l'aire o el clima, entre d'altres), o de produir recursos naturals (aliments, medicines, materials teixibles o per a la construcció, etc.) dels quals, d'una manera més conscient, ens apropiem. Els diferents ecosistemes i tota la biosfera depenen en un major o menor grau de les espècies d'éssers vius, i nosaltres, com una espècie més que som, també.

Quantes espècies hi ha?

En els darrers tres-cents anys, els taxonomistes han descrit al voltant d'1,8 milions d'espècies d'éssers vius i, segons càlculs versemblants, el nombre total d'espècies que actualment hi ha a la Terra és de 8,7 milions, però en podrien ser entre 15 i 30 milions, o potser més i tot, especialment si considerem els microorganismes.

D'aquestes espècies, unes són més abundants, més actives i més transformadores de l'entorn que unes altres; constitueixen els elements fonamentals dels ecosistemes, perquè permeten que s'hi installin altres espècies (és el cas dels arbres i els boscos, o dels coralls i els esculls corallins). Altres espècies, malgrat la seva abundància, en principi no tenen un rol gaire important i (potser perquè no les conei-

xem bé) semblen banals i fins i tot *repetides* o substituïbles, de manera que, si no hi fossin, probablement l'ecosistema del qual formen part no se'n ressentiria.

Encara, unes altres espècies, tot i que no són gaire nombroses, tenen un paper essencial, perquè exerceixen un control sobre la resta, fins al punt que hom les ha considerat espècies clau, ja que sense elles tot l'ecosistema (o una bona part d'aquest) s'esfondraria o canviaria radicalment; els depredadors i els organismes patògens en són exemples. D'altres, finalment, i precisament perquè són poc abundants, rares o presents en hàbitats reduïts, semblen els darrers representants de nissagues que potser en temps passats foren pròspères, però que ara (per les raons que siguin, no sempre conegudes) aparentment són a la recta final d'un procés d'extinció que, d'altra banda, és general en totes les espècies, si bé pot produir-se al cap de molts milions d'anys.

Unes ratlles més amunt hem utilitzat el terme *ecosistema*, que convé definir. Podem dir que és el conjunt d'espècies que viuen en un ambient determinat (un bosc, un llac, un mar, etc.), *més* el seu entorn inanimat (geològic, físic, químic, etc.), *més* les interaccions entre aquestes espècies (des de la simple coexistència física fins a la depredació, passant per tota mena de relacions més o menys complexes, com la competència, la simbiosi i el mutualisme), *més* les interaccions entre les espècies i l'entorn inanimat. Es tracta, doncs, d'un concepte teòric, però ben real. El podríem comparar, en l'àmbit dels humans, amb els termes *societat*, *comerç* o, fins i tot, *civilització*. Això ens permet fer unes altres aproximacions per entendre el paper i l'abundància de cada espècie. El que les diferents espècies d'organismes fan en el seu entorn es pot assimilar al que els humans fem en les nostres societats, en què hi ha professions diferents (algunes de fonamentals i unes altres, no tant), oficis que són duts a terme només per uns pocs especialistes i d'altres que potser són menys complexos i hi ha un gran nombre de persones que els practiquen (millor o pitjor), de manera que són generalistes i, per això mateix, intercanviables i/o prescindibles, etc.

Si bé ja fa temps que se sap que certes regions són molt diverses (les selves tropicals i els esculls de corall) i que d'altres contenen un nombre reduït d'espècies, descobriments recents han obert finestres insospitades a la riquesa biològica en àrees geogràfiques que es consideraven ben investigades, o bé, inhòspi-

tes per a la vida. És el cas dels anomenats *ecosistemes microbians litoautotròfics subsuperficials*, constituïts per bacteris i fongs que ocupen porus de roques ígnies situades a una certa profunditat de la superfície terrestre (fins a tres quilòmetres o més), i que obtenen l'energia de substàncies químiques inorgàniques, sense que es requereixi l'aportació orgànica procedent de la superfície.

Ocorre una cosa similar amb els «oasis» abissals, illes fèrtils en un entorn realment desèrtic com és el fons pregon del mar on es genera l'escorça terrestre. Al voltant de les fumaroles hidrotermals que expulsen aigua de mar a una temperatura de desenes o centenars de graus i que són com guèisers continus, hom va descobrir-hi en el darrer terç del segle xx una comunitat formada per cucs estranys i altres animals desconeguts fins llavors per la ciència. No només hi havia espècies noves, sinó també grups taxonòmics nous. Aquesta troballa fou extraordinària per l'abundància d'organismes —en contrast amb la pobresa dels fons abissals de tots els oceans— i perquè les xarxes tròfiques que formen no es basen —com sí que ho fan les més comunes, marines i terrestres— en la fotosíntesi de les plantes. En aquest cas, els productors primaris són bacteris quimiolitotífics, que obtenen energia dels metalls reduïts (especialment, sofre), que estan dissolts en l'aigua expulsada per les fumaroles i que viuen lliures en el medi o bé formant estructures simbiosis amb diferents espècies d'invertebrats.

També els recs o canyons submarins, els guyots o les muntanyes i altres accidents geogràfics que s'aixequen des del fons del mar contenen, segons estudis recents, faunes diferents de les dels fons circumdants, amb exemples d'especiació múltiple, la qual cosa recorda el que ja fa temps que se sabia del medi terrestre, on les valls aïllades de les altes serralades, els tepuis i les illes oceàniques són seu d'endemismes faunístics i florístics.

En el medi terrestre, l'estudi d'àrees geogràfiques remotes produeix la majoria de troballes d'espècies noves (principalment, insectes i plantes); en alguns casos, però, aquests descobriments sorprenen perquè corresponen a animals grans, que fins fa poc temps havien passat desapercebuts a la ciència (es tracta sobretot de mamífers, ocells, amfibis i rèptils en regions selvàtiques d'arreu del món). En els oceans succeeix una cosa semblant, i recentment s'hi han descobert espècies gegants, des de bacteris («gegants» perquè són visibles a simple vista: fan un o dos mil·límetres) a calamars i taurons. Algunes d'aquestes espècies de

les quals fins fa ben poc la ciència no sabia res tenen un paper ecològic important; per exemple, *Prochlorococcus marinus*, un cianobacteri del picoplàncton marí, pot assolir abundàncies notables (fins a 100.000 cèl·lules ml⁻¹) i la seva activitat fotosintètica podria suposar al voltant d'un terç de la producció primària total dels oceans.

Una tasca ingent

Alhora que un esforç més gran de prospecció i l'ús d'eines moleculars (vegeu, per exemple, Tintó-Font *et al.*, 2022) amplia el catàleg taxonòmic de la biodiversitat, també s'evidencia que per dur a terme l'enorme tasca de catalogar *tota* la diversitat biològica dels diferents ecosistemes de la Terra caldran dècades, o fins i tot segles, si es fa al ritme actual. Aquesta situació es veu agreujada perquè la florida de determinades branques de la biologia (molecular, genètica, ecologia, etc.) ha fet que l'interès dels joves biòlegs per la taxonomia minvi; així, actualment, molts grups de taxonomistes només tenen un sol especialista, o un parell a tot estirar, en tot el món, i sovint es tracta de professionals que es jubilaran aviat.

La solució pot raure en iniciatives com les que han posat en marxa l'Institut Nacional de Biodiversidad (INBIO), de Costa Rica, i altres centres similars, especialment en països en els quals hi ha «punts calents» amb una riquesa faunística i florística elevada, com les regions tropicals, les mediterrànies o d'altres. En les recerques que aquests centres promouen, el primer triatge i la classificació provisional dels exemplars recollits els fan els parataxonomistes (persones que tenen poca formació formal en taxonomia però que són bons coneixedors de la fauna o la flora locals). Posteriorment, els especialistes de laboratoris, d'universitats i de museus d'arreu del món completaran la feina més delicada. L'establiment de bases de dades que caldrà posar contínuament al dia, amb bones imatges morfològiques i anatòmiques, i la seva consulta mitjançant Internet (com la que promou All Species Foundation), així com l'intercanvi ràpid d'informació entre especialistes i aficionats que la Xarxa mundial permet, hauran de contribuir a facilitar aquest cens total, utòpic però necessari, de la biodiversitat.

Potser hem fet tard

Resulta tristament irònic que el coneixement que comencem a tenir de la biodiversitat del planeta i del seu paper important per al funcionament del món i per a la nostra pròpia

supervivència arribi en un moment de la història en què la nostra espècie agredeix aquesta biodiversitat des de tots els fronts possibles, per mitjà de la destrucció d'hàbitats (especialment les selves tropicals, però també els boscos i les àrees humides i litorals d'arreu), l'eliminació directa d'unes espècies més fràgils i l'afavoriment d'unes altres (domèstiques, antropòfiles, plagues, males herbes, etc.; en definitiva, espècies banals), la contaminació del medi o l'exhaustió del que per a nosaltres són recursos naturals però per als ecosistemes es tracta de peces fonamentals del seu funcionament. Estem arrencant indiscriminadament pàgines senceres d'aquell diccionari del símil, fins i tot abans d'haver-nos preocupat de saber què contenen. I ho fem en un moment històric en què la humanitat té problemes greus per alimentar prop de dos terços de la seva població creixent.

Els ecosistemes que l'ésser humà ha simplificat (amb els camps de conreu, els rius contaminats, les ciutats, els boscos i els litorals) funcionen amb un nombre d'espècies (i d'interaccions entre aquestes) més petit que en el cas dels ecosistemes no alterats (o poc alterats, ja que la petjada de la nostra espècie abasta pràcticament tots els racons del planeta). Però no sabem fins a quin punt podem seguir perdent biodiversitat i, conscients que la que fins ara s'ha descrit és només una fracció petita del total possible que hom ha estimat, és obligat ser prudents i aplicar, abans no sigui massa tard, el principi de precaució.

Els esforços dedicats a l'estudi detallat d'algunes espècies han posat de manifest la precària situació en què es troben. El mateix pot dir-se de determinades comunitats en les quals l'erosió de la biodiversitat és extrema (els manglars i els esculls corallins, entre les marines, i les pluvisel·les tropicals, els ecosistemes mediterranis, els llacs tectònics i les illes oceàniques, entre les terrestres). Cada cop hi ha més espècies de vertebrats (principalment, mamífers i ocells) les poblacions dels quals tenen un nombre tan reduït d'individus que la seva continuïtat és inviable. Algunes d'aquestes espècies (com el rinoceront negre, el tigre de Bengala o la pantera de les neus) tenen més exemplars residents en zoològics i en cirques que a la natura.

Les espècies de l'anomenada *megafauna carismàtica* (animals grans que la nostra espècie admira) —com el panda, el tigre, el gorilla de muntanya, el vell marí de la Mediterrània, el llop o l'àguila calba americana— tenen un paper doble. D'una banda, són espècies fona-

mentals en els seus ecosistemes, en alguns casos *espècies clau*, de les quals depenen moltes altres i, amb aquestes, el bon funcionament de la comunitat sencera; de l'altra, són atractives per al gran públic i, per això mateix, capaces de generar campanyes de protecció per a si mateixes i per als seus hàbitats. D'aquesta manera esdevenen més conegudes i, alhora, serveixen d'indicador de l'estat de conservació de les espècies i els hàbitats i de l'esforç que la nostra societat fa per protegir-les. Per aquest motiu és preocupant que la situació de moltes d'aquestes espècies sigui terminal, fins al punt de trobar-se a un pas de l'extinció. Fins fa una dècada, aquest era el cas del linx a la península Ibèrica; segurament és l'única espècie de mamífer gran en perill d'extinció actualment a Europa que s'ha recuperat mercès als esforços dels conservacionistes. Passa una cosa similar amb algunes de les diferents espècies de rinoceronts, que sembla que surten del pou de l'extinció que fins fa poc els condemnava (Greenfield, 2023). Europa ha vist desaparèixer moltes altres espècies, o les conserva en condicions força protegides, com són l'os, el cavall de Przewalski, el bisó europeu, el trencau, etc.

El drama que suposa la pèrdua per extinció d'algunes d'aquestes espècies no és només estètic o científic (per la desaparició d'organismes únics i irrepetibles, que són la resposta evolutiva a l'adaptació a uns ambients determinats), ni només ètic (la nostra espècie sol ser la causant directa o indirecta d'aquestes extincions i, per tant, en tenim una responsabilitat col·lectiva). El més preocupant és la pèrdua de la funció ecològica que aquestes espècies acomplien en el seu entorn, que no sempre pot ser substituïda. Per exemple, a la sabana africana, els ramats de bestiar domèstic que s'hi van introduir des de la colonització europea, i que s'hi mantenen, no produeixen ni la meitat de carn per hectàrea que els ungulats autòctons, són molt més susceptibles a les malalties que aquests i degraden la vegetació natural d'una manera irrecuperable (Wilson, 1994, 2002 i 2006; Primack i Ros, 2002; etc.).

Cascades d'erosió

També és greu la generació d'efectes en cascada, que poden transformar completament la fesomia, l'estructura i les funcions de les comunitats afectades. En aquest sentit, hom creu que la desaparició o la rarefacció (en la major part dels casos, per causes antròpiques) dels grans animals terrestres i aquàtics, ja fossin herbívors o carnívors, en els darrers onze mil

anys (data aproximada de la gran expansió de l'espècie humana per tots els continents, després de la retirada dels gels al final de la darrera glaciació), va transformar de manera dràstica els ecosistemes terrestres i aquàtics. Una cosa similar està passant actualment amb la intrusió humana en les regions tropicals d'arreu del planeta, amb la sobrepesca que espleta un calador rere un altre en els mars de tot el món i amb el comerç d'espècies exòtiques, vives, naturalitzades o en forma d'esquelets o les seves parts dures (banyes, closques, etc.).

Els impactes d'aquestes malvestats produeixen canvis notables en els ecosistemes. És el cas de la proliferació de les meduses, que en els darrers anys semblen haver-se multiplicat i que, a banda de ser molestes per als banyistes a l'estiu, en alguns ecosistemes han substituït els grans peixos com a depredadors dels peixos petits i els seus estadis larvaris, amb l'impacte que això té no només per a les comunitats naturals, sinó també per als recursos pesquers. Una de les causes de la proliferació de les meduses és la reducció de la quantitat de depredadors seus (tortugues marines i peixos), però una altra és l'excés important de plàncton que no és consumit pels peixos que no pensem de sobrepestar des de fa segles.

Hi ha iniciatives esperançadores. El nombre d'àrees protegides en les quals s'impedeix totalment o es limita molt l'explotació de recursos naturals, a terra i al mar, no para de créixer (una altra cosa és l'eficàcia de la protecció; en aquest sentit, sovint s'han criticat els anomenats *parcs de paper*, parcs que només estan protegits sobre el paper, ja que que no tenen pressupostos suficients, ni vigilància ni recerca). D'altra banda, l'ecoturisme (la visita a algunes d'aquestes àrees protegides) produeix molts més beneficis que l'explotació convencional de les espècies d'animals i plantes; ara bé, la mateixa freqüentació dels visitants d'aquests parcs o reserves és, també, una de les causes de la degradació, per la qual cosa convé regular el nombre de visites i salvaguardar sempre algunes parts o «santuaris» de l'àrea protegida, on la visita no sigui possible.

L'adquisició de territoris naturals per part de governs, d'organitzacions diverses o de particulars perquè no formin part del desenvolupament agrícola o urbà, o de l'explotació forestal, és una estratègia útil, i no només en països en via de desenvolupament. Moltes ONG proteccionistes, empreses compromeses amb el medi ambient, fundacions i particulars paguen preus relativament assequibles que permeten adquirir milers o milions d'hectà-

rees de selva o de bosc, la protecció de les quals es pot negociar amb els governs dels països implicats. La bioprospecció (la recerca de substàncies naturals en espècies d'animals i de plantes) ha fornint centenars de molècules noves que, produïdes per organismes terrestres i marins, tenen característiques que les fan útils com a medicines; adonar-se que la biodiversitat pot ser rendible industrialment també pot ajudar a conservar-la.

Què hi podem fer?

Ara per ara, el ritme al qual s'erosiona i es perd biodiversitat és superior al dels esforços que es fan per conservar-la; reduir la pèrdua de biodiversitat en els àmbits local, regional i global implica aconseguir la protecció, el rescabament, la restauració i la gestió racional i sostenible del patrimoni que suposa la biodiversitat. I això caldrà fer-ho mitjançant una hàbil barreja de recerca científica, per conèixer millor els components i el paper de la biodiversitat; d'inversió de capital, per crear mercats sostenibles en lloc dels consumidors i malbaratadors que tenim ara, i de governança, per promoure la difícil coexistència entre creixement econòmic i conservació.

La conservació de la biodiversitat requereix l'esforç de tothom i en tots els àmbits. Cal un canvi d'actituds a la feina (com a professionals) i a casa o al carrer (com a ciutadans), però també quan actuem com a consumidors, com a turistes o com a electors. Qualsevol de les nostres decisions acaba incidint, a curt o a llarg termini, sobre la conservació de la diversitat biològica i, ja que no hi ha decisions neutres, és assumint plenament la nostra responsabilitat, i des del primer moment, que contribuirem a la millora de la conservació de la diversitat biològica a Catalunya i, per extensió, al món.

I, quina responsabilitat hi té, el ciutadà comú, en la pèrdua de biodiversitat?, es poden preguntar els lectors. I, per tant, quines coses podem fer per evitar aquesta pèrdua o reduir-la? Deixant de banda que aquest ciutadà imaginari pugui ser caçador, pescador, piròman, etc., i, llavors, atempti directament contra la biodiversitat, cal tenir en compte que tots som, en major o menor mesura, consumidors d'uns recursos que, d'una manera directa o indirecta, afecten la integritat de les espècies i dels ecosistemes. En posarem alguns exemples, que es poden ampliar fàcilment amb la consulta de llibres i d'articles sobre el tema, o amb la simple lectura diària de la premsa.

És al nostre abast

Els lectors potser recorden el desmantellament, fa uns quants anys, de les parades d'animals exòtics que durant dècades havien estat instal·lades a la Rambla barcelonina. Els animallets que s'hi venien, alguns dels quals il·legalment (perquè eren espècies protegides), suposaven una fracció petita dels que s'havien capturat en els seus hàbitats originals, selves i boscos de tot el món, perquè molts d'ells es morien en el procés de captura, transport i manteniment. I molts d'aquests animals, que acomplien una funció en el seu hàbitat natural, una vegada comprats per ciutadans ingenus, es van escapar (com en el cas de les cotorres i les serps) o van ser abandonats perquè, en créixer, es tornaven perillosos (és el cas de les tortugues i els caimans). I, aquests animals, en trobar-se en un ambient aliè, o bé s'han mort o bé s'han adaptat al nou medi, on fan destrosses de tota mena; és el cas de les tortugues de Florida, que desplacen les autòctones en els nostres rius, o de les cotorres, que malmeten els fruiters en els nostres conreus, entre d'altres. El comerç d'animals exòtics (que no s'ha acabat amb l'eliminació d'aquelles parades) malmet els ecosistemes d'origen i també els d'arribada.

Encara hi ha un espoli de biodiversitat més criticable que aquest dels animals exòtics «de companyia». Conquilles de molluscs, coralls (madrepores tropicals i corall ver mediterrani), plomes d'ocells, per fer-ne joies i figuretes, vori d'elefants i de catxalots gravat amb dibuixos, mans de gorilla emprades com a cendrers o banyes de rinoceront i penis de tigre i de foques usats com a elements medicinals, entre altres andròmines, suposen un delme continu de biodiversitat per assolir unes finalitats absolutament prescindibles (objectes de «decoració»), si no clarament falses (els suposats efectes afrodisíacs o curatius, segons la farmacopea asiàtica). A mig camí entre aquest espoli i el de la caça cal situar la recol·lecció de plantes remeieres, de vesc i de molsa (per celebrar les festes nadalenques!), la captura d'ocells cantaires i altres disbarats que demostren no només unes arrels neolítiques en els nostres costums, sinó també una ignorància supina del paper d'aquests organismes en els seus hàbitats naturals.

Els habitants de les ribes de la Mediterrània som grans consumidors de peix, que darrerament no és tan abundant en el nostre litoral i que arriba als mercats procedent de gairebé tot el món. Hi ha, doncs, una explotació de pesqueres llunyanes per abastar els nostres mercats. Però és que, a més, els peixos que normalment mengem solen ser carnívors de pri-

mer, de segon o de tercer nivell, l'abundància dels quals és molt més petita que la dels herbívors. (A terra, en general, ens alimentem de plantes i d'herbívors, és a dir, dels nivells primer i segon de les piràmides tròfiques, més abundosos.) Una mesura ben senzilla per reduir la pressió sobre les poblacions d'aquests peixos seria menjar preferentment les espècies situades més avall en la piràmide tròfica, les planctòfagues (com la sardina i altre peix blau, ben saludables d'altra banda). Al mateix temps, reduiríem la pèrdua d'espècies controladores dels seus ecosistemes, com són els carnívors arreu. En aquest sentit, per a les persones interessades, hi ha unes llistes d'espècies de peixos (i d'altres animals) el consum de les quals és innocu per a l'ecosistema, i d'altres (com la tonyina), que estan greument amenaçades i que tenen els dies comptats a la natura. El consumidor de peix (o del que sigui) no hauria d'ignorar aquesta situació.

El mateix es pot dir d'altres recursos l'explotació dels quals té un impacte directe sobre els hàbitats naturals. Una bona part de la desforestació de selves a l'Àfrica i a Àsia és per obtenir fustes precioses (que acabaran formant part dels mobles que es venen arreu del món), o bé per establir-hi plantacions de cacau, de cafè o d'altres plantes dels productes de les quals ens beneficiem. Probablement no podem prescindir d'alguns d'aquests productes, però sí que podem comprar només aquells que entitats dignes de confiança ens certifiquin que s'han produït sense malmetre els hàbitats naturals, és a dir, d'una manera sostenible.

En canvi, les selves i els boscos tropicals i subtropicals americans sembla que pateixen especialment l'embranchida de la desforestació per obtenir-ne pastures, o bé conreus de morenc (que potser servirà per fer biocombustibles) o de soja (que avui dia és omnipresent en tots els nostres aliments). En aquest sentit, és clar que una dieta equilibrada també comprèn la proteïna de la carn, però els ciutadans de països occidentals abusem del consum de carn de boví (per això cal obrir noves pastures a ramats cada cop més nombrosos); és clar que cal substituir el petroli, que ja té data de caducitat, per altres combustibles, però segurament no a costa de malmetre els hàbitats naturals per plantar-hi canya de sucre o morenc, o és clar que la soja té un contingut proteínic elevat, però això no justifica transformar boscos i matollars en camps immensos de soja. I així podríem seguir amb molts recursos que, usats d'una manera més curosa i sostenible, no suposarien una erosió tan gran de la biodiversi-

tat com la que s'està produint. Si la nostra petjada ecològica és excessiva, eliminar-ne la part que és totalment o parcialment prescindible ajudaria a rescabalar els ecosistemes, que, des de fa segles, estem degradant.

Quin futur ens espera?

Les perspectives de futur, però, no són bones. Estem lluny d'assolir l'explotació sostenible dels recursos del planeta, i cada cop som més persones, que cal alimentar i que demanen un nivell de vida que s'acosti almenys al dels països desenvolupats. Començava explicant que el 2010 fou declarat Any Internacional de la Biodiversitat. Doncs bé, quan l'octubre del 2010 la Desena Conferència de les Parts (COP 10) del Conveni sobre la Biodiversitat es va reunir a Nagoya per constatar els avenços que s'havien fet des de la conferència anterior, els governs van reconèixer que no s'havia assolit l'objectiu general, que implicava una reducció significativa de la pèrdua de biodiversitat, malgrat alguns èxits locals i menors i una tendència a una conscienciació més gran per part de les persones i dels governs.

Entre els nous objectius (Objectius d'Aichi, pel nom de la prefectura on se celebrà la COP), que caldria haver assolit el 2020, els països signants del Conveni sobre la Biodiversitat establiren els següents:⁴

- Fer una gestió i una explotació sostenibles de les poblacions d'animals i de plantes aquàtiques.
- Reduir d'una manera significativa la pressió antròpica sobre els esculls de corall.
- Erradicar, o controlar adientment, determinades espècies exòtiques invasores.
- Augmentar fins al 17 %, com a mínim, la superfície terrestre protegida, i fins al 10 %, com a mínim, la superfície litoral i marina.
- Evitar l'extinció d'espècies greument amenaçades.
- Reduir la contaminació fins a nivells innocus per als ecosistemes i per a la biodiversitat.
- Reduir a la meitat, i si és possible més, la taxa de pèrdua d'hàbitats naturals.
- Restaurar almenys el 15 % dels ecosistemes degradats.
- Eliminar els subsidis a activitats que, d'una manera directa o indirecta, afecten negativament la biodiversitat.

En els anys següents es tornaren a celebrar successives conferències de les parts: COP 11 a Hyderabad (2012), COP 12 a Pyeongchang (2014), COP 13 a Cancun (2016), COP 14 a

4. <http://www.cbd.int/>

Sharm al-Sheikh (2018), CBD EXCOP 2 en línia (2020), COP 15(1) a Kunming (2021), COP 15(2) a Montreal (2022), COP 15(3) a Nairobi (2023) i COP 16 (prevista a Cali, 2024, però que es va dur a terme el 2025). En cada una d'aquestes reunions internacionals es donava compte dels avenços (generalment modestos) que s'havien fet en el compliment dels objectius, s'afegien nous objectius o es matisaven els anteriors i s'incorporaven nous països a les conferències de les parts. I, en especial, es constatava que, en la majoria dels objectius, no s'havia fet prou, i així cada cop es veia que quedava molt lluny l'objectiu general de preservar o restablir la biodiversitat. Potser no sorprendrà que passi una cosa semblant en les COP dedicades a la lluita contra el canvi climàtic.

Les darreres dades

Només cal consultar a Internet els acords d'aquestes conferències de les parts del Conveni sobre la Biodiversitat (i els informes finals corresponents) per comprovar que quedava molt lluny l'objectiu general de preservar o restablir la biodiversitat, o els darrers acords sobre l'estat de la biodiversitat i sobre els problemes generals a què ens enfrontem quan estem a punt d'entrar en el segon quart del segle XXI. N'hi ha molts, d'aquests informes, i els que signen institucions fiables, com l'IPBES (Plataforma Intergovernamental en Biodiversitat i Serveis dels Ecosistemes) i la UICN (Unió Internacional per a la Conservació de la Natura), per no allargar aquesta llista, són molt recomanables, per bé que anguniosos, perquè, emprant la frase d'un expert, per cada pas cap endavant que fem en la protecció de la biodiversitat, se'n fan deu cap endarrere que la segueixen maltractant i erosionant.

A banda d'aquests informes generals, en tots els països i amb més o menys èxit, diferents administracions, acadèmies, universitats, consells assessors, oenagés i experts diversos han dit i diuen la seva en un gran nombre de treballs d'àmbit nacional, regional o local. Així mateix, hi ha moltes publicacions científiques o divulgatives que pregonen aquesta situació terrible per a tothom que la vulgui conèixer (en la bibliografia en donem alguna referència). Tenint en compte el que hem dit aquí (i el que els col·laboradors d'aquest volum afegiran en els seus treballs), la situació actual de la biodiversitat, a tot el món i a casa nostra, és molt preocupant.

I a casa nostra?

La diversitat biològica s'ha de protegir no només a les selves tropicals i als oceans allunyats, sinó també als nostres boscos i als nostres camps. Les diferents regions mediterrànies són riques en biodiversitat, i els Països Catalans, amb una gran diversitat d'hàbitats, constitueixen un compendi de riquesa biològica. Des del litoral als cims de les serralades, des de les zones humides litorals i interiors als semideserts del sud i de l'oest, des dels sistemes aquàtics continentals als fons marins pregons, des de les illes als boscos madurs, i àdhuc des dels camps de conreu a les ciutats, la gran varietat d'ambients i de climes permeten una biodiversitat enorme.

Una biodiversitat que des de fa segles han estudiat aficionats i especialistes i que, per això mateix, és una de les més conegudes d'Europa. I una biodiversitat que està amenaçada tant pels canvis globals (com el canvi climàtic) com per les activitats humanes locals, tal com es reconeix, entre altres documents, a l'*Estratègia catalana per a la conservació i ús sostenible de la diversitat biològica* (Generalitat de Catalunya i

Institut d'Estudis Catalans, 1997-1998), a *Natura, ús o abús?* (2018-2019) (<https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000513/00000080.pdf>), a l'*Estratègia del patrimoni natural i la biodiversitat de Catalunya* (https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/estrategia-catalana-del-patrimoni-natural-i-la-biodiversitat/index.html, 2017), a l'*Estat de la natura a Catalunya 2020* (<https://estatgeneraldelabiodiversitatacatalunya-2020.pdf> (gencat.cat)) o en els nombrosos informes que per a la Generalitat i el Parlament de Catalunya elabora el Consell de Protecció de la Natura (Ros, 2021), entre d'altres. Tanmateix, una cosa és l'estudi de la biodiversitat a casa nostra, que proporciona aquest coneixement necessari, i una altra de molt diferent és l'endeament d'eines de gestió i de polítiques per preservar-la. En les aportacions d'aquest volum es dona compte d'ambdues activitats, però cal reconèixer que amb un dèficit notable pel que fa a la segona.

Per això, el gran repte que cal abordar seriosament és la conservació d'aquesta enorme biodiversitat i el seu ús sostenible, no només perquè ens forneix uns serveis valuosíssims, sinó també perquè moralment hem de preservar aquest tercer tipus de patrimoni. De ben segur que ens hi ajudaran les normes nacionals i internacionals, però sobretot el capteniment dels ciutadans d'aquests Països Catalans tan rics en biodiversitat. Caldrà reduir-ne la pèrdua en els nostres àmbits local i regional, mitjançant la protecció, el rescabament, la restauració i la gestió racional i sostenible del patrimoni natural. Hem de confiar que els diversos òrgans polítics i de gestió dels diferents territoris, com l'encara no funcional Agència de la Natura de Catalunya, es prendran seriosament aquesta tasca.

Bibliografia

- BABBITT, B.; SARUKHÁN, J. (2005). «Gardening the Earth». A: RIGGS, J. A. (ed.). *Conserving biodiversity*. Aspen Institute of Environmental Policy, 1-14.
- BARBAULT, R. (2008). *El elefante en la cacharrería: El hombre en la biodiversidad*. Pamplona: Laetoli.
- BELLÉS, X. (1996). *Entendre la biodiversitat*. Barcelona: La Magrana.
- BROSIMMER, F. J. (2005). *Ecocidio: Breve historia de la extinción en masa de las especies*. Pamplona: Laetoli.
- BUCHMANN, S. L.; NABHAN, G. P. (1996). *The forgotten pollinators*. Washington; Covelo: Island Press.
- CARSON, R. (1962). *Silent Spring*. Boston: Houghton Mifflin. [Trad. cast.: *Primavera silenciosa*. Barcelona: Crítica, 2010; trad. cat.: *Primavera silenciosa*. Barcelona: Iceberg, 2025]
- CLOSA, D. (2019). *Antropocè: la fi d'un món*. Barcelona: Angle.
- CURY, P.; MISEREY, Y. (2012). *Una mar sense peixos*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- EHRlich, P. R.; EHRlich, A. H. (1987). *Extinción*. Barcelona: Salvat. 2 v.
- ELDRIDGE, N. (1998). *Life in the balance: Humanity and the biodiversity crisis*. Princeton: Princeton University Press. [Trad. cas.: *La vida en la cuerda floja: La humanidad y la crisis de la biodiversidad*. Barcelona: Tusquets, 2001]
- ESCRIVÀ, A. (2023). *Emergència climàtica*. Alzira: Bromera.
- FOLCH, R. (ed.) (1976). *Natura, ús o abús?: Llibre blanc de la gestió de la natura als Països Catalans*. Barcelona: Barcino. [2a ed., 1988]
- FOLCH, R. (dir.) (1984-1992). *Història natural dels Països Catalans*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana. 16 vol. + 3 supl.
- FOLCH, R.; PEÑUELAS, J.; SERRAT, D. (2020). *Natura, ús o abús?: Llibre Blanc de la Gestió de la Natura als Països Catalans: 40 anys després de la publicació* [en línia]. <<https://naturallocs.iec.cat/>>.
- GASKELL, J. (2000). *Who killed the great auk?* Oxford: Oxford University Press.
- GOLDSCHMIDT, T. (1998). *Darwin's dreampond: Drama in Lake Victoria*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- KOLBERT, E. (2014). *The sixth extinction*. Nova York: Henry Holt [Trad. cas.: *La sexta extinción*. Barcelona: Crítica, 2015]
- LEAKEY, R.; LEWIN, R. (1995). *The sixth extinction: Patterns of life and the future of humankind*. Nova York: Doubleday [Trad. cas.: *La sexta extinción: El futuro de la vida y de la humanidad*. Barcelona: Tusquets, 1997]
- MARGALEF, R. (1997). *Our biosphere*. Oldendorf; Luhe: Ecology Institute. (Excellence in Ecology; 10) [Trad. cat.: *La nostra biosfera*. València: Institut d'Estudis Catalans: Universitat de València, 2012]
- PAPA FRANCESC (2015). *Lloat sigueu: Laudato si: Carta encíclica*. Barcelona: Claret.
- PECL, G. T. [et al.] (2017). «Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being». *Science*, 355: eaai9214.

- PRIMACK, R. B.; ROS, J. D. (2002). *Introducción a la biología de la conservación*. Barcelona: Ariel.
- ROS, J. D. (1995). *La extinción de especies animales y vegetales*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia. Fundación Universidad-Empresa.
- (2001). *La natura marradeja*. Barcelona: Rubes.
- (2004). *El segle de l'ecologia: Els problemes del medi ambient (i algunes solucions)*. Alzira: Bromera.
- (2007). *L'altra meitat del medi ambient*. Còrdova: Almuzara.
- (2011a). «La biodiversitat: origen, funció i amenaces». *L'Atzavara*, 20: 5-15.
- (2011b). «Biodiversity: Origin, function and threats». *Contributions to Science*, 7 (1): 37-44.
- ROS, J. D. (2021). *Cal que siguem masovers del món: Noves reflexions sobre medi ambient*. Barcelona: Empúries.
- SALA, E. (2022). *La naturaleza de la naturaleza*. Barcelona: Ariel.
- THUNBERG, G. (coord.) (2022). *El libro del clima*. Barcelona: Lumen.
- TINTÓ-FONT, E.; SIMON-MOLAS, H.; HIDALGO, O.; GUIGÓ, R.; COROMINAS, M. (2022). «La iniciativa catalana per a l'Earth Biogenome Project». *Treballs de la Societat Catalana de Biologia*, 72: 3-9.
- WILSON, E. O. (1986). «La biodiversidad, amenazada». *Investigación y Ciencia*, 158: 64-71.
- (1989). «Threats to biodiversity». *Scientific American* (setembre): 108.
- WILSON, E. O. (1992). *The diversity of life*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. [Trad. cast.: *La diversidad de la vida*. Barcelona: Crítica, 1994]
- (2002). *The future of life*. Nova York: Knopf. [Trad. cast.: *El futuro de la vida*. Barcelona: Galaxia Gutenberg: Círculo de Lectores, 2002]
- (2006). *The creation: An appeal to save the life on Earth*. Nova York: Norton. [Trad. cat.: *La creació: Una crida per salvar la vida a la Terra*. Barcelona: Empúries, 2007]

La biodiversitat de les algues als Països Catalans

Enric Ballesteros †

Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC), Blanes

Enric Ballesteros. Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC). Carrer d'accés a la cala de Sant Francesc, 14. 17300 Blanes (Girona).

DOI: 10.2436/20.1501.02.237

ISSN (ed. impresa): 0212-3037

ISSN (ed. digital): 2013-9802

<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>

Rebut: 26 de juliol de 2024

Acceptat: 30 d'agost de 2024

Resum

En aquest article es presenta un resum de la biodiversitat de les «algues» als Països Catalans en els diferents ambients que colonitzen (el medi terrestre, les masses d'aigua continental, les aigües marines). A partir de la bibliografia existent, es mostra que hi ha una biodiversitat d'algues considerable, xifrada en unes 4.500 espècies. Tanmateix, la diversitat real ha d'ésser superior a aquesta xifra, tenint en compte el gran desconeixement que encara hi ha en relació amb aquest grup d'organismes. Actualment, la recerca en biodiversitat està força abandonada, ja que la majoria d'estudis científics es basen més en els processos ecològics i no tant en les espècies. Les àrees de recerca més importants inclouen l'estudi de les microalgues que formen proliferacions massives, sovint tòxiques, i, en menor grau, les algues marines. En els últims temps, l'estudi florístic de les algues continentals ha disminuït molt, i el de les algues del medi terrestre no ha existit mai.

Paraules clau: algues, biodiversitat, Països Catalans.

Algal biodiversity in the Catalan Countries

Abstract

We present the state of the art on algal biodiversity in the Catalan Countries, covering the different environments where algae thrive (terrestrial, freshwater, marine). This study, based on scientific references, shows the existence of a large biodiversity, comprising an estimated 4,500 species. However, the real figure should be much higher because a thorough knowledge of these groups of organisms is still lacking. Little research is being conducted on biodiversity in Catalonia at present and most of the scientific studies deal more specifically with ecological processes than with species diversity. The main areas of research today are microalgal blooms, which are usually toxic, and to a lesser extent marine macroalgae. In recent times, floristic studies of freshwater algae have decreased substantially and those dealing with terrestrial algae have always been all but totally lacking.

Keywords: algae, biodiversity, Catalan Countries.

Introducció

Les algues comprenen un conjunt de grups d'organismes amb històries evolutives i morfologies molt diferents que podríem definir com a «organismes fotosintètics uni- o pluricel·lulars, constituïts per cèl·lules eucariotes, que es reproduïxen sexualment i/o assexualment i que mai no produeixen flors ni, és clar, llavors (espermatòfits), ni pertanyen al grup dels briòfits ni dels pteridòfits». Si acceptem aquesta gairebé absurda definició com a bona, les algues constitueixen el grup més diversificat d'organismes eucariotes de la biosfera, del qual formen part tant organismes que mesuren unes poques micres com d'altres que són tan grans com arbres. En aquest article no considerem els cianobacteris ni altres organismes procariotes, que s'inclourien en un altre apartat, tot i que clàssicament, i encara ara, es consideren com a algues (Guiry, 2024). Les algues poden viure en qualsevol lloc, si bé necessiten el medi aquàtic per a reproduir-se; per això són molt més abundants a l'aigua (marina, dolça i totes les intermèdies), malgrat que hi ha exemples d'algues unicel·lulars terrestres i simbiòtiques (com les que viuen amb els fongs per a formar els líquens o les zooxantelles simbiòtiques dels coralls hermatípics). És evident, doncs, que les algues són un grup artificial, polilifètic, fins al punt que es pot dir que, des del

punt de vista de la història evolutiva, les algues no existeixen. Per exemple, els briòfits, els pteridòfits i els espermatòfits són evolutivament més propers a les algues verdes que aquestes a les algues brunes.

Si encara es parla d'algues, fins i tot en l'àmbit científic, és probablement per la poca atenció que han rebut aquests organismes per part de la comunitat científica o per la mandra d'aquesta mateixa comunitat de deixar clar a tothom que les algues no existeixen i que hem de dividir-les en molts grups. La falta d'atenció i la seva elevada diversitat —que fa que no hi hagi cap especialista en la totalitat d'aquest grup que aquí anomenem *algues*— dificulten el fet d'escriure un article sobre la biodiversitat de les algues als Països Catalans. Tot i això, ho intentarem.

Material i mètodes

En aquest article hem dividit les algues en tres apartats, en funció del seu hàbitat: *a*) les algues terrestres, *b*) les algues d'aigua dolça i salabrosa i *c*) les algues marines. La informació s'ha obtingut a partir de la bibliografia existent. No s'ha fet, però, una recerca exhaustiva i, per tant, el que pretenem aquí és només donar una visió general de la biodiversitat dels grups d'algues als Països Catalans. En la nostra opinió, encara ara, l'obra de referència pel que fa a la

biodiversitat de les algues als Països Catalans és el volum quart (editat per Llimona *et al.*, 1985) de la *Història natural dels Països Catalans* (Folch, dir., 1985-2013), que, si bé la taxonomia que estableix ha quedat una mica desfada atenent els nous descobriments basats en la biologia molecular, és un molt bon recull de la diversitat d'aquest grup d'organismes.

Resultats i discussió

En el medi terrestre les algues són poc rellevants, tot i que hi són presents o bé en forma lliure (sobre roques o escorces o en el sòl) o bé, més sovint, vivint en simbiosi amb els fongs per a constituir els líquens (Peksa *et al.*, 2022; Veselá *et al.*, 2024). Són algues unicel·lulars o filamentoses, senzilles, cosmopolites, que també es troben en el medi aquàtic. El gènere *Trebouxia* (Trebouxiophyceae: Chlorophyta) és molt comú formant simbiosi amb els líquens, com els gèneres semblants *Asterochloris*, *Diplosphaera*, *Elliptochloris* i *Chloroidium*. Són també comunes al nostre país les espècies del gènere *Trentepohlia* (Ulvophyceae: Chlorophyta), endosimbionts de molts líquens, però que en la forma lliure constitueix taques de color groc ataronjat en escorces d'arbres com el suro. No coneixem estudis concrets sobre la diversitat de les algues terrestres, edàfiques ni simbiòtiques dels líquens

als Països Catalans, ni tampoc, és clar, de la seva biodiversitat.

Les algues que poblen les aigües continentals dels Països Catalans són més ben conegudes que les terrestres. La seva morfologia cobreix des d'algues unicel·lulars fins a algues filamentoses relativament complexes, com poden ser algunes algues vermelles (*Batrachospermum*, *Lemna*, *Thorea*). Algunes de les espècies tenen distribucions cosmopolites, mentre que d'altres tenen distribucions molt més restringides. Hi ha espècies pelàgiques, abundants sobretot en masses d'aigua en repòs, i espècies bentòniques, presents a tots els ambients però més conspicües a les aigües en moviment. L'elevada diversitat d'algues epicontinentals dels Països Catalans ve donada per la gran variabilitat climàtica, que comporta una gran diversitat d'hàbitats presents, des de l'alta muntanya a la terra baixa, des de zones humides a zones semidesèrtiques, des d'ambients oligotròfics a ambients eutròfics o distròfics i des d'aigües més aviat àcides a aigües amb una forta càrrega alcalina. La diversitat de grups taxonòmics és molt elevada, ja que hi ha deu filums d'algues eucariotes continentals (Guiry, 2024): caròfits, cloròfits, criptòfits, dinoflagel·lades, euglenòfits, glaucòfits, haptòfits, heterocontòfits (diatomees i crisofícies), prasinodermatòfits i rodòfits. Els nombrosíssims treballs pioners de Ramon Margalef (per citar-ne alguns: Margalef, 1948a, 1948b, 1949a, 1949b, 1949c, 1951a, 1954a, 1954b, 1955a, 1957a), sintetitzats a Margalef (1955b), són una bona entrada a les algues presents en molts d'aquests ambients, unida a una categorització de les comunitats que constitueixen. Posteriorment als treballs pioners de Margalef, i llevat de la revisió dels hàbitats d'aigües continentals amb algunes dades sobre les algues (Cambra *et al.*, 2018), els estudis no han esdevingut tan generals, sinó que han tractat o bé algues d'ambients concrets o bé grups d'algues particulars.

Com a exemples dels primers hi ha diversos treballs en els quals s'esmenten algues dels embassaments (Margalef *et al.*, 1976; Margalef *et al.*, 1982), dels llacs pirinencs (Felip *et al.*, 1999a, 1999b i 2002), dels aiguamolls costaners (Tomàs, 1988; Comín *et al.*, 1994; Cambra, 1993), de les mulleres (Cambra, 2010a i 2015), dels arrossars (Cambra i Domínguez-Pañella, 1990) o dels sistemes fluvials (Gomà *et al.*, 2005). Entre els darrers hi ha un treball sobre les diatomees dels estanys pirinencs (Rivera-Rondón i Catalan, 2017), la tesi de Sergi Pla (1999) —on es descriuen els cists

de les crisofícies dels llacs dels Pirineus— o els estudis sobre els caròfits a la península Ibèrica —amb dades sobre els Països Catalans (Comelles, 1982; Santos-Cirujano *et al.*, 2008). Hi ha un munt de treballs, sobretot dels estanys dels Pirineus, que estudien el fitoplàncton des d'un punt de vista dinàmic i en funció dels factors ambientals, però que, malauradament, no inclouen llistes d'espècies que els investigadors han identificat per a produir el treball (p. ex., Pla-Rabés i Catalan, 2018; Rivera-Rondón i Catalan, 2020). Les algues continentals s'han fet servir com a bioindicadors de la qualitat de les aigües, majoritàriament basats en índexs calculats a partir de les espècies de diatomees o de macròfits (on s'inclouen també algunes algues a part dels cormòfits) (Cambra, 2010b).

Amb tot, la diversitat de les algues d'aigües continentals als Països Catalans és difícil de calcular. Les estimacions actuals d'espècies citades a la península Ibèrica són d'unes 1.626 espècies de cloròfits i 748 espècies de diatomees, mentre que el total de la flora (sense cianobacteris) és, aproximadament, de 2.710 espècies (3.283, si hi incloem els cianobacteris) (Cambra, 2010b). Als Països Catalans aquesta xifra és necessàriament menor. Hi ha citades unes 28 espècies d'asprelles (Santos-Cirujano, 2018) i Ros *et al.* (1999) esmenten poc menys de 2.000 espècies (incloent-hi els cianobacteris), però aquestes xifres disten molt de ser definitives. És encara més difícil elaborar una llista d'espècies vulnerables, tot i que Ros *et al.* (1999, taula 1) presenten una llista on es recullen dues dinoflagel·lades, una diatomea, un cloròfit, dos esferopleals, quatre desmidials, set caròfits i cinc rodòfits. Cambra (2010c) ofereix també una llista d'associacions amenaçades, entre les quals es troben dues associacions pirinenques pròpies de torberes àcides amb esfagnes (*Micrasterieterio jenneri-Euastrum insignis* i *Micrastero truncatae-Frustulietum saxonicae*), una associació de deus i rierols de corrent lent, d'aigües àcides de l'estatge montà (*Pinnularieterio-Surirelletum montanum*), dues associacions de surgències i rierols d'aigües carbonatades (*Melosiretum arenariae* i *Diplo-neietum fontinale*) i una associació pròpia de les aigües oligohalines litorals i de llacunes endorreiques (*Fragilarion tabulatae*). En aigües continentals també hi ha espècies introduïdes, totes elles diatomees (Cambra i Flor-Arnau, 2010): *Didymosphenia geminata*, que actualment s'estén per la conca de l'Ebre; *Diademesmis confervacea*, pròpia de zones tropicals i subtropicals que s'estén per la conca del Segre i la

part baixa de l'Ebre, i *Gomphoneis minuta*, que forma revestiment en el fons dels rius d'aigües carbonatades de zones de muntanya humida.

Quan ens endinsem en les aigües marines, els estudis es multipliquen. Les algues marines han estat estudiades per científics que investiguen o bé el món pelàgic (algues pelàgiques, fitoplàncton) o bé el món bentònic (algues bentòniques, fitobentos). La majoria dels diferents grups taxonòmics poden ser presents al plàncton i al bentos, però la seva importància, almenys quantitativa, és diferent. Al món pelàgic les espècies que hi dominen són majoritàriament unicel·lulars, mentre que al bentos les espècies que formen el paisatge són pluricel·lulars. A Llimona *et al.* (1985) es recull una bona mostra de la biodiversitat de les algues del fitoplàncton als Països Catalans.

De nou, el primer a oferir un ventall d'estudis aprofundits sobre les algues del fitoplàncton als Països Catalans fou Ramon Margalef, amb treballs sobre el fitoplàncton del litoral gironí (Margalef, 1945, 1946, 1948c, 1957b i 1964; Margalef i Morales, 1960), reculls a Massutí i Margalef (1950) i Margalef (1969) i diversos estudis a la zona de Castelló (p. ex., Margalef, 1951b; Margalef *et al.*, 1954; Herrera *et al.*, 1955; Margalef *et al.*, 1957), on inicia, amb la col·laboració del químic Joan Herrera, treballs que relacionen la hidrografia i les comunitats de fitoplàncton (p. ex., Herrera i Margalef, 1957, 1961, 1963a i 1963b; Margalef i Herrera, 1964; Margalef *et al.*, 1959; Margalef, 1965). També hi ha estudis puntuals vora el port de Barcelona (Margalef i Blasco, 1970) o al front catalanobaleà (Margalef i Estrada, 1987; Estrada i Salat, 1989 i 1999; Estrada, 1991), materials tots ells que Margalef aprofita per a establir i discutir conceptes sobre la diversitat, la successió i les comunitats fitoplànctòniques, preludi d'estudis de referència sobre el fitoplàncton (p. ex., Margalef, 1958 i 1978). Des del laboratori Oceanogràfic de Palma (IEO) hi ha estudis sobretot del zooplàncton de les illes Balears, encara que n'hi ha alguns que donen una mica de llum al fitoplàncton (Valencia-Vila *et al.*, 2016). De caire taxonòmic, cal destacar les il·lustracions de fins a 251 tàxons (Delgado i Fortuño, 1991).

Les aigües costaneres són un món a part. El litoral dels Països Catalans ha sofert unes transformacions dràstiques en els darrers dècennis (Garcés *et al.*, 2010). S'ha produït un creixement important de la població, amb el que això comporta: una major quantitat d'aigües residuals i industrials, que s'aboquen d'una forma directa o indirecta al mar; l'incre-

ment de l'adobament dels camps de conreu; la substitució de grans masses de coberta vegetal per zones urbanitzades, que disminueix l'efecte tampó de l'arribada d'aigua al mar en moments de fortes pluges; l'augment en la demanda d'aigua per al consum humà i per al regadiu, que disminueix l'aportació dels rius al litoral; la desaparició dels aiguamolls costaners, que actuen com a filtres; la proliferació de l'aqüicultura, que enriqueix amb nutrients les aigües litorals, i la urbanització del litoral (ports esportius, passeigs, estructures de retenció d'onades), que augmenta el nombre de zones confinades. Tot plegat ha afectat les característiques ambientals de les aigües litorals, amb la repercussió inevitable en les comunitats fitoplànctòniques. A banda de les contribucions de Maximino Delgado (p. ex., Delgado, 1986, 1987 i 1989), de caire ecològic, en què s'estudien sobretot el plàncton i el bentos i les relacions que s'estableixen entre ambdós sistemes, la majoria dels treballs s'han centrat en les proliferacions o afloraments de fitoplàncton a causa de les modificacions recents de les aigües litorals, sobretot del seu confinament, i a causa d'episodis d'abundància de nutrients i poca barreja d'aigua. Les proliferacions de fitoplàncton tòxic o potencialment tòxic a les zones resguardades dels Països Catalans, principalment a Catalunya, han rebut, doncs, molta atenció (Garcés *et al.*, 2010) i han permès l'estudi del fitoplàncton de zones confinades on aquestes proliferacions o *blooms* apareixen amb més assiduïtat (p. ex., Garcés, 1998; Delgado *et al.*, 1990; Garcés *et al.*, 1999a i 1999b; Vila *et al.*, 2001a; Vila i Masó, 2005; Sampedro *et al.*, 2011; Satta *et al.*, 2013; Reñé *et al.*, 2011, 2013, 2014 i 2015). També s'han estudiat a les Illes Balears (Puigserver *et al.*, 2010). Aquestes proliferacions poden tenir efectes molt seriosos per la seva elevada toxicitat en els humans o en diferents compartiments de l'ecosistema marí. Així mateix, poden enterbolir l'aigua i fer desagradable el bany o poden exhaurir l'oxigen de l'aigua i provocar la mort de molts organismes. Són comunes i importants les dinoflagel·lades del gènere *Alexandrium*, algunes de tòxiques (*A. catenella*, *A. minutum*, *A. tamarense*) i d'altres que no ho són (*A. taylori*, *A. andersoni*, *A. peruvianum*, etc.), però que fan coloracions a les aigües litorals (Garcés *et al.*, 2010). Els gèneres *Dinophysis* i *Prorocentrum* produeixen toxines diarreiques (Garcés *et al.*, 2010). Del primer gènere es poden esmentar *D. rotundata*, *D. acuta*, *D. caudata*, *D. sacculus* i del segon, amb espècies molt bentòniques, *P. lima*,

P. rathymum —tòxics— o *P. micans* i *P. triestinum* —no tòxics— (Garcés *et al.*, 2010). Altres dinoflagel·lades presents que provoquen *blooms* són *Lingulodinium polyedrum*, *Protoceratium reticulatum*, *Karlodinium veneficum* i *K. armiger* (que provoquen mortalitats de fauna marina a les llacunes del delta de l'Ebre), *Ostreopsis* spp., *Phalacroma rotundatum*, *Gymnodinium* spp. (*G. pulchellum*, *G. litoralis*, *G. catenatum*), *Akashiwo sanguinea*, *Karenia papilionacea*, *Katodinium glaucum*, *Takayama pulchella* i *Margalefidinium polykrikoides* (Garcés *et al.*, 2010; Puigserver *et al.*, 2010). Entre les diatomees hi ha diverses espècies que formen proliferacions del gènere *Pseudonitzschia* (Quijano-Scheggia *et al.*, 2008a, 2008b i 2009; Garcés *et al.*, 2010) i *Chaetoceros* (Arin *et al.*, 2022). Les rafidofícies també poden ocasionar *blooms*, com ara *Chatonella* sp., *Fibrocapsa japonica* i *Heterosigma akashwo* (Garcés *et al.*, 2010). També hi ha espècies que formen escumes, com l'haptòfit *Phaeocystis pouchetti* (Arin *et al.*, 2014), la dinoflagel·lada *Gonyaulax fragilis* i la bacillariofícia *Pseudonitzschia calliantha* (Garcés *et al.*, 2010). A més, hi ha dinoflagel·lades bentòniques que creixen sobre macroalgues, estudiades per Vila *et al.* (2001b). Els dinoflagel·lats d'aigües salabroses a l'Empordà són semblants als d'altres indrets d'aigües confinades i d'aigües obertes, però en aquests indrets és més difícil que hi hagi proliferacions (López-Flores *et al.*, 2006).

L'estudi detallat d'aquests ambients ha permès la descripció recent d'espècies noves per a la ciència, com les diatomees *Pseudonitzschia arenysensis* (Quijano-Scheggia *et al.*, 2009) o *Chaetoceros olympicus* (Arin *et al.*, 2022) i les dinoflagel·lades *Gymnodinium litoralis* (Reñé *et al.*, 2011), *Barrufeta bravensis* (Sampedro *et al.*, 2011), *Polykrikos tanit* (Reñé *et al.*, 2014) i *Ansanella catalana* (Sampedro *et al.*, 2022).

Les macroalgues marines han rebut molta atenció i és impossible fer-ne un recull exhaustiu en una obra de recopilació com aquesta. Des dels primers treballs de Joan Joaquim Rodríguez-Femenias (1889), a Menorca, i les tesis doctorals de Camille Sauvageau (1912) i Jean Feldmann (1937a, 1937b, 1939 i 1941), a la costa de les Alberes, entre d'altres, s'ha avançat molt. Hi ha una primera llista de les espècies marines dels Països Catalans a Ballesteros *et al.* (1985) que aglutina molts treballs anteriors (entre d'altres i sense ser exhaustius: Polo, 1978; Ballesteros, 1981; Ballesteros i Romero, 1982; Ribera, 1983, 1984 i 1985), amb novetats a Ballesteros (1990a), així com una

guia d'identificació en la qual es poden trobar moltes de les espècies d'algues marines dels Països Catalans (Rodríguez-Prieto *et al.*, 2013). Posteriorment, es produeix la revisió de les algues bentòniques del País Valencià (Barceló, 1987). A banda de múltiples contribucions florístiques i revisions posteriors (Rull *et al.*, 1988; Cremades, 1989a; Ballesteros, 1992a; Sala *et al.*, 1993; Ballesteros *et al.*, 1997; Rodríguez-Prieto i Vergés, 2000 i 2001; Thibaut i Ballesteros, 2005; Vergés *et al.*, 2013; Sánchez *et al.*, 2014; Rodríguez-Prieto *et al.*, 2014; Ballesteros i Weitzmann, 2021), les llistes d'algues marines per comunitats signifiquen un gran augment en el coneixement de la distribució de les algues per comunitats (Gómez-Garreta *et al.*, 1988; Ballesteros, 1987, 1988a, 1988b, 1988c, 1989, 1990b, 1990c, 1991a, 1991b, 1992b i 1993a; Ballesteros i Romero, 1988; Rodríguez-Prieto i Polo, 1986, 1996 i 1998; Rull *et al.*, 1988; Rull i Gómez-Garreta, 1990; Chappuis *et al.*, 2014; Terradas *et al.*, 2018). En menor mesura passa també a les illes Balears (Ballesteros, 1990d, 1992c, 1993b i 1994; Rodríguez-Prieto *et al.*, 1997; Ribera *et al.*, 1997; Martí *et al.*, 2005; Joher *et al.*, 2012 i 2015; Sant *et al.*, 2017) i als Columbrets (Barberà *et al.*, 2017). Una altra font d'informació valuosa és la llista d'espècies per hàbitats que hi ha al *Manual dels hàbitats litorals de Catalunya* (Ballesteros *et al.*, 2014). Des del punt de vista taxonòmic, encara recentment es descriuen noves espècies per a la ciència, com *Leptofaucha coralligena* (Rodríguez Prieto i De Clerck, 2009), *Pyropia parva* (Sánchez *et al.*, 2014), *Neothemis ballesterosii* (Sánchez *et al.*, 2014), *Rhodymenicolax mediterraneus* (Vergés *et al.*, 2005), *Neofolia rosea* (Rodríguez-Prieto *et al.*, 2018), *Nesolia mediterranea* (Rodríguez-Prieto *et al.*, 2019) i *Halymenia ballesterosii* (Rodríguez-Prieto *et al.*, 2020).

A Ballesteros (2010) hi ha una bona actualització de les novetats que es produïen a finals de la primera dècada del segle XXI sobre els macròfits bentònics marins, tant pel que fa a la taxonomia com a la vàlua que representen com a espècies bioindicadores i el problema de les algues marines introduïdes. No repetirem aquí tot el que ja està escrit; només ens limitarem a comentar algunes novetats rellevants. Esperonats pel treball de Thibaut *et al.* (2005), on es posava de manifest l'enrarament crític de moltes comunitats de fucals a la costa de les Alberes, s'ha dut a terme un esforç extraordinari per a investigar aquestes comunitats en l'àmbit mediterrani. Als Països Catalans hi ha

estudis que descriuen la seva relació amb les característiques ambientals (Sales i Ballesteros, 2009; Pons-Fita *et al.*, 2020); en especial: la contaminació (Sales *et al.*, 2011; Caralt *et al.*, 2020), l'herbivorisme (Vergés *et al.*, 2009), la seva vulnerabilitat als efectes catastròfics (Navarro *et al.*, 2011) i al reescalfament (Capdevila *et al.*, 2019; Verdura *et al.*, 2021), la seva facilitació per a l'acidificació (Linares *et al.*, 2015), les relacions amb la llum (Sant i Ballesteros, 2021; Ballesteros i Sant, 2022), la seva recessió (Mariani *et al.*, 2019), la seva demografia (Capdevila *et al.*, 2016), el reclutament (Capdevila *et al.*, 2015), la dispersió (Capdevila *et al.*, 2018), les dinàmiques estacionals (Sales i Ballesteros, 2012) i la biogeografia (Sales *et al.*, 2012). Aquesta sensibilitat de les fucals per les característiques ambientals i, particularment, per la contaminació de l'aigua, les ha fet importants en la valoració de la qualitat de l'aigua (Ballesteros *et al.*, 2007b; Arévalo *et al.*, 2007; Pinedo *et al.*, 2007, 2013 i 2015).

L'antic gènere *Cystoseira*, atès el seu rol estructural rellevant, ha estat dividit en tres gèneres (Orellana *et al.*, 2019; Molinari-Novoa i Guiry, 2020; Neiva *et al.*, 2023): *Cystoseira*, *Gongolaria* i *Ericaria*. Les algues fucals, principalment constituïdes per membres de l'antic gènere *Cystoseira* a la Mediterrània, i alguns membres del gènere *Sargassum*, són espècies vulnerables i, com a tals, mereixen un estatus de protecció. Protegides pel Conveni de Barcelona, a Catalunya gairebé totes les fucals estan incloses al Catàleg de flora amenaçada de Catalunya (DOGC, Resolució ACC/3929/2023, de 20 de novembre). Catalogades en perill d'extinció hi ha les fucals *Cystoseira aurantia*, *C. foeniculacea*, *Ericaria crinita*, *Gongolaria algeriensis*, *G. barbata*, *G. montagnei*, *G. squarrosa* i *Sargassum trichocarpum*. Entre les vulnerables hi ha *Cystoseira caespitosa*, *Ericaria balearica*, *E. mediterranea*, *E. zosteroides*, *Gongolaria elegans*, *G. sauvageauana*, *G. usneoides* i *Sargassum vulgare*. El Catàleg de flora amenaçada de Catalunya considera també espècies d'altres grups. Catalogades en perill d'extinció hi ha la feofícia *Laminaria rodriguezii* i els rodòfits *Gymnogongrus crenulatus* i *Lithophyllum woelkerlingii*. Catalogades com a vulnerables hi ha les feofícies *Cutleria multifida* i *Phyllariopsis brevipes* i les rodofícies *Gymnogongrus griffithsiae*, *Kallymenia patens*, *Lithophyllum byssoides*, *L. dentatum*, *Lithothamnion corallioides*, *L. valens*, *Microcladia glandulosa*, *Nemastoma dichotomum*, *Phymatolithon calcareum*, *Schmitzia neapolitana* i *Verlaquea lacerata*. Si aquesta llista d'espècies

s'hagués de fer incloent-hi la resta dels Països Catalans, faltaria afegir-hi algunes espècies absents a Catalunya. En perill d'extinció s'hi haurien de sumar les fucals *Sargassum acinarium*, *S. hornschurchii* i *Ericaria funkii* i el rodòfit *Felcinia spathulata*. I, com a espècies vulnerables, caldria afegir-hi, almenys, les fucals *Gongolaria abies-marina*, *Ericaria amenacea* i *Cystoseira pustulata*, el cloròfit *Valonia aegagropila* i els rodòfits *Chondrymenia lobata*, *Thuretella schousboei*, *Aeodes marginata*, *Alsidium helminthochorton*, *Sphaerococcus rhizophylloides*, *Rodriguezella bornetii* i *R. ligulata*.

Pel que fa a la conservació de les comunitats que formen les algues fucals s'estan produint esforços per a restaurar algunes d'aquestes comunitats, en especial les de *Gongolaria barbata*, espècie extremament rara i vulnerable als Països Catalans (Verdura *et al.*, 2018; Gran *et al.*, 2022; Galobart *et al.*, 2023). A la Costa Brava s'observen canvis espectaculars en algunes comunitats deguts a la desaparició d'espècies que eren abundants ara fa uns anys, com *Codium vermilara* (Ricart *et al.*, 2018), i a la proliferació d'espècies de fucals (Medrano *et al.*, 2020a i 2020b). A les illes Balears s'estan observant també canvis notables en la biodiversitat, aquí lligats a la proliferació d'espècies introduïdes, però no només (Hierro *et al.*, 2024). Tot això serveix per a recordar-nos la necessitat dels seguiments biològics a mitjà i a llarg termini si es vol assolir un bon coneixement del funcionament dels ecosistemes. Aquests canvis s'atribueixen sobretot a l'escalfament de l'aigua (p. ex., Hereu i Kersting, 2016), però també a la disminució de la contaminació (Pinedo *et al.*, 2013; Ricart *et al.*, 2018) o a la proliferació de garotes (Sala *et al.*, 1998; Hereu *et al.*, 2008).

En relació amb espècies d'algues invasores hi ha novetats respecte a la llista de Ballesteros (2010). Com a més remarcables, cal esmentar *Halimeda incrassata* (Alòs *et al.*, 2016), *Batophora occidentalis* var. *largoensis* (Ballesteros, 2020; Forteza *et al.*, 2024), *Rugulopteryx okamurae* (Terradas *et al.*, 2023), *Chrysothamnium taylori* (Ballesteros *et al.*, 2020) i *Chrysonophos lewisii* (Ballesteros i Garrabou, 2023). Així mateix, s'ha publicat una revisió de les espècies invasores a Catalunya (Garcia *et al.*, 2016). Estudis recents han demostrat la coespecificitat entre *Lophocladia lallemandii* i *L. trichoclados* (Golo *et al.*, 2023, 2024a i 2024b), en què l'epítet *L. trichoclados* és vàlid. *Lophocladia* pot arribar a eliminar feixos de *Posidonia oceanica* (Ballesteros *et al.*, 2007b) i pot te-

nir un efecte important sobre les comunitats algals (Cebrian i Ballesteros, 2007 i 2010a). Les dinàmiques estacionals de les invasions poden ser diferents segons l'espècie (Cebrian i Ballesteros, 2009 i 2010b). També hi ha seguiment d'algues invasores a diferents espais dels Països Catalans (Garcia *et al.*, 2016; Cefali *et al.*, 2022). Des del punt de vista ecològic, ha augmentat el nombre d'estudis (vegeu-ne la revisió a Cebrian *et al.*, 2022) per a explicar el com i el perquè de les invasions, així com els mecanismes naturals que tenen els hàbitats per a lliurar-se'n o minimitzar-les (Ballesteros *et al.*, 2007b; Cebrian i Ballesteros, 2009; Cebrian *et al.*, 2011 i 2018; Tomas *et al.*, 2011; Kersting *et al.*, 2014; Santamaría *et al.*, 2021a, 2021b i 2022).

No hi ha dades fidels sobre quantes algues hi ha a les aigües marines dels Països Catalans, però una estimació aproximada podria ser unes 2.500, en què els grups principals són les diatomees o bacillariofícies (entre 750 i 800), les dinoflagel·lades (al voltant de 700) i els rodòfits (unes 360). Altres grups importants són les feofícies i les briopsidofícies, amb un centenar llarg d'espècies cadascun. Cal considerar que aquesta diversitat és lluny, encara, de ser completament coneguda i el nombre d'espècies totals podria ser molt superior, sobretot, la de les espècies unicel·lulars. Considerant totes les algues (aèries, d'aigües continentals salabroses i marines) i exclouent-ne els cianobacteris, clàssicament considerats com a algues, la biodiversitat és molt rellevant (al voltant de 4.500 tàxons), superior, doncs, a la dels cor-mòfits. Per tant, el polimòrfic i polifilètic grup de les «algues» és un bastió important de la biodiversitat d'organismes fotosintètics dels Països Catalans.

Finalment, a partir del treball bibliogràfic que hem fet per a escriure aquest article, val a dir que la recerca en estudis sobre la biodiversitat de les algues als Països Catalans ha crescut en els darrers anys. L'estudi de les algues que viuen en el medi terrestre no ha existit mai i el de les aigües continentals ha disminuït des dels treballs inicials de Ramon Margalef i, posteriorment, Jaume Cambra. L'estudi de la biodiversitat del fitoplàncton marí iniciat també per Margalef s'ha focalitzat actualment en les proliferacions massives de microalgues. En l'àrea del macrofitobentos, els treballs florístics —llevat dels referents a la taxonomia d'alguns grups de rodòfits— han deixat pas a estudis de caire més ecològic en què, cada cop més, la biodiversitat té un paper menys important. En la nostra opinió, la pèrdua de compe-

titivitat investigadora dels científics dedicats a la taxonomia i el desprestigi actual d'aquesta especialitat enfront d'altres recerques amb resultats més immediats i focalitzades a entendre

els processos mateixos més que els actors d'aquests processos, en podrien ser la causa. Potser en un futur, mètodes com la seqüenciació massiva, iniciada tímidament en els Països

Catalans (p. ex., Antich *et al.*, 2021; Sampedro *et al.*, 2022) podran rellevar els estudis clàssics i iniciar una nova etapa en l'anàlisi de la biodiversitat.

Bibliografia

- ALÓS, J. [et al.] (2016). «Fast-spreading green beds of recently introduced *Halimeda incrassata* (Bryopsidales, Chlorophyta) invade Mallorca island (NW Mediterranean Sea)». *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 558: 153-158.
- ANTICH, A. [et al.] (2021). «Marine biomonitoring with eDNA: Can metabarcoding of water samples cut it as a tool for surveying benthic communities?». *Mol. Ecol.*, 30: 3175-3188.
- ARÉVALO, R. [et al.] (2007). «Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae». *Mar. Poll. Bull.*, 55: 104-113.
- ARIN, L. [et al.] (2014). «Foam events due to a *Phaeocystis* bloom along the Catalan coast (NW Mediterranean)». *Harmful Algae News*, 48: 14-15.
- (2022). «Taxonomic relationship between two small-sized *Chaetoceros* species (Bacillariophyta): *C. tenuissimus* and *C. salsugineus*, and comparison with *C. olympicus* sp. nov. from Catalan coastal waters (NW Mediterranean)». *Eur. J. Phycol.*, 57: 277-296.
- BALLESTEROS, E. (1981). «Contribució al coneixement algològic de la Mediterrània espanyola: algues bentòniques i litorals de Tossa de Mar (Girona)». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 46: 55-73.
- (1987). «Estructura i dinàmica del poblament algal de les fulles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile als herbeis de Tossa de Mar (Girona)». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 54: 13-30.
- (1988a). «Composición y estructura de la comunidad infralitoral de *Corallina elongata* Ellis & Solander de la Costa Brava (Mediterráneo Occidental)». *Inv. Pesq.*, 52: 135-151.
- (1988b). «Estructura y dinámica de la comunidad de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau en el Mediterráneo Noroccidental». *Inv. Pesq.*, 52: 135-151.
- (1988c). «Composición y estructura de los fondos de *maërl* de Tossa de Mar (Gerona, España)». *Coll. Bot.*, 17: 161-182.
- (1989). «Estructura y dinámica de la comunidad infralitoral de *Codium vermilara* (Oliv.) Delle Chiaje de la Costa Brava (Mediterráneo Occidental)». *Anal. Biol.*, 19: 73-90.
- (1990a). «Check list of benthic marine algae from Catalonia (Northwestern Mediterranean)». *Treb. Inst. Bot. Barcelona*, 13: 1-53.
- (1990b). «Structure and dynamics of the *Cystoseira caespitosa* Sauvageau (Fuciales, Phaeophyceae) community in the North-Western Mediterranean». *Sci. Mar.*, 54: 155-168.
- (1990c). «Structure and dynamics of the *Cystoseira zosteroides* Sauvageau (Fuciales, Phaeophyceae) community in the North-Western Mediterranean». *Sci. Mar.*, 54: 217-229.
- (1990d). «Els herbeis de *Caulerpa prolifera* (Forsskal) Lamouroux de la badia de Pollença (Mallorca, Mediterrània Occidental)». *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 99-116.
- (1991a). «Structure of a deep water community of *Halimeda tuna* (Chlorophyceae, Caulerpales) from the Northwestern Mediterranean». *Coll. Bot.*, 20: 5-21.
- (1991b). «Structure and dynamics of the community of *Rissoella verruculosa* (Bertoloni) J. Agardh (Gigartinales, Rhodophyceae) in the North-Western Mediterranean». *Sci. Mar.*, 55: 439-451.
- (1992a). «Contribució al coneixement algològic de la Mediterrània espanyola, IX. Espècies interessants de les Illes Balears». *Fol. Bot. Misc.*, 8: 77-102.
- (1992b). *Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. 616 p. (Arxius de les Seccions de Ciències; CI)
- BALLESTEROS, E. (1992c). «Els fons rocosos profunds amb *Osmundaria volubilis* (Linné) R. E. Norris a les Balears». *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 35: 33-50.
- (1993a). «Species composition and structure of a photophilic algal community dominated by *Halopteris scoparia* (L.) Sauvageau from the North-Western Mediterranean». *Coll. Bot.*, 22: 5-24.
- (1993b). «Algues bentòniques i fanerògames marines». A: ALCOVER, A.; BALLESTEROS, E.; FORNÓS, J. J. (ed.). *Història natural de l'arxipèlag de Cabrera*, 503-530. Palma de Mallorca: CSIC: Moll. (Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears; 2)
- (1994). «The deep-water *Peyssonnelia* beds from the Balearic Islands (Western Mediterranean)». *P.S.Z.N.I. Mar. Ecol.*, 15: 233-253.
- (2010). «Les algues marines». A: FOLCH, R. (dir.). *Història natural dels Països Catalans*. Vol. 17: *Fauna i flora*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, 103-107.
- (2020). «On the presence of a species of *Batophora* J. Agardh, 1854 (Chlorophyta: Dasycladales) in Formentera, Balearic Islands». *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 63: 109-117.
- BALLESTEROS, E. [et al.] (1985). «Catàleg de les espècies d'algues marines bentòniques dels Països Catalans». A: FOLCH, R. (dir.). *Història natural dels Països Catalans*. Vol. 4: *Plantes inferiors*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, 313-329.
- (1997). «Contribució al coneixement algològic de la Mediterrània espanyola, X». *Acta Bot. Barcin.*, 44: 29-37.
- (2007a). «Mortality of shoots of *Posidonia oceanica* following meadow invasion by the red alga *Lophocladia lallemandii*». *Bot. Mar.*, 50: 8-13.
- (2007b). «A new methodology based on littoral community cartography for the implementation of the European Water Framework Directive». *Mar. Poll. Bull.*, 55: 172-180.
- (2014). *Manual dels hàbitats litorals a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. 251 p.
- (2020). «El bentos dels fons infralitorals». A: GRAU, A. M.; FORNÓS, J. J.; MATEU, G.; OLIVER, P. A.; TERRASSA, B. (ed.). *Arxipèlag de Cabrera: Història natural*, 217-240. (Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears; 30)
- BALLESTEROS, E.; GARRABOU, J. (2023). «Detection of *Chrysonephos lewisii* (W. R. Taylor) W. R. Taylor (Pelagophyceae: Sarcinochrysidales) in northern Catalonia (Northwestern Mediterranean)». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 87: 139-141.
- BALLESTEROS, E.; ROMERO, J. (1982). «Catàleg de las algas bentónicas (con exclusión de las diatomeas) de la costa catalana». *Coll. Bot.*, 13: 723-765.
- (1988). «Zonation patterns in tideless environments (Northwestern Mediterranean): Looking for discontinuities in species distributions». *Inv. Pesq.*, 52: 595-616.
- BALLESTEROS, E.; SANT, N. (2022). «Homogeneity of photosynthetic features in canopy-forming macroalgae of the order Fuciales from shallow and sheltered environments». *Crypt. Algol.*, 43: 107-115.
- BALLESTEROS, E.; WEITZMANN, B. (2021). «On the presence of a small population of *Sargassum trichocarpum* J. Agardh (Phaeophyceae: Fuciales) in Catalonia (Northwestern Mediterranean)». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 85: 83-85.
- BARBERÀ, C. [et al.] (2017). «Maërl beds inside and outside a 25 years old no-take area». *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 572: 77-90.
- BARCELÓ, M. C. (1987). *Estudi de la flora bentònica marina del País Valencià*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- CAMBRA, J. (1993). «Contribució al coneixement de les algues epilítiques en llacunes litorals». *Coll. Bot.*, 22: 25-38.
- CAMBRA, J. (2010a). «Chrysophytes from some lakes and peat bogs in the eastern Pyrenees, Catalonia, Spain». *Biologia*, 65: 577-586.
- (2010b). «Flora i biodiversitat de les aigües continentals». A: FOLCH, R. (dir.). *Història natural dels Països Catalans*. Vol. 17: *Fauna i flora*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, 98-99.
- (2010c). «Espècies i comunitats amenaçades d'aigües continentals». A: FOLCH, R. (dir.). *Història natural dels Països Catalans*. Vol. 17: *Fauna i flora*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, 97-103.
- (2015). «Micro-scale distribution of algae in a Pyrenean peat bog, Spain». *Hidrobiològica*, 25: 213-222.
- CAMBRA, J. [et al.] (2018). *Manual dels hàbitats de Catalunya*. Vol. III: 2. *Aigües continentals*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. 170 p.
- CAMBRA, J.; DOMÍNGUEZ-PAÑELLA, A. (1990). «Datos para el estudio de las algas filamentosas en arrozales de l'Alt Empordà (Girona, NE de España)». *Sci. Gerund.*, 16: 43-53.
- CAMBRA, J.; FLOR-ARNAU, N. (2010). «Algues continentals introduïdes o invasores». A: FOLCH, R. (dir.). *Història natural dels Països Catalans*. Vol. 17: *Fauna i flora*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, 97-101.
- CAPDEVILA, P. [et al.] (2015). «Recruitment patterns in the Mediterranean deep-water alga *Cystoseira zosteroides*». *Mar. Biol.*, 162: 1165-1174.
- (2016). «Unravelling the natural dynamics and resilience patterns of underwater Mediterranean forests: Insights from the demography of the brown alga *Cystoseira zosteroides*». *J. Ecol.*, 104: 1799-1808.
- (2018). «Effective dispersal and density-dependence in mesophotic macroalgal forests: Insights from the Mediterranean species *Cystoseira zosteroides*». *PLOS One*, 13: e0191346.
- (2019). «Warming impacts on early life stages increase the vulnerability and delay the population recovery of a long-lived habitat-forming alga». *J. Ecol.*, 107: 1129-1140.
- CARALT, S. de [et al.] (2020). «Differential effects of pollution on adult and recruits of a canopy-forming alga: Implications for population viability under low pollutant levels». *Sci. Rep.*, 10: 17825.
- CEBRAN, E.; BALLESTEROS, E. (2007). «Invasion of the alien species *Lophocladia lallemandii* in Eivissa-Formentera (Balearic Islands)». A: PERGENT-MARTINI, C.; EL ASMÍ, S. (ed.). *Proceedings of the Third Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Marsella, 27-29 març 2007)*. Tunis: Le Ravallec: RAC/SPA, 34-41C.
- (2009). «Temporal and spatial variability in shallow and deep-water populations of the invasive *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the Western Mediterranean». *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 83: 469-474.
- (2010a). «Invasion susceptibility of Mediterranean rocky benthic assemblages to red alga *Lophocladia lallemandii* (Montagne) F. Schmitz». A: EL ASMÍ, S.; LANGAR, H.; BELGACEM, W. (ed.). *Proceedings of the Fourth Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Yasmine-Hammamet, 2-4 desembre 2010)*. Tunis: RAC/SPA, 37-42.
- (2010b). «Invasion of Mediterranean benthic assemblages by red alga *Lophocladia lallemandii* (Montagne) F. Schmitz: Depth-related temporal variability in biomass and phenology». *Aquat. Bot.*, 92: 81-85.
- CEBRAN, E. [et al.] (2011). «Do native herbivores provide resistance to Mediterranean marine bioinvasions? A seaweed example». *Biol. Inv.*, 13: 1397-1408.
- (2018). «Biodiversity influences invasion success of a facultative epiphytic seaweed in a marine forest». *Biol. Inv.*, 20: 2839-2848.
- (2022). «Tot el que hem après durant 20 anys d'estudi de les macroalgues marines invasores a Balears». A:

- PONS, G. X.; VALLE, L. del; McMINN, M.; PINYA, S.; VICENS, D. (ed.). *Llibre de ponències i comunicacions de les VIII Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears*. Palma: Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB): Universitat de les Illes Balears (UIB), 29-35.
- CEPALI, M. E. [et al.] (2022). «Programa de seguimiento científico de la Estación de Investigación "Jaume Ferrer": Evolución temporal de la cobertura de algas exóticas potencialmente invasoras». A: PONS, G. X.; VALLE, L. del; McMINN, M.; PINYA, S.; VICENS, D. (ed.). *Llibre de ponències i comunicacions de les VIII Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears*. Palma: Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB): Universitat de les Illes Balears (UIB), 184-187.
- CHAPPUIS, E. [et al.] (2014). «Vertical zonation is the main distribution pattern of littoral assemblages on rocky shores at a regional scale». *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 147: 113-122.
- COMELLES, M. (1982). *Noves localitats i revisió de la distribució de les espècies de caròfits a Espanya*. Tesis de llicenciatura. Barcelona: Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia.
- COMÍN, F. A. [et al.] (1994). «Introducció a l'estudi limnològic dels Aiguamolls de l'Empordà». A: GOSÁLBEL, J.; SERRA, J.; VELASCO, E. (ed.). *Els sistemes naturals dels aiguamolls de l'Empordà*, 249-271. (Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural; 13)
- CREMADES, J. (1989). «Apuntes sobre la vegetación bentónica marina de las islas Baleares. I. Novedades florísticas para la isla de Mallorca». *Anal. Jard. Bot. Madrid*, 46: 149-152.
- DELGADO, M. (1986). *Ecología de las diatomeas costeras: relación plancton-bentos*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 291 p.
- (1987). «Fitoplancton de las bahías del delta del Ebro». *Inv. Pesq.*, 51: 517-548.
- (1989). «Abundance and distribution of microphytobenthos in the bays of Ebro Delta». *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 29: 183-194.
- DELGADO, M. [et al.] (1990). «Development of a toxic *Alexandrium minutum* Halim (Dinophyceae) bloom in the harbour of Sant Carles de la Ràpita (Ebro Delta, northwestern Mediterranean)». *Sci. Mar.*, 54: 1-7.
- DELGADO, M.; FORTUÑO, J. M. (1991). «Atlas de fitoplancton del mar Mediterráneo». *Sci. Mar.*, 55 (S1): 1-133.
- ESTRADA, M. (1991). «Phytoplankton assemblages across a NW Mediterranean front: Changes from winter mixing to spring stratification». A: ROS, J. D.; PRAT, N. (ed.). *Homage to Ramon Margalef: Or why there is such a pleasure in studying nature*. *Oecologia Aquatica*, 10: 157-185.
- ESTRADA, M. [et al.] (1999). «Spatio-temporal variability of the winter phytoplankton distribution across the Catalan and North Balearic Islands». *J. Plank. Res.*, 21: 1-20.
- ESTRADA, M.; SALAT, J. (1989). «Phytoplankton assemblages of deep and surface water layers in a Mediterranean frontal zone». *Sci. Mar.*, 53: 203-214.
- FELDMANN, J. (1937a). «Les algues marines de la côte des Albères. I-III. Cyanophycées, Chlorophycées, Phaeophycées». *Rev. Algol.*, 9: 141-335.
- (1937b). *Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée: La côte des Albères*. Rouen: Wolf.
- (1939). «Les algues marines de la côte des Albères. IV. Rhodophycées». *Rev. Algol.*, 11: 247-330.
- (1941). «Les algues marines de la côte des Albères. IV. Rhodophycées (suite)». *Rev. Algol.*, 12: 77-100.
- FELIP, M. [et al.] (1999a). «Microbial plankton assemblages, composition and biomass, during two ice-free periods in a deep high mountain lake (Estany Redó, Pyrenees)». *J. Limnol.*, 58: 193-202.
- (1999b). «Temporal changes of microbial assemblages in the ice and snow cover of a high mountain lake». *Limnol. Oceanogr.*, 44: 973-987.
- (2002). «Microbial communities in the winter cover and the water column of an alpine lake: System connectivity and uncouplings». *Aquat. Microb. Ecol.*, 29: 123-134.
- FORTEZA, V. [et al.] (2024). «Invasion of *Batophora* J. Agardh, 1854 (Chlorophyta: Dasycladaceae) in Formentor, Balearic Islands». *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 67: 67-74.
- GALOBART, C. [et al.] (2023). «Addressing marine restoration success: Evidence of species and functional diversity recovery in a ten-year restored macroalgal forest». *Frontiers Mar. Sci.*, 10: 1176655.
- GARCÉS, E. (1998). *Proliferacions de dinoflagel·lades a la costa catalana: estudi del creixement in situ i adaptacions per al manteniment*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- GARCÉS, E. [et al.] (1998). «Life history and in situ growth rates of *Alexandrium taylori* (Dinophyceae, Pyrrophyta)». *J. Phycol.*, 34: 880-887.
- (1999a). «In situ growth rate and distribution of the ichthyotoxic dinoflagellate *Gyrodinium corsicum* Paulmier in an estuarine embayment». *J. Plank. Res.*, 21: 1977-1991.
- (1999b). «A recurrent and localized dinoflagellate bloom in a Mediterranean beach». *J. Plank. Res.*, 21: 2373-2391.
- (2010). «Proliferacions de fitoplànton a la zona costanera». A: FOLCH, R. (dir.). *Història natural dels Països Catalans*. Vol. 17: Fauna i flora. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, 108-110.
- GARCÍA, M. [et al.] (2016). «First report on the distribution and impact of marine alien species in coastal benthic assemblages along the Catalan coast». A: MUNNÉ, A.; GINEBREDÀ, A.; PRAT, N. (ed.). *Experiences from ground, coastal and transitional water quality monitoring: The EU Water Framework Directive implementation in the Catalan river basin district (Part II)*. Cham: Springer International Publishing, 249-270. (The Handbook of Environmental Chemistry; 43)
- GOLO, R. [et al.] (2023). «Implications of taxonomic misidentification for future invasion predictions: Evidence from one of the most harmful invasive marine algae». *Mar. Poll. Bull.*, 191: 114970.
- (2024a). «Phylogenetic analysis of invasive genus *Lophocladia* (Rhodomelaceae, Rhodophyta) reveals synonymy of *L. lallemandii* with *L. trichoclados* and first record of *L. kuetzingii* in the NE Atlantic». *Eur. J. Phycol.*, 59: 112-126.
- (2024b). «The role of species thermal plasticity for alien species invasibility in a changing climate: A case study of *Lophocladia trichoclados*». *Mar. Env. Res.*, 200: 106642.
- GOMÀ, J. [et al.] (2005). «Diatom communities and water quality assessment in mountain rivers of the upper Segre basin (La Cerdanya, Oriental Pyrenees)». *Hydrobiologia*, 551: 209-225.
- GÓMEZ-GARRETA, A. [et al.] (1988). «Aportació al conocimiento de la comunidad de *Cystoseira caespitosa* en el Cabo de Creus». *Actas IV Simp. Nac. Bot. Criptog.*, 43-56.
- GRAN, A. [et al.] (2022). «Assessing the expansion and success of a restored population of *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze (Fucales, Phaeophyceae) using high precision positioning tools and size distribution frequencies». *Med. Mar. Sci.*, 23: 907-916.
- GUIRY, M. D. (2024). «How many species of algae are there? A reprise. Four kingdoms, 14 phyla, 63 classes and still growing». *J. Phycol.*, 60: 214-228.
- HEREU, B.; KERSTING, D. K. (2016). «Diseases of coralline algae in the Mediterranean Sea». *Coral Reefs*, 35: 713.
- HEREU, B. [et al.] (2008). «Multiple controls of community structure and dynamics in a sublittoral environment». *Ecology*, 89: 3423-3435.
- HERRERA, J. [et al.] (1955). «Fitoplancton de las costas de Castellón durante el año 1953». *Inv. Pesq.*, 1: 17-29.
- HERRERA, J.; MARGALEF, R. (1957). «Hidrografía y fitoplancton de las costas de Castellón, de julio de 1956 a junio de 1957». *Inv. Pesq.*, 10: 17-44.
- (1961). «Hidrografía y fitoplancton de las costas de Castellón, de julio de 1958 a junio de 1959». *Inv. Pesq.*, 20: 17-63.
- (1963a). «Hidrografía y fitoplancton de las costas de Castellón, de julio de 1959 a junio de 1960». *Inv. Pesq.*, 22: 49-109.
- (1963b). «Hidrografía y fitoplancton de la costa comprendida desde Castellón a la desembocadura del Ebro, de julio de 1960 a junio de 1961». *Inv. Pesq.*, 24: 33-112.
- HIERRO, A. [et al.] (2024). «On the presence of an unexpected meadow of *Penicillus capitatus* Lamarck (Bryopsidales: Chlorophyta) in Mallorca, Balearic Islands, Western Mediterranean». *Med. Mar. Sci.*, 25: 279-286.
- JOHER, S. [et al.] (2012). «Deep-water macroalgal-dominated coastal detritic habitats on the continental shelf off Mallorca and Menorca (Balearic Islands, Western Mediterranean)». *Bot. Mar.*, 55: 485-497.
- JOHER, S. [et al.] (2015). «Contribution to the study of deep coastal detritic bottoms: The algal communities of the continental shelf off the Balearic Islands, Western Mediterranean». *Med. Mar. Sci.*, 16: 573-590.
- KERSTING, D. K. [et al.] (2014). «Invasive macrophytes in a Marine Reserve (Columbretes Islands, NW Mediterranean): Spread dynamics and interaction with the endemic scleractinian coral *Cladocora caespitosa*». *Biol. Inv.*, 16: 1599-1610.
- LINARES, C. [et al.] (2015). «Persistent natural acidification drives major distribution shifts in marine benthic ecosystems». *Proc. Royal Soc. B: Biol. Sci.*, 282: 20150587.
- LÓPEZ-FLORES, R. [et al.] (2006). «Comparative composition and dynamics of harmful dinoflagellates in Mediterranean saltmarshes and nearby external marine waters». *Harmful Algae*, 5: 637-648.
- LLEBOT, C. [et al.] (2011). «Hydrographical forcing and phytoplankton variability in two semi-enclosed estuarine bays». *J. Mar. Syst.*, 86: 69-86.
- LLIMONA, X. [et al.] (1985). *Història natural dels Països Catalans*. Direcció de R. Folch. Vol. 4: *Plantes inferiors*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana. 558 p.
- MARGALEF, R. (1945). *Fitoplancton nerítico de la Costa Brava catalana*. Barcelona: Instituto de Estudios Mediterráneos.
- (1946). *Fitoplancton nerítico estival de Cadaqués (Mediterráneo catalán)*. Barcelona: Instituto de Biología Aplicada.
- (1948a). *Flora, fauna y comunidades bióticas de las aguas del Pirineo de la Cerdania*. Saragossa: Instituto de Estudios Pirenaicos.
- (1948b). «Materiales para una flora de las algas del NE de España. II. Chrysophyceae, Heterocontae, Dinophyceae, Eugleninae». *Coll. Bot.*, 2: 99-130.
- (1948c). «Le phytoplancton estival de la "Costa Brava" catalane en 1946». *Hydrobiologia*, 1: 15-21.
- (1949a). *La vida en los lagos de montaña de los Pirineos*. Saragossa: Instituto de Estudios Pirenaicos.
- (1949b). «Las asociaciones de algas en las aguas dulces de pequeño volumen del NE de España». *Vegetatio*, 1: 258-284.
- (1949c). «Materiales para una flora de las algas del NE de España, IIIa, Eulichlorophyceae». *Coll. Bot.*, 2: 233-250.
- (1951a). «Regiones limnológicas de Cataluña y ensayo de sistematización de las asociaciones de algas». *Coll. Bot.*, 3: 43-67.
- (1951b). «Plancton recogido por los laboratorios costeros, III.- Fitoplancton de las costas de Castellón durante el año 1950». *Publ. Inst. Biol. Aplic.*, 9: 49-62.
- (1954a). «Materiales para una flora de las algas del NE de España. IVa. Bacillariophyta». *Coll. Bot.*, 4: 53-79.
- (1954b). «Materiales para una flora de las algas del NE de España. IVb. Bacillariophyta». *Coll. Bot.*, 4: 183-201.
- (1955a). «Materiales para una flora de las algas del NE de España. VI. Desmidiaceae, Rhodophyceae». *Coll. Bot.*, 4: 319-329.
- (1955b). *Los organismos indicadores en limnología*. Madrid: Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Ministerio de Agricultura. 300 p.
- (1957a). «Materiales para una flora de las algas del NE de España. VII. Suplemento». *Coll. Bot.*, 5: 353-365.
- (1957b). «Fitoplancton de las costas de Blanes (Gerona) de agosto de 1952 a junio de 1956». *Inv. Pesq.*, 8: 89-95.
- (1958). «Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton». A: BUZZATTI-TRAVERSO, A. A. (ed.). *Perspectives in marine biology*, 323-359.
- (1964). «Fitoplancton de las costas de Blanes (provincia de Gerona, Mediterráneo Occidental) de julio de 1959 a junio de 1963». *Inv. Pesq.*, 26: 131-164.
- (1965). «Distribución ecológica de las especies del fitoplancton marino en un área del Mediterráneo Occidental». *Inv. Pesq.*, 28: 117-131.
- (1969). «Composición específica del fitoplancton de la costa catalano-levantina (Mediterráneo Occidental) en 1962-1967». *Inv. Pesq.*, 33: 345-380.
- (1978). «Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment». *Oceanol. Acta*, 1: 493-509.
- MARGALEF, R. [et al.] (1954). «Plancton recogido por los laboratorios costeros, VIII. Fitoplancton de las costas

- de Castellón durante el año 1952». *Publ. Inst. Biol. Aplic.*, 17: 87-100.
- MARGALEF, R. [et al.] (1957). «Fitoplancton de las costas de Castellón, de enero de 1955 a junio de 1956». *Inv. Pesq.*, 7: 3-31.
- (1959). «Hidrografía y fitoplancton de las costas de Castellón, de julio de 1957 a junio de 1958». *Inv. Pesq.*, 15: 3-38.
- (1976). *Limnología de los embalses españoles*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas. 422 p.
- (1982). «Phytoplankton composition and distribution as an expression of properties of reservoirs». *Can. Water Res. J.*, 7: 26-50.
- MARGALEF, R.; BLASCO, D. (1970). «Influencia del puerto de Barcelona sobre el fitoplancton de las áreas vecinas. Una mancha de plancton de gran densidad, con dominancia de *Thalassiosira*, observada en agosto de 1969». *Inv. Pesq.*, 34: 575-580.
- MARGALEF, R.; ESTRADA, M. (1987). «Synoptic distribution of summer microplankton (Algae and Protozoa) across the principal front in the Western Mediterranean». *Inv. Pesq.*, 51: 121-140.
- MARGALEF, R.; HERRERA, J. (1964). «Hidrografía y fitoplancton de la costa comprendida desde Castellón y la desembocadura del Ebro, de julio de 1961 a junio de 1962». *Inv. Pesq.*, 26: 49-90.
- MARGALEF, R.; MORALES, E. (1960). «Fitoplancton de las costas de Blanes (Gerona), de julio de 1956 a junio de 1959». *Inv. Pesq.*, 16: 3-31.
- MARIANI, S. [et al.] (2019). «Past and present of Fucales from shallow and sheltered shores in Catalonia». *Reg. Stud. Mar. Sci.*, 32: 100824.
- MARTÍ, R. [et al.] (2005). «Seasonal variation in the structure of three algal communities in various light conditions». *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 64: 613-622.
- MASSUTÍ, M.; MARGALEF, E. (1950). *Introducción al estudio del plancton marino*. Madrid: Patronato Juan de la Cierva.
- MEDRANO, A. [et al.] (2020a). «From marine deserts to algal beds: *Treptacantha elegans* revegetation to reverse stable degraded ecosystems inside and outside a no-take marine reserve». *Restor. Ecol.*, 28: 632-644.
- (2020b). «Long term monitoring of temperate macroalgal assemblages inside and outside a marine protected area». *Mar. Environ. Res.*, 153: 104826.
- MOLINARI-NOVOA, E.; GUIRY, M. D. (2020). «Reinstatement of the genera *Gongolaria* Boehmer and *Ericaria* Stackhouse (Sargassaceae, Phaeophyceae)». *Notul. Alg.*, 172: 1-10.
- NAVARRO, L. [et al.] (2011). «Spatial and temporal variability on deep-water algal assemblages in the Northwestern Mediterranean: Insights into the effects of an exceptional storm». *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 95: 52-58.
- NEIVA, J. [et al.] (2023). «A DNA barcode approach to *Cystoseira* s. l. (Phaeophyceae) diversity reveals cryptic diversity, taxonomic conflict and novel biogeographical insights». *Eur. J. Phycol.*, 58: 351-375.
- ORELLANA, S. [et al.] (2019). «Diversity of *Cystoseira* sensu lato (Fucales, Phaeophyceae) in the eastern Atlantic and Mediterranean based on morphological and DNA evidence, including *Carpodesmia* gen. emend. and *Treptacantha* gen. emend.». *Eur. J. Phycol.*, 54: 447-465.
- PEKSA, O. [et al.] (2022). «The guilds in green algal lichens—an insight into the life of terrestrial symbiotic communities». *FEMS Microb. Ecol.*, 98: fiac008.
- PINEDO, S. [et al.] (2007). «Rocky-shore communities as indicators of water quality: A case study in the Northwestern Mediterranean». *Mar. Poll. Bull.*, 55: 126-135.
- (2013). «Long term changes in sublittoral macroalgal assemblages related to water quality improvements». *Bot. Mar.*, 56: 461-469.
- (2015). «Seasonal dynamics of upper sublittoral assemblages in Mediterranean rocky shores along a eutrophication gradient». *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 161: 93-101.
- PLA, S. (1999). *Chrysophycean cysts from the Pyrenees and their applicability as palaeoenvironmental indicators*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- PLA-RABÉS, S.; CATALAN, J. (2018). «Diatom species variation between lake habitats: Implications for interpretation of paleolimnological records». *J. Paleolimn.*, 60: 169-187.
- POLO, L. (1978). *Estudio sobre las algas bentónicas de la costa catalana*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- PONS-FITA, A. [et al.] (2020). «Coexistence of reef-building coral *Cladocora caespitosa* and canopy-forming alga *Treptacantha ballesterosii*: Description of a new Mediterranean habitat». *Sci. Mar.*, 84: 263-271.
- PUIGSERVER, M. [et al.] (2010). «Abundance patterns of the toxic phytoplankton in coastal waters of the Balearic Archipelago (NW Mediterranean): A multivariate approach». *Hydrobiologia*, 644: 145-147.
- QUIJANO-SCHEGGIA, S. [et al.] (2008a). «Identification and characterization of the dominant *Pseudo-nitzschia* species (Bacillariophyceae) along the NE Spanish coast (Catalonia, NW Mediterranean)». *Sci. Mar.*, 72: 343-359.
- (2008b). «Bloom dynamics of the genus *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) in two coastal bays (NW Mediterranean Sea)». *Sci. Mar.*, 72: 577-590.
- (2009). «Morphology, physiology, molecular phylogeny and sexual compatibility of the cryptic *Pseudo-nitzschia delicatissima* complex (Bacillariophyta), including the description of *P. arenysensis* sp. nov.». *Phycologia*, 48: 492-509.
- RENÉ, A. [et al.] (2011). «*Gymnodinium litoralis* sp. nov. (Dinophyceae), a newly identified bloom-forming dinoflagellate from the NW Mediterranean Sea». *Harmful Algae*, 12: 11-25.
- (2013). «Phylogenetic relationships of *Cochlodinium polykrioides* Margalef (Gymnodinales, Dinophyceae) from the Mediterranean Sea and the implications of its global biogeography». *Harmful Algae*, 25: 39-46.
- (2014). «*Polykrikos tanit* sp. nov., a new mixotrophic unarmoured pseudocolonial dinoflagellate from the NW Mediterranean Sea». *Protist*, 165: 81-92.
- (2015). «Diversity and phylogeny of Gymnodinales (Dinophyceae) from the NW Mediterranean Sea revealed by a morphological and molecular approach». *Protist*, 166: 234-253.
- RIBERA, G. [et al.] (1997). «Phytobenthic assemblages of Addaia Bay (Menorca, Western Mediterranean): Composition and distribution». *Bot. Mar.*, 40: 523-532.
- RIBERA, M. A. (1983). *Estudio de la flora bentónica marina de las islas Baleares*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- RIBERA, M. A.; GÓMEZ-GARRETA, A. (1984). «Catálogo de la flora bentónica marina de las islas Baleares I. (Rhodophyceae)». *Coll. Bot.*, 15: 337-406.
- (1985). «Catálogo de la flora bentónica marina de las islas Baleares II: Phaeophyceae, Chlorophyceae». *Coll. Bot.*, 16: 25-41.
- RICART, A. M. [et al.] (2018). «Long-term shifts in the north western Mediterranean coastal seascape: The habitat-forming seaweed *Codium vermilara*». *Mar. Poll. Bull.*, 127: 334-341.
- RIVERA-RONDÓN, C.; CATALAN, J. (2017). «Diatom diversity in the lakes of the Pyrenees: An iconographic reference». *Limnetica*, 36: 127-395.
- (2020). «Diatoms as indicators of the multivariate environment of mountain lakes». *Sci. Total Env.*, 703: 135517.
- RODRIGUEZ-FEMENIAS, J. J. (1989). «Algas de las Baleares». *Anal. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 18: 199-274.
- RODRÍGUEZ-PRÍETO, C. [et al.] (1997). «Composición y estructura de algas bentónicas en ambientes portuarios: El puerto de Blanes». *Coll. Bot.*, 23: 29-40.
- (2014). «Morphology and phylogenetic systematics of *Ptilocladopsis horrida* and proposal of the Ptilocladopsidaceae fam. nov. (Gigartinales, Rhodophyta)». *Phycologia*, 53: 383-395.
- (2018). «Systematics of the red algal genus *Halymenia* (Halymeniaceae, Rhodophyta): Characterization of the genericity of *H. floresii* and description of *Neofolia rosea* gen. et sp. nov.». *Eur. J. Phycol.*, 53: 520-536.
- (2019). «Characterisation of *Nesioia latifolia* (Halymeniaceae, Rhodophyta) from Europe with emphasis on cystocarp development and description of *Nesioia mediterranea* sp. nov.». *Phycologia*, 58: 393-404.
- (2020). «Systematic revision of the foliose Halymeniaceae (Halymeniales, Rhodophyta) from Europe, with the description of *Halymenia ballesterosii* sp. nov. from the Mediterranean Sea and *Nesioia hommersandii* from the Canary Islands». *Eur. J. Phycol.*, 55: 454-466.
- RODRÍGUEZ-PRÍETO, C.; BALLESTEROS, E.; BOISSET, F.; AFONSO-CARRILLO, J. (2013). *Guía de las macroalgas y fanerógamas marinas del Mediterráneo Occidental*. Barcelona: Omega.
- RODRÍGUEZ-PRÍETO, C.; DE CLERCK, O. (2009). *Leptofau- chea coralligena* (Faucheaceae, Rhodophyta), a new species from the Mediterranean Sea». *Eur. J. Phycol.*, 44: 107-121.
- RODRÍGUEZ-PRÍETO, C.; POLO, L. (1986). «Fenologia i distribució de les algues del litoral català». *Sci. Gerund.*, 12: 67-86.
- (1996). «Effects of sewage pollution in the structure and dynamics of the community of *Cystoseira mediterranea*». *Sci. Mar.*, 60: 253-263.
- (1998). «Anàlisi fitosociològica de la comunitat de *Cystoseira mediterranea* de Palamós (Mediterrània nord-occidental)». *Acta Bot. Barcin.*, 45: 141-156.
- RODRÍGUEZ-PRÍETO, C.; VERGÉS, A. (2000). «Addicions i noves senyalitzacions per a la flora d'algues bentòniques marines de la costa catalana». *Acta Bot. Barcin.*, 46: 47-52.
- (2001). «Geographical distribution, habitat and reproductive phenology of the genus *Kallymenia* (Gigartinales, Rhodophyta) from Catalonia, Spain». *Bot. Mar.*, 44: 479-492.
- ROS, J. M. [et al.] (ed.) (1999). *Estratègia catalana per a la conservació i l'ús sostenible de la diversitat biològica*. Barcelona: Institut Català d'Història Natural.
- RULL, J. [et al.] (1988). «Aportación a la flora bentónica de las islas Baleares, IV. Flora de Ibiza». *Coll. Bot.*, 17: 5-10.
- RULL, J.; GÓMEZ-GARRETA, A. (1990). «Estudio de la comunidad de *Cystoseira mediterranea* en dos localidades de la península del cabo de Creus (Alt Empordà, Nordeste de España)». *Coll. Bot.*, 18: 5-19.
- SALA, E. [et al.] (1998). «Fishing, trophic cascades and the structure of algal assemblages: Evaluation of an old but untested paradigm». *Oikos*, 82: 425-439.
- (1993). «Aportación a la flora bentónica de las islas Baleares, V». *Coll. Bot.*, 22: 145-148.
- SALES, M. [et al.] (2011). «Pollution impacts and recovery potential in three species of the genus *Cystoseira* (Fucales, Heterokontophyta)». *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 92: 347-357.
- (2012). «Biogeographical patterns of algal communities from the Mediterranean Sea: *Cystoseira crinita*-dominated assemblages as a case study». *J. Biogeogr.*, 39: 140-152.
- SALES, M.; BALLESTEROS, E. (2009). «Shallow *Cystoseira* (Fucales: Ochrophyta) assemblages thriving in sheltered areas from Menorca (NW Mediterranean): Relationships with environmental factors and anthropogenic pressures». *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 84: 476-482.
- (2012). «Seasonal dynamics and annual production of *Cystoseira crinita*-dominated assemblages from the north-western Mediterranean». *Sci. Mar.*, 76: 391-401.
- SAMPEDRO, N. [et al.] (2011). «*Barrufeta bravensis* gen nov. sp. nov. (Dinophyceae): A new bloom-forming species from the northwest Mediterranean Sea». *J. Phycol.*, 47: 375-392.
- (2022). «Detection of the widespread presence of the genus *Ansanella* along the Catalan coast (NW Mediterranean Sea) and the description of *Ansanella catalana* sp. nov. (Dinophyceae)». *Eur. J. Phycol.*, 57: 125-142.
- SÁNCHEZ, N. [et al.] (2014). «Diversity of bladed Bangiales (Rhodophyta) in Western Mediterranean: Recognition of the genus *Themis* and descriptions of *T. ballesterosii* sp. nov., *T. iberica* sp. nov. and *Pyropia parva* sp. nov.». *J. Phycol.*, 50: 1-22.
- SANT, N. [et al.] (2017). «Cost-benefit of three different methods to study Mediterranean rocky assemblages». *Sci. Mar.*, 81: 129-138.
- SANT, N.; BALLESTEROS, E. (2021). «The canopy-forming alga *Ericaria brachycarpa* (J. Agardh) Molinari-Novoa & Guiry (Fucales, Phaeophyceae) shows seasonal and depth adaptation to the incoming light levels». *Crypt. Algol.*, 42: 67-75.
- SANTAMARÍA, J. [et al.] (2021a). «Fish herbivory on *Caulerpa cylindracea*: The role of omnivorous spard fish». *Frontiers Mar. Sci.*, 8: 702492.
- (2021b). «The role of competition and herbivory in biotic resistance against invaders: A synergistic effect». *Ecology*, 102: e03440.
- (2022). «Learning takes time: Biotic resistance by native

- herbivores increases through the invasion process». *Ecology Letters*, 25: 2525-2539.
- SANTOS CIRUJANO, S. [et al.] (2008). *Flora ibérica: Algas continentales: Carófitos (Characeae)*. Madrid: Real Jardín Botánico: CSIC. 132 p.
- SATTA, C. T. [et al.] (2013). «Studies on dinoflagellate cyst assemblages in two estuarine Mediterranean Bays: A useful tool for the discovery and mapping of harmful algal species». *Harmful Algae*, 24: 65-79.
- SAUVAGEAU, C. (1912). «À propos des *Cystoseira* de Banyuls et de Guéthary». *Bulletin de la Station Biologique d'Arcachon*, 14: 133-556.
- TERRADAS, M. [et al.] (2018). «The dynamics of phytobenthos and its main drivers on abrasion platforms with vermetids (Alicante, southeastern Iberian Peninsula)». *Med. Mar. Sci.*, 19: 58-68.
- (2023). «An outbreak of the invasive macroalgae *Rugulopteryx okamurae* in Alicante Bay and its colonization on dead *Posidonia oceanica* matte». *Aquat. Bot.*, 189: 103706.
- THIBAUT, T. [et al.] (2005). «Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, Northwestern Mediterranean)». *Mar. Poll. Bull.*, 50: 1472-1489.
- THIBAUT, T.; BALLESTEROS, E. (2005). «First report of *Cystoseira squarrosa* De Notaris (Fucophyceae, Fucales) from Spanish coastal waters». *Crypt. Algol.*, 26: 203-207.
- TOMAS, F. [et al.] (2011). «Differential herbivory of invasive algae by native fish: Temporal and spatial variability». *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 92: 27-34.
- TOMÀS, X. (1988). *Diatomeas de las aguas epicontinentales saladas del litoral mediterráneo de la península ibérica*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- VALENCIA-VILA, J. [et al.] (2016). «Phytoplankton composition in a neritic area of the Balearic Sea (Western Mediterranean)». *J. Mar. Biol. Ass. Unit. Kingdom*, 96: 749-759.
- VERDURA, J. [et al.] (2018). «Restoration of a canopy-forming alga based on recruitment enhancement: Methods and long-term success assessment». *Frontiers Plant Sci.*, 9: 1832.
- (2021). «Local-scale climatic refugia offer sanctuary for a habitat-forming species during a marine heatwave». *J. Ecol.*, 109: 1758-1773.
- VERGÉS, A. [et al.] (2005). «*Rhodymeniocolax mediterraneus* sp. nov. (Rhodymeniales, Rhodophyta), parasitic on *Rhodymenia ardissoni* from the western Mediterranean Sea». *Phycologia*, 44: 510-516.
- VERGÉS, A. [et al.] (2009). «Role of fish herbivory in structuring the vertical distribution of canopy algae (*Cystoseira* spp.) in the Mediterranean Sea». *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 375: 1-11.
- (2013). «A reassessment of the foliose Bangiales (Rhodophyta) in the Balearic islands including the proposed synonymy of *Pyropia olivii* and *Pyropia koreana*». *Bot. Mar.*, 56: 229-240.
- VESELÁ, V. [et al.] (2024). «A synopsis of green-algal lichen symbionts with an emphasis on their free-living style». *Phycologia*, 63: 317-338.
- VILA, M. [et al.] (2001a). «High resolution spatio-temporal detection of potentially harmful dinoflagellates in confined waters of the NW Mediterranean». *J. Plank. Res.*, 23: 497-514.
- (2001b). «Potentially toxic epiphytic dinoflagellate assemblages on macroalgae in the NW Mediterranean». *Aquat. Microb. Ecol.*, 26: 51-60.
- VILA, M.; MASÓ, M. (2005). «Phytoplankton functional groups and harmful algal species in anthropogenically impacted waters of the NW Mediterranean Sea». *Sci. Mar.*, 69: 31-45.

Elena Ruiz i Montserrat Brugués

Departament de Biologia Animal, de Biologia Vegetal i d'Ecologia, Unitat de Botànica, Facultat de Biociències, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Barcelona

Correspondència: Elena Ruiz. Departament de Biologia Animal, de Biologia Vegetal i d'Ecologia, Unitat de Botànica, Facultat de Biociències, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Campus UAB. E-08193 Bellaterra (Barcelona). Adreça electrònica: elena.ruiz@uab.cat.

DOI: 10.2436/20.1501.02.238

ISSN (ed. impresa): 0212-3037

ISSN (ed. digital): 2013-9802

<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>

Rebut: 24 de juny de 2024

Acceptat: 11 de juliol de 2024

Resum

Els catàlegs i les monografies específiques publicats per als diferents territoris permeten estimar que hi ha al voltant de 970 tàxons de briòfits als Països Catalans. La gran riquesa briofítica del nostre territori i la importància de la seva preservació són aspectes que s'han posat en valor aquests darrers anys. Tanmateix, la pèrdua de diversitat biològica que s'ha constatat a escala global també és extensible a aquest grup de plantes. En el present estudi s'enumeren algunes de les causes principals d'aquesta pèrdua de diversitat briofítica i es proposen accions que podrien contribuir a aturar-la o, si més no, a disminuir-ne l'impacte.

Paraules clau: amenaces, antocerotes, biodiversitat, catàlegs, conservació, hepàtiques, llistes vermelles, molles, Països Catalans.

Els briòfits són un grup de plantes terrestres que inclou les molles, les hepàtiques i les antocerotes. Generalment de dimensions reduïdes, creixen en indrets ombrívols i humits, al terra, a les roques, a les vores dels rierols, dins de l'aigua corrent, en sòls inundats i en mulleres; també es troben com a epífits sobre troncs d'arbres o en arbusts i sobre fusta en descomposició. Algunes espècies també han aconseguit adaptar-se a la vida en condicions més extremes, com ara sobre roques i sòls descoberts, secs o, fins i tot, àrids. Formen part de tot tipus d'ecosistemes, excepte els marins, i ocupen gradients altitudinals que van des de la terra baixa fins a l'estatge alpí. Es considera que al món hi ha al voltant de 20.000 espècies de briòfits (<https://iucn.org/our-union/commissions/group/iucn-ssc-bryophyte-specialist-group>).

L'estudi dels briòfits en l'àmbit dels Països Catalans troba un dels seus primers referents en l'obra *Història natural dels Països Catalans*, volum 4. El capítol dedicat a aquest grup de plantes és una font fonamental de coneixement sobre la diversitat, la taxonomia i l'ecologia dels briòfits d'aquestes terres. En l'annex que apareix al final del volum (Casas *et al.*, 1985), es presenta un primer catàleg en el qual es poden quantificar 705 espècies de briòfits. Estudis posteriors van permetre incrementar aquesta xifra a 821 tàxons (Casas i Sicart, 1995). La publicació dels dos volums de *Flora*

Bryophytes

Abstract

The catalogues and specific monographs published for their different territories suggest an estimated presence of about 970 bryophyte taxa in the Catalan Countries. The significant bryophytic richness of this region and the importance of its preservation have been increasingly emphasised in recent years. Nevertheless, the loss of biological diversity observed worldwide also extends to this group of plants. Some of the main causes contributing to the decline in bryophytic diversity are listed in this study, along with potential actions that could help to mitigate or reduce their impact.

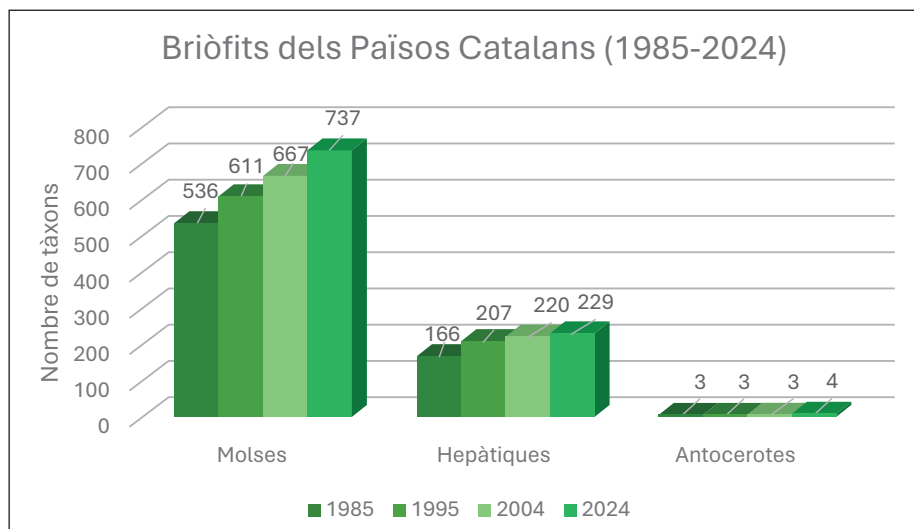
Keywords: threats, hornworts, biodiversity, catalogues, conservation, liverworts, red lists, mosses, Catalan Countries.

*dels briòfits dels Països Catalans (Casas *et al.*, 2001 i 2004) va suposar una aproximació molt més acurada a la gran riquesa briofítica dels Països Catalans. Aquests manuals de determinació van incloure, a més de les claus i de petites descripcions morfològiques, informació sobre l'ecologia, l'abundància i la distribució per comarques o illes de més de 890 espècies. Durant els vint anys posteriors a la publicació d'aquests llibres, aquestes xifres han anat aug-*

mentant i actualment es considera que als Països Catalans hi pot haver al voltant de 970 tàxons de briòfits (figura 1).

Si ens centrem en els darrers anys, les accions més destacables en el camp de la recerca briològica han estat les següents:

— La prospecció de noves zones d'interès, que ha proporcionat un bon nombre de novetats corològiques i alhora ha posat de manifest que encara queda feina per fer abans de poder



↑ Figura 1. Nombre d'espècies de briòfits dels Països Catalans, segons els estudis publicats en els anys que s'indiquen. Elaboració pròpia.

afirmar que coneixem plenament la nostra brioflora.

— La utilització de tècniques de biologia molecular, que ha permès, a més d'una millor comprensió de les relacions evolutives dins d'aquest grup de plantes, la identificació de noves espècies, la clarificació de l'estatus taxonòmic d'altres i la detecció de variabilitat genètica dins de poblacions aparentment homogènies, amb la qual cosa s'ha revelat una diversitat amagada fins al moment.

— La publicació de catàlegs, de llistes vermelles i de monografies específiques per a alguns dels territoris que integren els Països Catalans. Per exemple, el catàleg i la llista vermella dels briòfits de Catalunya (Sáez *et al.*, 2019), el llibre vermell dels briòfits amenaçats de les Illes Balears (Sáez, 2020), el catàleg dels briòfits d'Andorra (Sotiaux i Vanderpoorten, 2017), la llista vermella dels briòfits de la Comunitat Valenciana (Puche i Gimeno, 2001) o la monografia sobre els briòfits dels Pirineus Orientals, a la Catalunya del Nord (Hugonnot *et al.*, 2017). Cal destacar també l'obra rellevant *Flora briofítica ibèrica*, que inclou tota la península Ibèrica i les Illes Balears. Els catàlegs s'han de considerar una de les eines més importants per valorar la diversitat biològica; no només per la informació que recullen sobre la riquesa d'espècies, sinó també perquè són la base per a la implementació d'accions de conservació, sobretot quan s'aporten llistes vermelles que assenyalen els riscos i les amenaces que poden afectar algunes de les diferents espècies.

— Iniciatives governamentals per a la protecció de la biodiversitat que permeten elaborar plans de recuperació i dur a terme actuacions de conservació per a les espècies tractades. Un bon exemple és el Catàleg de flora amenaçada de Catalunya, que va incloure els briòfits a partir del 2015. En l'actualització del 2023 es cataloguen 38 espècies, 24 de les quals són considerades «en perill d'extinció» i 14 com a «vulnerables» (<https://portaldogc.gencat.cat/utillsEADOP/PDF/9047/2000565.pdf>).

Aquesta millora significativa en el coneixement de la nostra brioflora ha anat acompanyada d'una conscienciació creixent sobre el valor de la biodiversitat i la necessitat de preservar-la.

Com no podria ser d'una altra manera, la pèrdua de diversitat biològica que s'ha observat a escala global també afecta els briòfits. Tot i que hi ha espècies generalistes que poden prosperar en entorns alterats o comportar-se com a pioneres, la majoria són molt sensibles a les alteracions de les condicions ambientals on viuen. Els principals factors causants de pèrdua de biodiversitat en els briòfits són els següents:

1. *Fragmentació, degradació o destrucció d'hàbitats*. La desforestació, els usos forestals, l'expansió de les àrees urbanes o la conversió de terrenys naturals en agrícoles, entre d'altres, provoquen l'aïllament de les poblacions o, en alguns casos, directament la seva desaparició.

2. *Canvi climàtic*. L'augment de temperatures i l'alteració dels règims de pluja poden afectar la disponibilitat d'aigua, essencial per als briòfits. Els esdeveniments climàtics extrems (com les sequeres, les inundacions, etc.) també poden destruir hàbitats i reduir-ne les poblacions.

3. *Contaminació*. Ja sigui atmosfèrica o de l'aigua, pot representar problemes de toxicitat greus per a aquest grup de plantes.

4. *Plantes vasculares invasores*. Algunes d'aquestes espècies poden desplaçar els briòfits del seu hàbitat. També hi ha espècies de briòfits invasores, com la molsa *Campylopus introflexus*, que s'ha estès per tot Europa i que també s'ha detectat en diferents punts dels Països Catalans.

5. *Recol·lecció amb finalitats comercials*. Tot i que al nostre territori aquesta activitat (destinada a usos ornamentals, per a l'horticultura, etc.) està prohibida, la venda de moltes no ho està.

6. *Desconeixement*. La falta de coneixement sobre la importància ecològica dels briòfits pot portar al seu descuit en les polítiques de conservació. Si en el futur no es realitzen

estudis específics de seguiment de les diverses afectacions, es veurà limitada la possibilitat d'una gestió adient.

Sens dubte, la pèrdua de biodiversitat dels briòfits tindrà repercussions significatives per a la salut dels ecosistemes. Hem de tenir present que els briòfits regulen la humitat ambiental absorbint l'excés d'aigua de les pluges i alliberant-la lentament quan l'ambient és sec, ajuden a la formació del sòl, faciliten la germinació de les llavors, participen activament en el cicle dels nutrients i tenen una gran capacitat d'embornal (ja que representen un dels magatzems terrestres més importants de carboni orgànic). A més, proporcionen hàbitat i protecció a una gran varietat d'éssers vius, com protozous, invertebrats, amfibis, ocells i micromamífers, els quals, de retruc, també es veuran afectats. Finalment, la reducció de la biodiversitat briofítica també afectarà la capacitat dels ecosistemes per afrontar el canvi climàtic. Com s'ha esmentat anteriorment, els briòfits contribueixen activament a la regulació de la humitat del sòl i a la prevenció de l'erosió, dues funcions essencials per mitigar els efectes del canvi climàtic.

Per a la preservació de la diversitat briofítica, caldrà implementar una sèrie d'iniciatives:

— *Protecció d'hàbitats naturals i aplicació de polítiques de conservació*. És a dir, establir i gestionar àrees protegides que incloguin hàbitats crucials per als briòfits i desenvolupar i aplicar polítiques que els protegeixin de les amenaces identificades. També, enfortir i fer complir les normes relatives a la limitació dels usos ornamentals dels briòfits.

— *Restauració ecològica*. Implica restaurar hàbitats degradats per afavorir la recolonització de briòfits.

— *Monitoratge i investigació*. Comporta realitzar estudis i un seguiment continu de les poblacions de briòfits en risc i dels seus hàbitats.

— *Conscienciació pública*. Es tracta de fomentar el coneixement sobre la importància dels briòfits mitjançant l'educació i la divulgació.

Bibliografia

- CASAS, C. (1995). *La brioflora dels Països Catalans*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, 159-181. (Arxius de les Seccions de Ciències; C)
- CASAS, C. [et al.] (1985). «Catàleg de les espècies de briòfits dels Països Catalans». A: FOLCH, R. (dir.). *Història natural dels Països Catalans*. Vol. 4: *Plantes inferiors*. Edició de X. Llimona. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, p. 528-533.
- (2001). *Flora dels briòfits dels Països Catalans: I. Molses*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències Biològiques.

- CASAS, C. [et al.] (2004). *Flora dels briòfits dels Països Catalans: II. Hepàtiques i antocerotes*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències Biològiques.
- HUGONNOT, V. [et al.] (2017). *Les bryophytes des Pyrénées-Orientales*. Turriers: Naturalia Editions: Association Loisirs Botaniques. 464 p.
- PUCHE, F.; GIMENO, C. (2001). «The red data list of bryophytes of Valencia County (East Spain)». *Fl. Medit.*, 11: 11-22.
- SÁEZ, L. (2020). *Llibre vermell dels briòfits amenaçats de les*

- Illes Balears*. Palma de Mallorca: Conselleria de Medi Ambient i Territori.
- SÁEZ, L. [et al.] (2019). «Bryophyte flora of Catalonia (northeastern Iberian Peninsula): Checklist and Red List». *Bol. Soc. Esp. Briol.*, 51: 1-126.
- SOTIAUX, A.; VANDERPOORTEN, A. (2017). «A checklist of the bryophytes of Andorra». *J. Bryol.*, 39 (4): 353-367.

La biodiversitat dels fongs i els seus problemes, avui, als Països Catalans i al món

Jaume Llistosella Vidal

Secció de Botànica i Micologia, Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona (UB), Barcelona

Correspondència: Jaume Llistosella Vidal. Secció de Botànica i Micologia, Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona (UB). Avinguda Diagonal, 643. 08028 Barcelona. Adreça electrònica: jllostosella@ateneu.ub.edu.

DOI: 10.2436/20.1501.02.239

ISSN (ed. impresa): 0212-3037

ISSN (ed. digital): 2013-9802

<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>

Rebut: 12 de juliol de 2024

Acceptat: 15 de setembre de 2024

Resum

En aquest article es comenten els diferents grups d'organismes que tradicionalment s'inclouen en el concepte general *fongs* i se'n valora i analitza la biodiversitat coneguda fins ara als Països Catalans. S'aporten dades quantitatives de Catalunya, d'Andorra, del País Valencià i de les Illes Balears, i es fa una anàlisi de l'evolució del coneixement que tenim de la diversitat d'aquests organismes al territori, així com dels obstacles actuals per a l'avenç futur en aquesta àrea.

Paraules clau: fongs, biodiversitat, conservació, Països Catalans.

Biodiversity of fungi and their problems today in the Catalan Countries and the world at large

Abstract

In this paper the various groups of organisms that are traditionally included in the general concept of *fungi* are discussed and their currently known biodiversity in the Catalan Countries is assessed and analysed. Quantitative data from Catalonia, Andorra, the Valencian Country and the Balearic Islands are provided, and an analysis is made of the evolution of our knowledge of these organisms' diversity in this region, as well as of the current hindrances to future progress in this area.

Keywords: fungi, biodiversity, conservation, Catalan Countries.

Consideracions inicials

Els fongs constitueixen un grup artificial d'organismes amb un origen filogenètic divers i allunyat que, per les seves característiques i per tradició, es tracten i s'estudien conjuntament. Existeixen tres grans grups de fongs: *a*) els fongs veritables (regne *Fungi*), *b*) els coneguts com a *pseudofongs* (regne *Straminipila*) i *c*) els anomenats *fongs ameboides* (regne *Protozoa*) (Webster i Weber, 2007). Tots ells tenen uns trets biològics comuns; principalment, el fet de ser heteròtrofs i de reproduir-se mitjançant espores (planòspores o aplanòspores). Tanmateix, entre els tres grups hi ha unes diferències rellevants.

Els *fongs veritables* són saprotròfics (utilitzen tot tipus de matèria orgànica), paràsits (de plantes, d'animals o d'altres fongs) o simbiòntics —amb les algues (fongs liquenificats), amb les plantes (fongs micorrízics) o amb els animals (insectes). El seu aparell vegetatiu és sobretot filamentós (micelià), amb hifes septades o cenocítiques (excepcionalment pot ser levuriforme), les seves cèl·lules són haploides i es caracteritzen per tenir quitina a la paret (en cap cas, cel·lulosa); es nodreixen per lisotròfia/osmotròfia. Les cèl·lules flagel·lades, quan les tenen, són opistocontes.

Tot i que els *pseudofongs* comparteixen amb els fongs veritables l'hàbit saprotròfic o

paràsit, l'aparell vegetatiu filamentós (micelià i cenocític) i la nutrició lisotròfica/osmotròfica, les seves cèl·lules són sempre diploides, amb cel·lulosa com a component principal de la paret (no tenen quitina) i sovint tenen vida aquàtica. Les cèl·lules flagel·lades són acrocontes o heterocontes.

Finalment, els *fongs ameboides* es caracteritzen per ser saprotròfics. Disposen d'un aparell vegetatiu plasmodial i cenocític (formen plasmodis) i tenen fases vegetatives mòbils (flagel·lades o ameboides); es nodreixen per fagotròfia i les cèl·lules/núclis són haploides. Les cèl·lules flagel·lades són opistocontes.

La biodiversitat dels fongs al món

Els fongs són presents a tots els hàbitats, des de les regions congelades de l'Àrtic i les boreoalpines fins als deserts, en tota mena d'ambients terrestres o aquàtics. Tenen una funció molt important en els ecosistemes com a descomponedors i recicladors de la matèria orgànica —fins i tot, la més recalcitrant a la descomposició, com són la lignina i la queratina—, i també com a paràsits de plantes, d'animals o d'altres fongs. Molts fan simbiosi amb d'altres organismes, com els líquens i les micorrizes (hom calcula que gairebé el 95 % de les plantes del món tenen fongs associats a les rels fent micorrizes).

Hi ha diverses interpretacions pel que fa a la seva diversitat a escala mundial (Peña-Lastra, 2020). La hipòtesi més acceptada actualment és la proposada per David L. Hawksworth, que postula que al món hi ha 1,5 milions d'espècies de fongs, de les quals s'han descrit i es coneixen només entre 100.000 i 120.000 espècies; és a dir, entre un 6,5 % i un 7 % (Hawksworth, 1991 i 2001). A la vegada, és àmpliament acceptat que la taxa de descripció d'espècies noves és de 1.200 anuals (entre tres i quatre diàries) i que mantenen una relació entre planta vascular i fong d'1:6.

Tanmateix, l'avenç de la taxonomia molecular ha fet que darrerament es qüestionés la proposta de Hawksworth, que es considera molt conservadora. Així, alguns autors creuen que el nombre d'espècies de fongs podria situar-se entre els 3,5 i els 5 milions, amb una relació planta-fong de fins a 1:10 (O'Brien *et al.*, 2005).

La biodiversitat dels fongs als Països Catalans.

Consideracions prèvies

Les dades que s'aporten a continuació fan referència a Catalunya, a Andorra, al País Valencià i a les Illes Balears. No disposem de dades contrastades dels altres territoris dels Països Cata-

lans. Es tracten els fongs en sentit ampli, però s'exclouen els fongs liquenificats (els líquens), que, per tradició i per les seves característiques particulars, es comenten separatament (vegeu Gómez-Bolea en aquest volum).

La quantificació s'ha dut a terme considerant els tàxons exclusivament a nivell taxonòmic d'espècie, de manera que les citacions infraespecífiques (varietats i formes) es tracten a nivell de l'espècie a la qual pertanyen. A l'hora de comparar i avaluar conjuntament la diversitat als diferents territoris, s'ha uniformitzat la nomenclatura de tots el tàxons citats seguint l'estàndard internacional de l'*Index fungorum* (2024) per tal d'evitar duplicitats.

Les dades provenen exclusivament de treballs publicats en revistes científiques i en llibres, i de la micoteca de la Societat Catalana de Micologia (SCM). S'han exclòs les citacions de les quals no es coneix l'origen ni la localització al territori.

La biodiversitat dels fongs als diferents territoris

Per a Catalunya i Andorra, les dades utilitzades per a l'elaboració d'aquest informe s'han pres del mòdul «Fongs» del Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya (BDBC), de la Generalitat de Catalunya i la Universitat de Barcelona (UB) (Llistosella, 2024). En una consulta del maig de 2024, el BDBC tenia enregistrades 88.741 citacions de fongs, que corresponen a un total de 6.028 espècies diferents.

Pel que fa al País Valencià, després de la consulta del maig de 2024, el Banc de Dades de Biodiversitat de la Comunitat Valenciana—BDBC— (BDBC, 2024), tenia enregistrades 9.244 citacions de fongs, que corresponen a 2.549 espècies diferents. El nombre de citacions és molt baix si es compara amb el dels altres grups d'organismes, que és de 2.733.613, la qual cosa fa pensar que la introducció de dades de fongs no ha estat prioritària al portal. La Societat Micològica Valenciana (SOMIVAL) disposa també d'una base de dades que, en una consulta del 2024, conté més de 16.000 registres referits a 1.948 espècies del País Valencià (SOMIVAL, 2024).

De les Illes Balears, la informació de què disposem prové dels treballs publicats pels micòlegs illencs J. L. Siquier i J. C. Salom, que, en dues publicacions, han elaborat un catàleg molt complet referent a la diversitat dels fongs a les Illes (Siquier i Salom, 2013; Siquier *et al.*, 2024). Així, tot i que no tenim informació del nombre de citacions, a les Illes Balears es coneixen un total de 2.359 espècies, distribuïdes

↓ Taula 1. Nombre d'espècies de fongs per territori als Països Catalans. Elaboració pròpia a partir de: BDBC, per a Catalunya i Andorra; BDBC i SOMIVAL, per al País Valencià, i Siquier i Salom (2013) i Siquier *et al.*, (2024), per a les Illes Balears.

Catalunya i Andorra	País Valencià	Illes Balears	Total (normalitzat)
6.028 (7.901 si es compten els fongs liquenificats)	2.549 (no disposem de dades dels fongs liquenificats)	2.365 (no disposem de dades dels fongs liquenificats)	6.889 (8.761 si es compten els fongs liquenificats)

de la manera següent segons l'illa: 146 a Cabre-ra, 211 a Formentera, 564 a Eivissa, 932 a Menorca i 1.892 a Mallorca.

Una vegada normalitzada i estandarditzada la nomenclatura de la relació d'espècies de cada territori, i un cop encreuades i depurades les llistes corresponents, es pot concloure que als Països Catalans hi viuen 6.889 espècies de fongs, nombre al qual s'han de sumar, tot i que es tracten en un informe separat, les 1.872 espècies de fongs liquenificats (Hladun, 2024). Així, el nombre total de fongs als Països Catalans és de 8.761 espècies (taula 2).¹

El coneixement de la diversitat dels fongs als Països Catalans

Hi ha dos paràmetres molt il·lustratius per a entendre la situació del coneixement de la biodiversitat dels fongs a Catalunya i a Andorra en el decurs dels anys. D'una banda, de les 6.029 espècies enregistrades al BDBC, 2.184 (el 36,2 %) han estat citades una sola vegada (tot i que sovint s'han recollit en publicacions posteriors com a dades bibliogràfiques); de l'altra, 3.438 espècies (el 57 %) no sobrepassen les cinc citacions al territori.

No sembla gens versemblant creure que el 57 % de les espècies que viuen a Catalunya i a Andorra s'hagin de considerar com a molt rares (i, entre aquestes, un 36,2 %, extremament rares), la qual cosa porta, inevitablement, a la conclusió que els estudis sobre la diversitat dels fongs al territori són del tot insuficients per a poder avaluar aquesta diversitat d'una manera seriosa i rigorosa; hi ha encara molt país per recórrer, molts estudis de camp per realitzar i molta feina per fer.

Alhora, és molt significativa la distribució temporal de les citacions. Al BDBC hi ha incorporades les dades de 906 publicacions (se'n pot consultar la llista a Llistosella, 2024), corresponents al període comprès entre els anys 1891

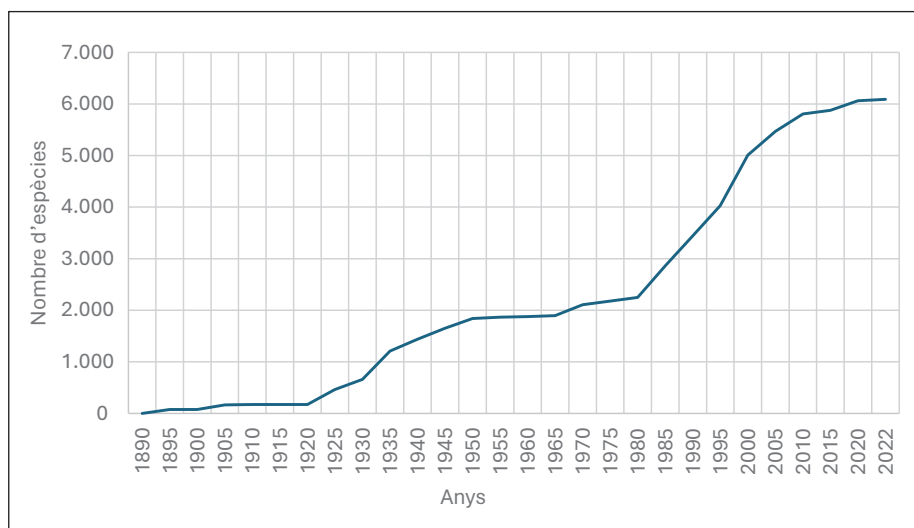
i 2022. La distribució cronològica d'aquestes publicacions és del tot esbiaixada, de manera que només 83 d'elles (el 9,2 %) són anteriors al 1974 (en un període de vuitanta-un anys), i la resta, 820 (el 90,8 %), corresponen a l'interval 1975-2022 (un període de quaranta-set anys).

En l'anàlisi retrospectiva de l'evolució del coneixement dels fongs a Catalunya i a Andorra, es poden establir quatre etapes ben diferenciades. El primer treball de què disposem amb dades de fongs data del 1891, i fins al 1930 les publicacions van ser escasses, signades sobretot per T. Aranzadi, A. Caballero, J. Codina, J. Cuatrecasas, A. M. Gibert, R. Gonzalez-Fragoso i P. Sola; amb ells, s'inicià el coneixement dels fongs a Catalunya i s'arribà a 660 espècies censades el 1930.

A la dècada de 1930, Pius Font i Quer, director de l'Institut Botànic de Barcelona, donà un gran impuls al coneixement dels fongs al territori. D'una banda, amb la publicació d'un extens treball en col·laboració amb J. Codina, però, sobretot, amb la promoció del Pla Quinquennal Micològic a Catalunya (Font i Quer, 1937). Així, foren convidats a visitar Catalunya per tal de prospectar-ne la geografia alguns eminents micòlegs internacionals, com A. A. Pearson (president de la Societat Micològica de Londres), R. Maire (professor de la Universitat d'Alger), R. Heim (subdirector del Laboratori de Criptogàmia del Museu de París) i R. Singer (d'origen alemany, que va ser professor de botànica de la Facultat de Farmàcia de la UB). Els convidats prolongaren les seves estades diverses setmanes i tingueren l'oportunitat de prospectar una gran part de la geografia catalana (des dels Pirineus fins a la terra baixa mediterrània) en èpoques de l'any diferents. A la vegada, es va convidar la Societat Micològica de França a celebrar, el 1935, la seva sessió anual a Barcelona i hi vingueren un gran nombre de reconeguts micòlegs europeus (Maublanc, 1936).

El resultat del Pla Quinquennal (Font i Quer, 1937) va ser la publicació d'alguns treballs molt extensos i amb informació important referent als fongs del país. Paral·lelament, L. M. Unamuno publicà algun treball durant

1. La relació de les 6.889 espècies de fongs es pot consultar a la taula 2, que trobareu com a material suplementari, a l'edició digital d'aquest article. Vegeu *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (en línia) (2025), núm. 75, <<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB/index>>.



↑ Figura 1. Nombre d'espècies de fongs conegudes per any a Catalunya i al Principat d'Andorra. Elaboració pròpia.

aquests anys i, així, la diversitat d'espècies va augmentar de les 660 conegudes el 1930 fins a les 1.650 a final del 1945 (un increment de 990 espècies; figura 1).

Amb tot, el coneixement de la biodiversitat dels fongs havia estat encomanat a la vinguda de micòlegs estrangers, que no van fer escola ni van deixar deixebles a Catalunya, i va acabar amb el seu retorn als països d'origen.

Després d'aquest període tan fructífer des del punt de vista del coneixement micològic, vingueren vora trenta anys d'estancament, en què els treballs publicats van ser pocs, sobretot, els de T. M. Losa-España sobre fongs paràsits de plantes, i els d'A. Bertaux, que vingué convidat per A. de Bolòs (director de l'Institut Botànic de Barcelona) en un primer intent de reprendre l'esperit de P. Font Quer de promoure la micologia catalana. En aquest període, el coneixement dels fongs s'incrementà en 527 espècies (fins aleshores desconegudes), amb la qual cosa el cens va arribar a 2.177 espècies el 1975 (figura 1).

A la dècada del 1970 van confluïr tres fets importants pel que fa al progrés dels estudis micològics. Oriol de Bolòs (director de l'Institut Botànic) va seguir convidant micòlegs estrangers; van venir els francesos G. Malençon i R. Bertault, que van fer diverses estades prospectant les comarques de l'interior de Catalunya, el País Valencià, Mallorca i Menorca, el Montseny i el Montnegre, entre d'altres indrets. A la vegada, a les universitats catalanes es començaren a formar grups de recerca en micologia, que, amb els anys, es consolidaren i que han deixat una molt extensa i important

producció científica, cabdal per al coneixement actual de la biodiversitat dels fongs. Des de llavors, s'han dut a terme estudis monogràfics sobre diferents grups taxonòmics poc o gens coneguts al territori (i alguns també a Europa) i s'han defensat diverses tesis doctorals en relació amb aquest tema, com les d'E. Gràcia, J. Cano, J. Gené, L. Guardia, J. Llistosella, M. P. Martín, S. Santamaria o D. Sierra, entre d'altres, a les quals cal sumar-ne una dotzena més, dedicades a l'estudi dels fongs líquenitzats. També s'ha prospectat àmpliament el territori, des dels prats alpins i les mulleres pirenaïques fins als ambients dunars del litoral.

Al mateix temps, el 1973, un grup de naturalistes, encoratjats per Xavier Llimona (des de la UB) i Oriol de Bolòs, van fundar la SCM. Entre els fundadors, destacà A. Rocabrana, que va promoure que la SCM anés més enllà del caràcter micològic eminentment lúdic per a assolir un vessant científic important. Així, amb els micòlegs de l'incipient grup de recerca del Departament de Biologia Vegetal de la UB, s'establí una estreta i fructífera relació científica entre les dues institucions que encara dura. La SCM ha estat l'editora (sense cap mena de finançament per part de les institucions) de dues publicacions reconegudes actualment a tot el continent: la col·lecció «Bolets de Catalunya» i la *Revista Catalana de Micologia* (RCM; en l'origen, *Butlletí de la Societat Catalana de Micologia*). «Bolets de Catalunya» publica anualment cinquanta fitxes de bolets i, el 2024 (volum 43), ha sumat un total de 2.150 espècies descrites i fotografiades; actualment, la col·lecció és considerada un referent iconogràfic

micològic a tot Europa. Per altra banda, la RCM ha canalitzat una part molt important de les publicacions amb dades dels fongs del país, tant taxonòmiques com corològiques, i ha contribuït de forma cabdal al coneixement de la diversitat dels fongs als Països Catalans. El 2024, la RCM ha publicat el volum 44.

Des del 1975 s'han publicat 820 treballs sobre fongs, i el coneixement de la diversitat dels fongs ha passat de les 2.177 espècies conegudes fins a les 6.029 actuals (s'hi han incorporat 3.852 espècies).

En relació amb les Illes Balears i el País Valencià, disposem de poca informació en aquest sentit. D'una manera semblant, els estudis micològics anteriors a la dècada del 1970 són molt escassos; en aquest període, han aportat dades de fongs (principalment, de fitoparàsits) L. M. Unamuno i R. Gonzalez-Fragoso. A les Illes Balears cal destacar les publicacions de H. Knoche i de I. Jorstad, i al País Valencià, les d'E. Bosca i F. Beltran i Bigorra.

A partir del 1970, s'inicia un període de més activitat micològica, amb les aportacions de micòlegs estrangers en estades temporals al territori, com les de G. Malençon i R. Bertault a Mallorca, Menorca i el sud d'Alacant, o les de G. Finschow a Eivissa. A les Illes Balears, aviat un grup de micòlegs illencs, sobretot J. L. Siquier, J. C. Salom i C. Constantino, inicià estudis a les diferents illes, en col·laboració amb J. Llistosella i M. Aguasca, de la UB, i amb grans aportacions pel que fa al coneixement de la diversitat dels fongs. En un treball de recopilació de la informació fins aleshores coneguda, J. L. Siquier i J. C. Salom van publicar el catàleg dels fongs de les Balears (Siquier i Salom, 2013), que recentment ha estat actualitzat (Siquier *et al.*, 2024). Actualment, a les Illes Balears hi ha un grup de recerca micològica molt actiu (Funga Cultural Balear, FCB) que, sense finançament institucional, té com a objectiu l'estudi de la funga balear. Aquest grup està format per micòlegs illencs i d'altres de la UB, de la Universitat d'Alcalá de Henares i de la Universitat Rovira i Virgili, i també, del Reial Jardí Botànic de Madrid.

Al País Valencià, les aportacions provenen sobretot de R. Aparici, A. Conca, R. Folgado i R. Mahiques, molt actius sobretot en els estudis de fongs de grups poc coneguts. El 1990, varen ser els promotors de la creació de la SOMIVAL, que edita el *Butlletí de la Societat Micològica Valenciana* (número 27, el 2023).

Durant tots aquests anys, han estat nombroses les espècies descrites com a noves basades en mostres dels Països Catalans. No ens ha

estat possible quantificar-les d'una manera objectiva, però creiem que, fent-ne una estimació subjectiva, no ens equivocarem de gaire en afirmar que han estat, com a mínim, entre dos i tres centenars.

Perspectives de futur

El futur del coneixement de la biodiversitat dels fongs als Països Catalans —i, en general, el dels altres grups d'organismes— no és gens esperançador. En els darrers anys, les polítiques institucionals d'orientació de la recerca han deixat de prioritzar els projectes i els treballs de camp relacionats amb l'estudi de la biodiversitat.

La biodiversitat dels fongs, com la dels altres organismes, cal buscar-la al camp i no pas als laboratoris. Aquests estudis demanen temps per a les prospeccions i un finançament adequat que, avui, no s'ofereix als joves investigadors. La continuïtat dels equips de taxonomistes a les universitats i als centres de recerca s'ha estroncat per la falta d'incorporació de nous investigadors, que veuen compromesa la seva possible recerca (per falta de finança-

ment) i complicada la seva promoció professional en els concursos i en les oposicions. Així, els grups de taxonomistes que es van formar a partir de la dècada del 1970 a les universitats catalanes actualment no tenen possibilitats de renovar els investigadors adscrits i la seva activitat científica s'acaba en la mesura que finalitza la vida activa professional dels que en el seu dia varen promoure aquests grups de recerca.

Creiem que les administracions són plenament conscients de la necessitat dels estudis referents a la biodiversitat (en tots els àmbits) en un país modern com és el nostre, i han buscat compensar la manca de prioritització d'aquests estudis en les polítiques de recerca amb la promoció del que es coneix com a *ciència ciutadana*, definida per la mateixa Generalitat de Catalunya com «la recerca científica conduïda, parcialment o completament, per científics amateurs o no professionals» (https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/persones-i-natura/ciudadania/ciencia-ciudadana/).

La discussió sobre la bondat o no de la ciència ciutadana s'escapa de l'objectiu d'aquest

treball. Només cal remarcar que la identificació correcta dels fongs demana una extensa bibliografia especialitzada, estudis microscòpics acurats i, cada vegada més, estudis moleculars; requisits que, massa sovint, no estan a l'abast dels que fan ciència ciutadana. D'altra banda, considerem imprescindible la supervisió científica d'aquests estudis per part de taxonomistes experts, que, en última instància, són la garantia del rigor científic dels resultats. El gran perill de la ciència ciutadana és que s'arribi a creure (sobretot per part de l'Administració) que per conèixer la diversitat dels fongs n'hi ha prou amb les identificacions a partir de guies de camp o de fotografies i que, d'aquesta manera, s'omplin bases de dades amb informació no contrastada científicament.

Finalment, una reflexió: com es poden plantejar polítiques de conservació i de protecció dels fongs sense saber realment els que viuen al nostre país? Cal recordar que actualment hi ha 2.184 espècies de fongs (el 36,2 %) que han estat trobades una sola vegada, i l'avenç en el seu coneixement no vindrà a través de la ciència ciutadana.

Bibliografia

- BDBCv = Banc de Dades de Biodiversitat de la Comunitat Valenciana (2024). [en línia]. València: Generalitat Valenciana. Conselleria de Medi Ambient, Infraestructures i Territori. <<https://bdb.gva.es/va/>> [Consulta: maig 2024].
- FONT I QUER, P. (1937). *Resultats del Pla Quinquenal micològic a Catalunya: 1931-1935*. Barcelona: Institut Botànic de Barcelona. (Publicacions de l'Institut Botànic. Butlletí d'informació; 1)
- HAWKSWORTH, D. L. (1991). «The fungal dimension of biodiversity: Magnitude, significance, and conservation». *Mycol. Res.*, 95: 641-655.
- (2001). «The magnitude of fungal diversity: The 1.5 million species estimate revisited». *Mycol. Res.*, 105: 1422-1432.
- HLADUN, N. (2024). «Mòdul de Lliquens (LiqueCat)». A: *Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya* [en línia]. Barcelona: Generalitat de Catalunya: Universitat de Barcelona. <<http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>> [Consulta: maig 2024].
- INDEX FUNGORUM (2024). [en línia]. Royal Botanic Gardens, Kew. <<https://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>> [Consulta: maig 2024].
- LLISTOSELLA, J. (2024). «Mòdul Fongs (FungaCat)». A: *Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya* [en línia]. Barcelona: Generalitat de Catalunya: Universitat de Barcelona. <<http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>> [Consulta: maig 2024].
- MAUBLANC, M. A. (1936). «Rapport su la session générale de la Société mycologique de France, tenue à Barcelone du 19 au 27 octobre 1935». *Bull. Soc. Mycol. France*, 52: 17-29.
- O'BRIEN, B. L. [et al.] (2005). «Fungal community analysis by large-scale sequencing of environmental samples». *Appl. Environ. Microbiol.*, 71: 5544-5550.
- PEÑA-LASTRA, S. de la (2020). «¿Cuántas especies de hongos hay en el mundo? ¿Cuál es su distribución?». *Boletín informativo n.º 20*: 43-52. Sociedad Micológica Extremeña. 43-52.
- SIQUIER, J. L. [et al.] (2024). «Primera actualización (2013-2022) del catálogo de los hongos y mixomicetes de las Islas Baleares». *Revista Catalana de Micologia*, 44: 3-205.
- SIQUIER, J. L.; SALOM, J. C. (2013). *Catálogo de hongos y mixomicetes de las Islas Baleares*. Palma de Mallorca: Micobalea C. B. 527 p.
- SOMIVAL = SOCIETAT MICOLÒGICA VALENCIANA (2024). *Mico catàleg* [en línia]. <<https://somival.org/mico-catalogo/>> [Consulta: maig 2024].
- WEBSTER, J.; WEBER, R. (2007). *Introduction to fungi*. Cambridge: Cambridge University Press, Regne Unit. 841 p.

La diversitat líquènica a Catalunya

Antonio Gómez Bolea

Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona (UB), Barcelona

Correspondència: Antonio Gómez Bolea. Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona (UB). Avinguda Diagonal, 643. Adreça electrònica: agomez@ub.edu.

DOI: 10.2436/20.1501.02.240

ISSN (ed. impresa): 0212-3037

ISSN (ed. digital): 2013-9802

<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>

Rebut: 26 de juny de 2024

Acceptat: 13 de setembre de 2024

Resum

Els líquens són fongs liquenitzats. Aquests fongs han alentit el seu ritme de creixement i «cultiven» organismes fotoautòtrofs per obtenir la matèria orgànica. Associats als tal·lus líquènics també hi ha tot un conjunt de fongs, els fongs líquenícoles. En els ecosistemes, els líquens actuen com a productors primaris. Molts tal·lus líquènics poden acumular metabòlits secundaris, dels quals s'han identificat més de mil substàncies líquèniques diferents. A Catalunya, els hàbitats amb més riquesa específica són les superfícies de les roques (líquens saxícoles) i les escorces dels arbres (líquens epífits), i amb una menor diversitat també es troben al terra (líquens terrícoles). Des de finals del segle XIX fins avui s'han obtingut noves dades que incrementen el coneixement de la diversitat líquènica a Catalunya. El darrer cens del 2019 assenyala una riquesa específica de 1.502 líquens i 211 fongs líquenícoles. Les amenaces que poden influir negativament sobre la riquesa específica dels líquens són les derivades de l'escalfament global, que afecta les temperatures i les precipitacions, la contaminació atmosfèrica i la destrucció o l'alteració dels hàbitats.

Paraules clau: definició de liquen, morfologia, hàbitat, riquesa específica, amenaces.

Lichens biodiversity in Catalonia

Abstract

Lichens are lichenized fungi. These fungi have slowed down their growth rate and “cultivate” photoautotrophic organisms to obtain organic matter. Associated with the lichen thallus we also find a whole set of fungi, the lichenicolous fungi. Lichens in ecosystems act as primary producers. Many lichen thalli can accumulate secondary metabolites, of which more than a thousand different lichen substances have been described. In Catalonia, the habitats with a higher specific richness are the surfaces of rocks (saxicolous lichens) and the bark of trees (epiphytic lichens), and with a lower diversity we also find lichens on the ground (terricolous lichens). From the end of the 19th century up to the present, new findings have been made which increase our knowledge of lichen diversity in Catalonia. The most recent census, from 2019, reveals a specific richness of 1,502 lichens and 211 lichenicolous fungi. The threats that can negatively influence lichen specific richness are those derived from global warming – which affects temperatures and precipitation – atmospheric pollution and the destruction or alteration of habitats.

Keywords: lichen definition, morphology, habitat, specific richness, threats.

Definició i concepte de liquen

Els líquens són uns fongs molt particulars. Com que els fongs no poden sintetitzar matèria orgànica directament, necessiten prendre-la d'altres organismes. Així, depenent del lloc d'on la prenguin i de la manera com ho facin, els hem classificat, de forma tan sintètica que podria semblar simplista, en: saprotròfics (descomponedors de matèria orgànica), paràsits (viuen sobre un organisme viu) i simbiòtics (amb benefici mutu, viuen associats a altres organismes). Si bé és cert que aquesta classificació no presenta fronteres ben definides, és útil per explicar la diversitat de les estratègies vitals dels fongs. Entre les simbiosis fúngiques cal destacar les micorrizes i els líquens. A les micorrizes no apreciem canvis morfològics evidents que ens indiquin que la planta viu associada al fong, i viceversa, i, possiblement per això, no considerem que s'ha creat un nou individu. Mantenim separatament el nom de la planta i el del fong, malgrat saber que el fong no podria viure sense la planta. Posem, per exemple, el cas de la tòfona blanca (*Tuber magnatum*), un dels ascomicets micorrízics més preuats, i les arrels de diferents arbres planifolis, principalment, l'àlber (*Populus alba*)

i el roure cerrís o roure turc (*Quercus cerris*) (Čejka *et al.*, 2023), amb els quals viu associat. Considerem tots dos organismes «independents»; cadascun s'ha descrit de manera separada i tenen noms diferents. En el cas dels líquens, és molt clar que s'ha creat un nou organisme morfològicament estable i ben diferent del que observariem si féssim un cultiu *in vitro* dels dos bionts per separat. Es pot dir que en el cas dels líquens es dona la paradoxa que els biòlegs acceptem, i que els matemàtics no entenen, que $1 + 1 = 1$. Com a mínim, els dos bionts necessaris són un micobiont (fong) i un fotobiont (alga o cianoprocariota). Sembla que aquesta dualitat la va descobrir Simon Schwendener (1869), que va ser professor a les universitats de Basilea i de Berlín. Referint-se als líquens, va dir que

totes aquestes «plantas» no són plantes simples, no individus en el sentit habitual de la paraula; més aviat són colònies compostes per centenars de milers d'individus, dels quals un exerceix el domini, mentre que els altres, en un captiveri etern, preparen l'aliment per a ells i el seu governant. El governant és un fong de la classe dels ascomicets, un paràsit que està acostumat a viure del treball aliè; els seus

esclaus són les algues verdes que ell mateix ha cercat o almenys ha capturat i les ha obligat a servir-lo.

Actualment, es poden definir els líquens com a fongs liquenitzats: fongs que han alentit el seu ritme de creixement i «cultiven» organismes fotoautòtrofs en benefici propi. També es pot dir que els líquens són organismes creats per simbiosi, és a dir, que només es formen quan els dos bionts es troben.

Estudis recents, amb tècniques moleculars, han permès identificar molts més de dos bionts com a integrants dels tal·lus líquènics. Així, en el cas del liquen *Letharia vulpina*, s'han identificat dos basidiomicets diferents en el còrtex del tal·lus, a més de l'ascomicet conegut (Tuovinen *et al.*, 2019). Amb el fotobiont passa el mateix: en un mateix tal·lus líquènic es pot trobar més d'un tipus de fotobiont; per exemple, una alga clorofícia juntament amb una cianoprocariota, generalment *Nostoc*. Aquests descobriments han donat peu que es parli dels líquens com a «microecosistemes» de simbiosi multispecífica.

Si ens centrem en el micobiont dominant, els líquens es poden classificar en ascolíquens

o basidiolíquens, segons si el fong pertany al filum dels ascomicots o al dels basidiomicots.

La diversitat dels tal·lus

El cos vegetatiu dels líquens, anomenat tal·lus, presenta una gran diversitat morfològica; des dels tal·lus compostos per un tal·lus primari i un altre de secundari, molt ben representats en el gènere *Cladonia*, fins als tal·lus simples. D'aquests darrers s'ha fet una classificació atenent-ne la morfologia. Així, tenim: *a*) els tal·lus crustacis, que solen ser ben estructurats i tenir un creixement radial en forma de discos ben delimitats, completament adherits al substrat, fins i tot penetrant a l'interior del substrat (p. ex., endolítics), o bé poden ser molt poc estructurats i formen creixements pulverulents sobre el substrat; *b*) els tal·lus esquamulosos, formats per esquàmules més o menys imbricades i estretament adherides per una part al substrat; *c*) els tal·lus foliacis, en forma de làmines, més o menys lobulades i dividides, que es fixen al substrat mitjançant rizines (conjunts d'hifes); *d*) els tal·lus umbilicats, amb làmines més o menys circulars, dividides o no, que es fixen al substrat per un punt, i *e*) els tal·lus fruticulosos, normalment molt ramificats, amb les «rames» de secció cilíndrica o lacinia-da, que poden ser de creixement erecte (quan s'aixequen del substrat com petits arbusts) o pènduls (quan pengen com fan moltes espècies del gènere *Usnea*, popularment anomenades «barbes de caputxí»). Aquesta classificació es pot fer molt més detallada amb vista a definir millor tota la diversitat morfològica dels tal·lus líquènics, diversitat que s'ha d'interpretar com una adaptació a la colonització de molts substrats i ambients diferents.

La diversitat taxonòmica

Els líquens, al contrari que les plantes, i com a organismes de «poca utilitat» per a l'ésser humà, no s'han identificat amb noms diferents fins fa relativament pocs anys. Si ens fixem en una obra prelinneana bastant completa, citariem la de Gaspard Bauhin (1671), que va publicar el que podríem traduir per 'Exposició il·lustrada de plantes', un recull de 2.700 plantes, on només figuren tretze espècies de líquens. Carl von Linné (1753), al segon volum de la seva obra *Species plantarum*, ja cita 81 espècies líquèniques, i les agrupa en nou classes. No és fins al 1810 que Erik Acharius, considerat el pare de la liquenologia, publica la *Lichenographia universalis*, on descriu 795 espècies líquèniques, agrupades en 41 gèneres. Al llarg dels anys, el nombre d'espècies descrites ha aug-

mentat d'una manera exponencial fins avui. El 2016 ja hi havia descrites 19.387 espècies en 995 gèneres (Lücking *et al.*, 2016). La major part d'aquests líquens pertanyen al filum dels ascomicots (19.215 espècies, en 980 gèneres) i només 172 espècies (en 15 gèneres) pertanyen al filum dels basidiomicots. Actualment ja es pot considerar que s'han superat les 20.000 espècies de fongs liquenitzats descrites.

Tota la taxonomia líquènica està basada en el micobiont. Per contra, si ens fixem en el fotobiont, només hi ha unes 120 espècies de fotobionts identificades: 108 clorofícies i 12 cianoprocariotes (Grube i Wedin, 2016).

En els tal·lus líquènics no només es poden identificar el micobiont i el fotobiont; també s'hi pot trobar un altre fong, que inicialment es va tractar com a paràsit, si bé actualment es creu que són pocs els fongs d'aquests tipus que actuen com a paràsits necrotrofics del tal·lus. La majoria esdevenen visibles sense matar l'hoste i poden causar decoloració del tal·lus o bé agalles, o simplement hi són presents sense produir cap mal aparent al tal·lus. En aquest cas, els fongs són considerats comensals i només se'n pot detectar la presència per la formació dels seus òrgans reproductors. Per posar nom a tota aquesta diversitat de fongs, els especialistes fan servir el concepte *fongs liquenícoles*, que simplement significa 'fongs que viuen en el líquen'. Per tant, els fongs liquenícoles serien tots els fongs que viuen dintre o sobre el líquen, a part del fong que forma el tal·lus (el micobiont). Se'n coneixen unes 1.800 espècies, però els especialistes estan d'acord que es tracta d'un grup infravalorat, que pot ser una font important de noves espècies de fongs, i aquesta situació d'infravaloració continuarà mentre no s'observin i no es recullin aquests fongs sobre els tal·lus líquènics (Grube i Wedin, 2016; Lawrey i Diederich, 2003).

En la sistemàtica general dels fongs, les classes en les quals es troben fongs liquenitzats són: artoniomicets, candelariomicets, coniciomicets, dotideomicets, eurotiomicets, lecanoromicets —on hi ha la major part de fongs liquenitzats—, letiomicets, liquinomicets, pezizomicets i sordariomicets, totes elles dintre del filum dels ascomicets, que actualment consta de 23 classes, de les quals 10 presenten fongs liquenitzats. Dintre del filum dels basidiomicets, de les 19 classes acceptades, només hi ha alguns fongs liquenitzats en la classe agaricomicets.

La diversitat de metabòlits secundaris

Amb el concepte *substàncies líquèniques* hom es pot referir tant als metabòlits primaris intracel·lulars com als metabòlits secundaris extracel·lulars, que són originats pels líquens. Els metabòlits primaris (proteïnes, aminoàcids, poliols, carotenoides, polisacàrids i vitamines), produïts tant pel fong com per l'alga, no són específics dels líquens i també es troben en fongs, algues i plantes vasculars. Al contrari, els metabòlits secundaris són originats exclusivament pel micobiont i es disposen a la superfície de les hifes fúngiques. Tanmateix, el carboni necessari per a la biosíntesi dels metabòlits secundaris és proporcionat per l'activitat fotosintètica del fotobiont, ja sigui en forma de glucosa o d'alcohols de sucre (poliols; Stocker-Wörg, 2008). Aquests metabòlits secundaris són derivats biosintètics de les vies acetil polimalonil, mevalònica i shikimat (Stocker-Wörgötter, 2008). En el mateix article de revisió, l'autora els comenta i els agrupa en: compostos fenòlics mononucleats, derivats de foroglucinols, derivats ftàlids, depèsids i altres compostos aromàtics, depesidones, antraquinones, naftaquinones i naftazarines. En l'article en qüestió l'autora també indica que J. A. Elix li havia comunicat que l'any 2008 ja es coneixien uns 1.050 metabòlits secundaris.

Aquests compostos tenen un gran interès per als liquenòlegs, ja que es fan servir en la quimiotaxonomia i en la sistemàtica dels líquens. També tenen un paper molt important en la biologia dels líquens. Molnár i Farkas (2010) fan una revisió en la qual avaluen la funció que aconsegueixen en la fotoprotecció contra la radiació solar, així com en les accions alleloquímica, antiviral, antitumoral, antibacteriana, antiherbívora i antioxidant, i consideren aquests compostos un factor important en l'homeòstasi dels metalls i en la tolerància a la contaminació dels tal·lus líquènics. Però també poden tenir un paper important per a la salut humana, tal com indiquen Shrestha i St. Clair (2013) en la seva revisió, on posen en evidència el poder antibiòtic i anticancerígen d'alguns d'aquests metabòlits. Així doncs, sembla que queda molt per explorar sobre totes les propietats i les aplicacions que poden tenir la gran diversitat de metabòlits secundaris coneguts i els que encara estan per descobrir.

La diversitat d'hàbitats

Els líquens són omnipresents al medi terrestre i colonitzen qualsevol substrat que tingui prou estabilitat per permetre el creixement del tal·lus

liquènic. Tradicionalment s'han classificat, de forma molt simplista, en epífits, terrícoles i saxícoles, malgrat que també es poden trobar colonitzant substrats artificials creats per l'ésser humà; així mateix hi ha líquens omnícoles (que ocupen qualsevol tipus de substrat). Dins els líquens epífits, el grup més abundant és el dels corticícoles (que colonitzen escorces i branques d'arbres i arbusts), però també hi ha els lignícoles (que viuen sobre la fusta), els foliícoles (que viuen sobre fulles) i els muscícoles (que viuen sobre les molles). Els líquens terrícoles formen comunitats completament diferents segons si el sòl té carbonats o no. Els líquens saxícoles, que viuen a les roques, també poden presentar preferències per les roques àcides (silicícoles) o per les roques carbonatades (calcícoles), i, en aquest cas, poden desenvolupar un tal·lus epilític o endolític. L'abundància relativa de cadascun dels grups dependrà del tipus de territori: epífits, si és més forestal, o saxícoles, si és més rocós. En general, però, veiem que els líquens terrícoles són minoritaris (taula 1).

Estudis històrics de la biodiversitat líquènica a Catalunya

En el treball de Gómez-Bolea *et al.* (1998) sobre la diversitat líquènica a Catalunya ja se'n va fer una breu història, així com una repassada cronològica. Per entendre millor els estudis de la diversitat líquènica a Catalunya, hem de destacar l'estèril període provocat per la Guerra Civil espanyola, seguit de la dictadura franquista. Aquest període d'uns trenta-sis anys ens permet diferenciar dues etapes. En una primera etapa, que comença a finals del segle XIX, botànics i naturalistes mencionen els líquens d'una manera molt puntual. D'aquest període, Masferrer (1877) cita 12 líquens dels

voltants de Vic; Vayreda (1882) recull 64 espècies sobre diferents substrats, de la vall de Núria; Navás (1899) dona una llista de 76 taxons líquènics del massís del Montsant (Tarragona); Lázaro e Ibiza (1898), entre 89 líquens d'Espanya i Portugal n'esmenta 4 de Catalunya, i Maluquer (1903) dona una llista de 17 líquens del Montseny. Mereix una menció especial Manel Llenas i Fernández (l'Espluga de Francolí, 5 de gener de 1879 - Barcelona, 1937), un botànic dedicat especialment a l'estudi dels líquens, per la qual cosa el podríem considerar el primer liquenòleg català. En un primer treball sobre líquens dels voltants de Barcelona, cita 67 espècies líquèniques (Llenas, 1902); més tard fa una monografia sobre les peltigeràcies, on dona les claus d'identificació per a 16 espècies, de les quals 4 constitueixen noves citacions per a Catalunya (Llenas, 1905), i finalment duu a terme el que podríem anomenar un primer catàleg dels líquens de Catalunya (Llenas, 1909). El naturalista francès Jaques Maheu va visitar Catalunya i va publicar dades sobre els líquens de Montserrat, d'on cita 79 espècies (Maheu, 1909), i sobre els líquens de la regió volcànica d'Olot i del Puig-sacalm, d'on cita 84 espècies (Maheu i Werner, 1935). L'any 1932 Antonio Esteve Subirana, fundador dels laboratoris farmacèutics Esteve, publica la seva tesi doctoral sobre els líquens de la comarca del Bages (Esteve, 1932). Hi identifica un total de 94 espècies, i parla per primera vegada a Catalunya de les aplicacions farmacèutiques dels líquens. En la publicació fa un agraïment, manuscrit a la contraportada, al doctor Pius Font i Quer, referint-se a ell com a «padri i inspirador d'aquest modest treball». Pius Font i Quer, reconegut científic, era en aquells moments el veritable motor de la botànica i de la micologia a Catalunya; la seva acti-

vitat, però, va ser tràgicament pertorbada el 1936 i definitivament interrompuda el 1939 (Camarasa, 1984).

La segona etapa podríem dir que comença amb Xavier Llimona, quan presenta una visió general de la liquenologia a Catalunya (Llimona, 1968), i posteriorment publica la seva tesi doctoral a la Universitat de Barcelona (UB) sobre els líquens gipsícoles (Llimona, 1973). En aquesta universitat es crea un nucli d'investigadors que dediquen les seves tesis doctorals als líquens, i alguns es van incorporar com a docents a la UB. Per ordre cronològic de la defensa de la tesi doctoral, cal esmentar: Hladun (1981), Gómez-Bolea (1985), Navarro-Rosinés (1992), Pereira (1992), Boqueras (1993), Giralt (1996), Barbero (1998), Llop (2002), Gaya (2005), Figueras-Balaguer (2011), Fernández-Brime (2012) i Muñiz (2014). Tot aquest equip, acompanyat de col·laboradors, comença la prospecció líquènica per tot Catalunya i a Andorra. Aquests liquenòlegs es varen especialitzar en els diferents hàbitats dels líquens, i, al principi, els treballs se centraven en un tipus de substrat dintre dels territoris estudiats; per exemple, sobre líquens silicícoles (Wirth i Llimona, 1975; Hladun, 1977, 1981 i 1985), calcícoles (Navarro-Rosinés i Hladun, 1986 i 1990; Navarro-Rosinés, 1992), hidròfils (Pereira i Llimona, 1987; Pereira, 1992, Llimona i Egea, 1985) i epifítics (Gómez-Bolea i Hladun, 1981b; Gómez-Bolea, 1984 i 1985; Giralt, 1986 i 1996; Boqueras, 1993). Seguidament, els treballs es van fer en equip, i s'aconseguien llistes de la riquesa específica integral dels líquens, estudiant tots els tipus de substrats en diferents espais naturals de Catalunya. En són exemples Llimona *et al.* (1984), Hladun *et al.* (1986 i 1994) i Boqueras *et al.* (1989).

Molts d'aquests treballs es fan com a contractes d'obra menor (Parc Nacional d'Aiguës-tortes, Illes Medes, Collserola, Montseny, Sant Llorenç del Munt i l'Obac, Cadí- Moixeró, Alt Pirineu, Garrotxa, Poblet, etc.). Tota la informació acumulada serveix per ampliar el coneixement de la biodiversitat i l'àrea de distribució dels líquens a Catalunya. Aquests treballs, realitzats i presentats com a informes per lliurar a l'entitat contractant (diputacions i Generalitat, principalment), en quasi tots els casos, es van publicar en revistes científiques. Malgrat tot, la valoració d'aquestes publicacions, la majoria en revistes de poc impacte, és molt baixa en els currículums dels investigadors. Això fa que l'equip entri en un declivi competitiu en l'àmbit de la recerca i es vagi «apagant». El treball fet, necessari per al país, però

↓ Taula 1. Riquesa específica líquènica, ordenada segons l'extensió de l'àrea d'estudi. Elaboració pròpia.

Àrea	Superfície (km ²)	Nombre total de líquens	% epífits	% terrícoles	% saxícoles	Referència
Riera de Clariana	4,64	81	48,1	22,2	29,7	Gómez-Bolea <i>et al.</i> (2023)
Parc de la Serralada Litoral	40,42	171	37	9	45	Alonso (2023)
Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter	81,92	177	45,2	14,7	40,1	Llop i Muñiz (2017)
Parc Natural de Collserola	82,95	129	55,6	18,36	26,1	Álvaro <i>et al.</i> (2009)
Parc Nacional d'Aiguës-tortes i Estany de Sant Maurici	141,91	334	32,7	17,9	35,9	Llop <i>et al.</i> (2018)
La Garrotxa	735	495	46,4	10,6	42	Llop (2019)

molt poc valorat, és com el que han fet clàssicament les mares per a la família. Amb currículums poc competitius, els líquenòlegs no tenen continuïtat en el terreny universitari, i és molt probable que l'àmbit acadèmic perdi aquest coneixement sobre els fongs i els líquens. Així ho corrobora el fet que fa deu anys que es va defensar la darrera tesi doctoral sobre líquens i, fins al moment, no se n'ha inscrit cap de nova. Encara no s'ha acabat la feina de prospectar tot el territori català i ja veiem la necessitat de fer el seguiment de certes espècies, ja sigui perquè estan protegides o perquè tenen un gran valor com a bioindicadors. El futur dels estudis sobre la diversitat líquènica sembla que quedarà a les mans d'un grup de ciutadans que continuaran treballant dintre de la Institució Catalana d'Història Natural.

La diversitat líquènica a Catalunya

El primer cens de què tenim constància es va publicar l'any 1909 i era de 285 espècies (Llenas, 1909). L'any 1987 ja teníem censades 1.232 espècies (Llimona *et al.*, 1987), l'any 1998 eren quasi 1.500 espècies (Gómez-Bolea *et al.*, 1998) i el darrer cens fet recull 1.502 líquens i 211 fongs líquenícoles (Hladun *et al.*, 2019). El coneixement de la riquesa específica dels líquens i dels fongs líquenícoles a Catalunya no es pot donar per tancat. Encara ara, cada any, anem descobrint la presència d'espècies no citades prèviament a Catalunya: el 2023, per exemple, al Parc Natural de la Serralada Litoral, quatre noves espècies (Alonso, 2023), o a l'estudi de la riera de Clariana, dues noves citacions (Gómez-Bolea *et al.*, 2023). Cal incrementar el coneixement de la diversitat i la distribució dels líquens de Catalunya per transmetre als òrgans de gestió la importància de protegir la integritat i la qualitat dels seus hàbitats.

Les amenaces a la biodiversitat líquènica a Catalunya

Les amenaces per a la diversitat líquènica no són pas diferents de les amenaces globals que afecten tota la biodiversitat del planeta i que tenen l'origen en la gran densitat humana i en la seva activitat globalitzadora i consumista. Aquestes amenaces són les derivades de l'escalfament global —que té impacte en les temperatures i en les precipitacions—, la contaminació atmosfèrica i la destrucció o la modificació dels hàbitats. A Catalunya podríem dir que aquestes amenaces tenen un impacte diferent sobre els líquens depenent de la regió bioclimàtica i de la densitat humana.

A les regions de bioclima alpi i subalpi
Les conseqüències de l'escalfament global tindran lloc a totes les regions climàtiques, però potser en el cas dels líquens la regió alpina serà la més afectada. S'hauria de fer el seguiment d'espècies estrictament alpines per veure com es comporten davant de l'escalfament global. És possible que algunes d'aquestes espècies desapareguin i deixin pas a unes altres de més termòfiles que creixen a terra baixa. Per exemple, *Allantoparmelia alpicola*, que és silicícola, i *Cephalophysia leucospila* o *Sarcogyne cretaea*, que són calcícoles, segons Nimis *et al.* (2018) tenen distribució articoalpina, i són presents a Catalunya. Aquestes espècies podrien ser de les més sensibles a l'escalfament global, malgrat que tenen un ritme de creixement molt baix i, consegüentment, els canvis trigarien anys a manifestar-se.

Els líquens terrícoles són molt sensibles a la pressió pel trepig. En aquest sentit, a les pistes de les estacions d'esquí les comunitats d'aquests líquens es veuen empobrides. La maquinària pesant, quan circula per preparar les pistes i principalment a l'estiu quan no hi ha la coberta nival protectora, és molt erosiva.

A les regions de bioclima medieuropeu

L'eutrofització de l'atmosfera, posada en evidència per l'abundància de comunitats líquèniques epifítiques nitròfiles, disminueix la diversitat líquènica. Aquesta contaminació atmosfèrica és molt evident als voltants dels camps de conreu i de les granges (principalment, de porcs).

El microclima generat pels boscos, que és el que aprofiten les comunitats de líquens epífits i terrícoles per desenvolupar-se, s'hauria d'intentar alterar el mínim possible. La diversitat líquènica, més enllà de la riquesa específica, va lligada al grau de maduresa i de continuïtat ecològica dels boscos. Des de la dècada del 1970 s'ha fet molta feina cercant les espècies líquèniques epifítiques indicadores de la continuïtat ecològica dels diversos tipus de boscos centreeuropeus i mediterranis. La idea és que existeix un conjunt d'espècies indicadores de la continuïtat ecològica de cada tipus de bosc. Rose (1976), que va ser capdavanter en els estudis d'aquest valor indicador dels líquens epífits, va proposar trenta espècies indicadores per als boscos caducifolis d'Anglaterra. També es va fer un treball d'aquest tipus, a la península Ibèrica, per a les rouredes (Etayo i Gómez-Bolea, 1992) i per als alzinars a Catalunya (Longán, 2006). L'alteració dels boscos comportaria la desaparició

de tot aquest conjunt d'espècies indicadores. Consegüentment, l'explotació forestal s'hauria de fer seguint uns criteris de protecció de la diversitat líquènica natural d'aquests boscos.

Les comunitats lignícoles, tant de líquens com de briòfits, necessiten fusta en diferents graus d'alteració per aconseguir la seva màxima diversitat. Per tant, cal la presència de troncs morts al bosc que es vagin descomponent per permetre la instal·lació de tot un conjunt d'espècies úniques d'aquests hàbitats. Aquesta fusta també s'ha de conservar a les regions de bioclima subalpi.

A les regions de bioclima mediterrani

L'alzinar, el bosc mediterrani per excel·lència, també es torna a explotar forestalment. En aquests casos és aplicable el criteri exposat en l'apartat anterior per als boscos medieuropeus, de protecció de la diversitat líquènica.

Els incendis forestals fan desaparèixer tots els líquens de l'àrea afectada i la seva recuperació és molt lenta. Els líquens epífits no podran retornar fins que els foròfits, que els han de suportar, no hagin crescut prou. Els líquens terrícoles es recuperaran més lentament i els que trigaran més a fer-ho seran els saxícoles.

La contaminació atmosfèrica per efecte de les emissions industrials i del trànsit urbà eliminarà les espècies més sensibles (principalment, els líquens epífits).

A les grans concentracions urbanes es produeix l'efecte d'«illa tèrmica». Consisteix en una alteració climàtica produïda per la urbanització del territori, que generalment va lligada també a la contaminació atmosfèrica. Aquesta situació fa que tot un conjunt de líquens epífits i fruticulosos sensibles a la qualitat atmosfèrica desapareguin. Aquestes espècies poden ser emprades com a indicadores d'aquesta contaminació.

La tala del sotabosc, per evitar el risc d'incendi, fa desaparèixer el microclima que genera i que és el que permet el desenvolupament de la comunitat de líquens foliacis terrícoles dels gèneres *Peltigera*, *Nephroma*, *Sticta* i *Lobarina*, entre d'altres. Per tant, aquest sotabosc és important en aquesta regió, però també ho és a la regió de bioclima medieuropeu.

Coneixem casos en què accions puntuals de l'activitat humana, per manca de coneixement del valor natural que representen, han alterat comunitats de líquens protegides, fins al punt de fer desaparèixer alguna espècie de la localitat afectada. Així, de la mateixa manera que per a les grans obres es demana un informe mediambiental, quan es tracta de petites

intervencions també s'hauria de fer. En altres casos es persegueixen espècies puntualment; per exemple, la recollecció de *Cladonia mediterranea*, malgrat que està prohibida, s'ha de

controlar, ja que aquesta espècie i altres de semblants es fan servir per simular arbres i matolls a les maquetes d'arquitectura o per dur a terme la decoració de Nadal.

Al marge d'aquestes amenaces, hem de tenir present que el coneixement de la biodiversitat líquènica i dels fongs liquenícoles també està en perill si desapareixen els liquenòlegs.

Bibliografia

- ACHARIUS, E. (1810). *Lichenographia universalis: In qua Lichenes omnes detectos, adiectis observationibus et figuris horum vegetabilium naturam et organorum carpomorphorum structuram illustrantibus, ad genera, species, varietates differentis et observationibus sollicita definita*. Gotinga: Apud Iust. Frid. Danckwerts. 680 p.
- ALONSO, E. (2023). «Aportació al coneixement del catàleg líquènic del Parc de la Serralada Litoral». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 87 (3): 129-138.
- ÁLVARO MARTÍN, M. I.; BARBERO CASTRO, M.; LLOP VALLVERDÚ, E.; GÓMEZ-BOLEA, A. (2009). «Riquesa briològica i liquenològica del Parc de Collserola (Catalunya). Estacions d'especial interès». *Acta Bot. Barc.*, 52: 5-44.
- BARBERO, M. (1998). *Estudio florístico y quimiotaxonomico de los líquenes silicícolas del Maresme*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 577 p.
- BAUHIN, G. (1671). *Pinax theatri botanici, sive Index in Theophrasti Dioscoridis, Plinii et Botanicorum qui a saeculo scripserunt opera*. Basilea: Impensis Joannis Regis. Sumptibus & typis Ludovici Regis. 564 p.
- BOQUERAS, M.; NAVARRO-ROSINÉS, P.; GÓMEZ-BOLEA, A. (1989). «Flora i vegetació líquènica nitròfila del delta de l'Ebre». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 57: 41-52.
- CAMARASA, J. M. (1984). «Pius Font i Quer: un precursor de l'etnobotànica farmacèutica a Catalunya». *Arxiu d'etnografia de Catalunya*, 3: 175-186.
- ČEJKA, T.; TRNKA, M.; BÜNTGEN, U. (2023). «Sustainable cultivation of the white truffle (*Tuber magnatum*) requires ecological understanding». *Mycorrhiza*, 33: 291-302.
- ESTEVE, A. (1932). *Contribución al estudio de la flora líquenológica de la comarca del Bages*. Tesis doctoral. Manresa. 47 p.
- ETAYO, J.; GÓMEZ-BOLEA, A. (1992). «Estabilidad ecológica por medio de bioindicadores líquénicos en robledales de los Pirineos atlánticos». *Fol. Bot. Misc.*, 8: 61-75.
- FERNÁNDEZ-BRIME, S. (2012). *Els líquens saxícoles i terri-còles del Parc Natural de Cap de Creus, amb un estudi filogenètic aplicat a la sistemàtica dels gèneres Diploschistes i Ingvaria*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 389 p.
- FIGUERAS-BALAGUER, G. (2011). *Taxonomical studies of the non-crustose genera of the physciaceae family in the iberian peninsula*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 246 p.
- GAYA, E. (2005). *Revisión morfológica y molecular de los taxones lobulados del género Caloplaca (teloschistaceae, líquenes), con especial énfasis en el grupo C. saxicola*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 415 p.
- GÓMEZ-BOLEA, A. (1985). *Líquenes epífitos en Catalunya*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 259 p.
- GÓMEZ-BOLEA, A.; HLADUN, N. L.; LLIMONA, X. (1998). «La diversitat líquènica de Catalunya i Andorra. Estat dels nostres coneixements i propostes per a millorar-los». *Acta Bot. Barc.*, 45: 91-105. [Homenatge a Oriol de Bolòs]
- GÓMEZ-BOLEA, A.; JOVER, M.; LLOP, E.; ALONSO, E.; CHESA, M. J.; CARTANYÀ, M. (2023). «Els líquens i briòfits de la riera de Clariana (Catalunya), amb noves citacions per a la península Ibèrica de dues espècies criptiques de microliquens epífits». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 87 (4): 179-188.
- GRUBE, M.; WEDIN, M. (2016). «Lichenized fungi and the evolution of symbiotic organizations». *Microbiol. Spectr.* [en línia], 4 (6). <https://doi.org/10.1128/microbiolspc.FUNK-0011-2016>.
- HLADUN, N. L. (1981). *Aportación a la flora, morfología y vegetación de los líquenes silicícolas de la parte alta del Montseny (Catalunya)*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 355 p.
- HLADUN, N. L.; GÓMEZ-BOLEA, A.; LLIMONA, X. (1986). «Els líquens del Montseny». A: TERRADES, J.; MIRALLES, J. *El patrimoni biològic del Montseny: Catàlegs de flora i fauna*. Vol. I. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals, p. 1-10.
- (1994). «Aportació a la flora i vegetació líquènica dels Aiguamolls de l'Alt Empordà». A: GOSÁLBEZ, J.; SERA, J.; VELASCO, E. (coord.). *Els sistemes naturals dels aiguamolls de l'Empordà*, 151-166. (Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural; 13)
- HLADUN, N. L.; LLIMONA, X.; LLOP, E.; GÓMEZ-BOLEA, A. (2019). *Catàleg de la biodiversitat de Catalunya* [en línia]. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural. <https://ichn.iec.cat/catalog-de-la-biodiversitat-de-catalunya/> [Consulta: maig 2024].
- LAWREY, J. D.; DIEDERICH, P. (2003). «Lichenicolous fungi: Interactions, evolution, and biodiversity». *The Bryologist*, 106 (1): 80-120.
- LÁZARO E IBIZA, B. (1898). «Nota sobre algunos líquenes de España y Portugal». *Actas Soc. Esp. Hist. Nat.* (novembre), 180-186; (desembre), 200-205.
- LINNÉ, C. von (1753). *Species plantarum*. Vol II. Estocolm: Laurentius Salvius. 2 v.
- LENAS, M. (1902). «Algunos líquenes de los alrededores de Barcelona». *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 2: 207-211.
- (1905). «Enumeración y distribución de los peltigáceos de Cataluña». *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 5: 168-175.
- (1909). «Ensaig d'una flora líquènica de Catalunya». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 6 (1-6): 1-39.
- LLIMONA, X. (1968). «Visió general dels líquens de Catalunya». *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* [Barcelona: Societat Catalana de Biologia], 26: 59-65.
- (1973). *Las comunidades de líquenes de los yesos de España*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 342 p.
- LLIMONA, X.; HLADUN, N. L.; GÓMEZ-BOLEA, A. (1984). «La vegetació líquènica de les illes Medes». A: *Els sistemes naturals de les illes Medes*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, 115-128. (Arxiu de les Seccions de Ciències; LXXIII)
- LLIMONA, X.; HLADUN, N. L.; NAVARRO-ROSINÉS, P.; GÓMEZ-BOLEA, A. (1987). *Una ordenación sistemática de los líquenes de los Países Catalanes*. Primera versió. Document policopiats distribuïts als assistents al VII Simposio Nac. de Bot. Criptogàmica. Madrid. 32 p.
- LLOP, E. (2002). *La familia «Bacidaceae» (Lecanorales) a la Península Ibèrica i les Illes Balears. Els gèneres «Bacidia» i «Bacidina»*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 173 p.
- (2019). «Els líquens de les roques calcàries de l'Alta Garrotxa». *Annals de la Delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural*, 9: 5-14.
- LLOP, E.; BARBERO, M.; HLADUN, N. L.; NAVARRO-ROSINÉS, P.; GÓMEZ-BOLEA, A. (2018). «Diversity and ecology of lichens and lichenicolous fungi in «Aiguëstortes i Estany de Sant Maurici» National Park (Pyrenees, Catalonia, Spain)». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 82: 121-132.
- LLOP, E.; MUÑOZ, D. (1917). «La diversitat líquènica del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el baix Ter. Una eina per a l'avaluació d'impactes ambientals». *Recerca i Territori*, 9: 90-135. [Museu de la Mediterrània, Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Beques de recerca Joan Torró i Cabratosa. Medi Ambient i Ciències Socials]
- LONGÁN, A. (2006). *Els líquens epífits com a indicadors de l'estat de conservació del bosc mediterrani: Proposta metodològica per als alzinars de Catalunya*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències Biològiques. 663 p. (Arxiu de les Seccions de Ciències; CXXXVII)
- LÜCKING, R.; BRENDAN, P.; HODKINSON, B. P.; LEAVITT, S. D. (2016). «The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota – Approaching one thousand genera». *The Bryologist*, 119 (4): 361-416.
- MAHEU, J.; WERNER, R. G. (1935). «Lichénographie catalane des laves d'Olot (Espagne). Comparaison avec la flore calcaire du massif voisin de Puigsacalm». *Rev. Bryol. Lichénol.*, 8 (3-4): 194-212.
- MAHEU, M. J. (1909). «Notes relatives à la cryptogamie de l'Espagne. Les Lichens du Montserrat». *Bull. de la Soc. Bot. de France*, 56: 5; sessió 11 juny: 334-343; sessió 25 juny: 389-397.
- MALUQUER, J. (1903). «Líquens del Montseny». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, any 3 (17-18): 62-63.
- MASFERRER, R. (1877). «Recuerdos botánicos de Vich». *Anales Soc. Esp. Hist. Nat.*, 6: 359-398. (Memorias; sèr. 1)
- MOLNÁR, K.; FARKAS, E. (2010). «Biological activities of lichen substances». *Zeitschrift für Naturforschung*, 65c: 157-173.
- MUÑOZ PÉREZ, D. (2014). *Hongos calicioides en la Península Ibérica*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 246 p.
- NAVARRO-ROSINÉS, P. (1992). *Els líquens i els fongs liquenícoles dels substrats carbonatats de Catalunya meridional*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 459 p.
- NAVÁS, L. (1899). «Una excursió al Montsant (provincia de Tarragona). Notas botánicas». *Actas Real Soc. Esp. Hist. Nat.* (febrer), 76-80.
- NIMIS, P. L.; HAFELLNER, J.; ROUX, C.; CLERC, P.; MAYRHOFER, H.; MARTELOS, S.; BILOVITZ, P. O. (2018). «The lichens of the Alps – an annotated checklist». *MycKeys* [en línia], 31: 1-634. <https://doi.org/10.3897/myckeys.31.23658>.
- PEREIRA, I. (1992). *Flora, vegetación y ecología de los líquenes acúticos de España*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 342 p.
- ROSE, F. (1976). «Lichenological indicators of age and environmental continuity in woodlands». A: BROWN, D. H.; HAWKSWORTH, D. L.; BAILEY, R. H. (ed.). *Lichenology: Progress and Problems*. Nova York: Academic Press, 279-307.
- SCHWENDENER, S. (1869). *Die Agentypen der Flechtengonidien*. Basilea: Universitätsbuchdruckerei von C. Schultze. 42 p.
- SHRESTHA, G.; ST. CLAIR, L. L. (2013). «Lichens: A promising source of antibiotic and anticancer drugs». *Phytochem Rev.*, 12: 229-244.
- STOCKER-WÖRGÖTTER, E. (2008). «Metabolic diversity of lichen-forming ascomycetous fungi: Culturing, polyketide and shikimate metabolite production, and PKS genes». *Nat. Prod. Rep.*, 25: 188-200.
- TUOVINEN, V.; EKMAN, S.; THOR, G.; VANDERPOOL, D.; SPRIBILLE, T.; JOHANNESSEN, H. (2019). «Two basidiomycete fungi in the cortex of wolf lichens». *Current Biology* [en línia], 29 (3): 476-483. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.12.022>.
- VAYREDA, E. (1882). *Catàleg de la flora de la vall de Núria*. Barcelona: Impremta dels Successors de Ramirez y C., 90-91.
- WIRTH, V.; LLIMONA, X. (1975). «Das Pertusarietum rupicola un. nova, eine Silikatflechten-Gesellschaft im Mittelmeerraum, mit Bemerkungen zur Taxonomie des Pertusaria pseudocorallina-Formenkreises». *Herzogia*, 3 (2-4): 335-346.

La biodiversitat de les plantes vasculars als Països Catalans

Teresa Garnatje,^{1,2} Jordina Belmonte,³ Emmanuele Farris,^{4,5,6} Xavier Font,^{7,8} Pere Fraga,^{2,9} Airy Gras,¹⁰ Emili Laguna,¹¹ Alfredo Maccioni,^{4,5} Llorenç Sáez,¹² Joan Vallès^{10,13}

¹ Institut Botànic de Barcelona (IBB) (Consell Superior d'Investigacions Científiques - Consorci Museu de Ciències Naturals de Barcelona, CSIC-CMNCB), Barcelona

² Jardí Botànic Marimurtra, Fundació Carl Faust, Blanes (Girona)

³ Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia (BABVE) i Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA), Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Bellaterra (Barcelona)

⁴ Dipartimento di Scienze Chimiche, Fisiche, Matematiche e Naturali, Università di Sassari, Sàsser (Sardenya)

⁵ Progetto e.INS- Ecosystem of Innovation for Next Generation Sardinia

⁶ National Biodiversity Future Center (NBFC), Palerm (Sicília)

⁷ Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona (UB), Barcelona

⁸ Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona (UB), Barcelona

⁹ Secció de Ciències Naturals, Institut Menorquí d'Estudis (IME), Maó (Menorca)

¹⁰ Laboratori de Botànica (UB), Unitat associada al CSIC, Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació - Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona, Barcelona

¹¹ Centre per a la Investigació i Experimentació Forestal (CIEF), Generalitat Valenciana, Quart de Poblet (València)

¹² Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia (BABVE), Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Sistemàtica i Evolució de Plantes Vasculars (UAB) - Unitat associada al CSIC (IBB)

¹³ Secció de Ciències Biològiques, Institut d'Estudis Catalans (IEC), Barcelona

Correspondència: Teresa Garnatje. Institut Botànic de Barcelona (IBB) (CSIC-CMNCB). Passeig del Migdia, s. n. 08038 Barcelona. Adreça electrònica: tgarnatje@ibb.csic.es.

DOI: 10.2436/20.1501.02.241

ISSN (ed. impresa): 0212-3037

ISSN (ed. digital): 2013-9802

<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>

Rebut: 4 de juliol de 2024

Acceptat: 12 d'agost de 2024

Resum

Aquest treball presenta una síntesi breu de les fites publicades o en curs i de les dades més recents sobre la diversitat de plantes vasculars als territoris de llengua catalana, a fi d'obtenir-ne una fotografia de l'estat actual que pugui ser útil per al disseny de polítiques de conservació i per a recerques futures adreçades a cobrir les mancances que es posen de manifest. En les àrees iberoibalears, que constitueixen la pràctica totalitat de la zona considerada en aquest article, actualment les flors vasculars comprenen 4.558 tàxons a Catalunya, 3.325 al País Valencià, 2.187 a les Illes Balears i 1.596 a Andorra, mentre que la de l'Alguer, l'únic territori catalanòfon geogràficament allunyat dels anteriors, n'inclou 830. En el futur, seria convenient dur a terme nous estudis que permetessin actualitzar les dades existents, així com els aspectes de nomenclatura i de taxonomia, i que portessin a la construcció d'una llista única i fàcilment accessible de tàxons de tots els territoris dels Països Catalans.

Paraules clau: biodiversitat, etnoflora, flora, Països Catalans, plantes vasculars.

Antecedents

L'estimació de la biodiversitat vegetal del planeta ha estat l'objectiu de nombroses investigacions durant els últims cent anys, però les noves tecnologies, juntament amb la crisi de la biodiversitat i la globalització, han posat aquest intent de síntesi en el focus de moltes recerques (Wilson, 1988; Pimm *et al.*, 2014). Als Països Catalans (PPCC) existeix una llarga tradició naturalista, la qual cosa fa que les plantes vasculars i la seva distribució al territori ja siguin força ben conegudes. Aquesta tradició continua fins als nostres dies, amb estudis

recents i actuals. La diversitat vegetal d'aquesta àrea geogràfica de 70.520 km² i uns catorze milions d'habitants, que representa una unitat cultural i lingüística, ha estat profusament estudiada. Hom pot trobar una descripció detallada de la geografia física del territori a Riba *et al.* (1984).

L'objectiu d'aquest article no és fer un repàs exhaustiu de tots els treballs i iniciatives d'estudi de la biodiversitat de les plantes superiors que s'han dut a terme en aquest territori, sinó intentar sintetitzar breument les grans contribucions i obtenir una panoràmica de

l'estat actual, que pugui ser útil per al disseny de polítiques de conservació i per a recerques futures adreçades a cobrir les mancances que es posen de manifest.

L'obra més recent que tracta en conjunt i de manera exhaustiva la flora vascular de tots els territoris iberoibalears dels PPCC és la tercera edició de *Flora manual dels Països Catalans* (Bolòs *et al.*, 2005). Enguany, doncs, fa vint anys de la seva publicació; aquesta obra correspon a l'actualització de la primera versió del 1990. A la taula 1 es mostra el nombre total de tàxons específics i subespecífics (excloent-ne

Biodiversity of vascular plants in the Catalan Countries

Abstract

This paper presents a brief synthesis of published or ongoing milestones and the most recent data on the diversity of vascular plants in the Catalan-speaking territories, aiming to provide a current snapshot that could be useful for the design of conservation policies and future research addressing identified gaps. In the Iberian-Balearic territories, which form the greater part of the area considered here, the current vascular flora includes 4,558 taxa in Catalonia, 3,325 in the Valencian Community, 2,187 in the Balearic Islands, and 1,596 in Andorra, while Alghero, the only Catalan-speaking territory geographically distant from the others, includes 830 taxa. In the future, it would be advisable to carry out new studies to update the existing data as well as aspects of nomenclature and taxonomy, allowing the development of a unique and easily accessible list of taxa from all the Catalan-speaking territories.

Keywords: biodiversity, ethnoflora, flora, Catalan Countries, vascular plants.

↓ Taula 1. Nombre de tàxons en el conjunt dels PPCC i per regions que figura en la tercera edició de *Flora manual dels Països Catalans* (Bolòs *et al.*, 2005).

	Països Catalans	Catalunya, Andorra, Catalunya del Nord i Franja de Ponent ^c	País Valencià	Illes Balears
Superfície relativa	100 %	59,00 %	33,70 %	7,30 %
Tàxons ^a	4.606	3.805	2.736	1.595
Espècies	3.779	3.246	2.401	1.421
Gèneres	958	894	786	591
Famílies ^b	145	143	132	122

Notes. a) Total de tàxons específics i subespecífics autòctons o naturalitzats; b) segons APG IV (2016); c) aquests territoris es presenten agrupats en la publicació de referència.

els híbrids), de gèneres i de famílies autòctons o naturalitzats en el conjunt dels PPCC i per regions.

Un segon projecte de recopilació de les dades corològiques de la flora vascular en l'àmbit territorial dels PPCC va ser l'Organització per a la Cartografia de les Plantes Vasculars als Països Catalans (ORCA). Constituïda el 1982 com un grup de treball de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC), fou dirigida durant molts anys per Oriol de Bolòs i, després del seu decés, per Josep Vigo i Xavier Font. Aquest projecte comptà amb un grup de treball de gairebé un centenar de membres consultors que proporcionaven dades corològiques. El seu objectiu principal fou publicar mapes de distribució de totes les plantes vasculars, que va donar lloc a l'edició, per volums, de l'*Atlas corològic de la flora vascular dels Països Catalans*. El darrer volum publicat —el xvi— va aparèixer el 2010 amb 234 mapes, i en total s'han publicat (1983-2010) 4.113 mapes. En queda el portal web (<http://biodiver.bio.ub.es/orcanew>) amb les dades dels vint volums inicialment previstos.

Estat actual

És ben sabut que el coneixement de la flora mundial, ibèrica i dels PPCC ha experimentat avenços importants les darreres dues dècades, en part, gràcies a les noves eines moleculars, que han tingut un gran impacte en la taxonomia. Fruit d'això s'han finalitzat treballs com *Flora iberica* (el darrer volum, el xix (ii)), que comprèn tots els territoris dels PPCC (llevat de la Catalunya del Nord i de l'Alguer); però també s'han publicat obres territorials que inclouen àrees dels PPCC, com *Flora valentina* (Mateo *et al.*, 2011-2024), programada en sis volums, cinc dels quals ja han estat publicats i el darrer s'espera que ho serà el 2026, i *Flore de la France méditerranéenne*, que comprèn territoris de la Catalunya del Nord (Tison *et al.*, 2014).

Pel que fa a l'actualització de la flora, a Catalunya, *An annotated checklist of the vascular plants of Catalonia* (Sáez i Aymerich, 2021) no

inclou, a diferència de *Flora manual* (Bolòs *et al.*, 2005), Andorra, la Catalunya del Nord ni la Franja de Ponent. Segons aquesta obra, el nombre de plantes de Catalunya s'ha incrementat d'una manera molt notable, en 783 tàxons, ja que els autors han recopilat (sense incloure-hi els híbrids) un total de 4.588 tàxons (3.460 d'autòctons i 1.128 d'al·lòctons) per al territori administrat per la Generalitat de Catalunya. Respecte a Andorra, actualment la llista de plantes vasculars inclou 1.596 tàxons (https://www.mediambient.ad/images/stories/biodiversitat/flora/FloraAndorra_Check-list.pdf).

Mentre que Bolòs *et al.* (2005) consideren únicament les espècies al·lòctones plenament naturalitzades, Sáez i Aymerich (2021) recullen totes les observacions dels tàxons naturalitzats i de presència ocasional (taula 2). Com en altres territoris fortament humanitzats, la flora dels PPCC ha experimentat canvis notables per la introducció cada cop més elevada de plantes vingudes d'arreu (neòfits), de vegades dutes com a plantes ornamentals (pertanyents als gèneres *Gazania* i *Kalanchoe*, entre d'altres), però sovint també introduïdes accidentalment. D'aquests tàxons al·lòctons, un nombre cada cop més alt es va fent espontani, principalment,

a les comarques litorals i en hàbitats ruderalitzats. La constatació de la importància d'aquest fenomen ha motivat la realització de dos treballs de catalogació recents d'Aymerich i Sáez (2019), restringit a Catalunya, i de Gómez (2023), per als PPCC, i el desenvolupament d'un portal web específic (<https://www.creaf.cat/es/exocat>). Aquest autor (2023) troba als PPCC (a excepció de la Catalunya del Nord i la Franja) 1.388 espècies al·lòctones adventícies o naturalitzades. Catalunya alberga el nombre més alt d'aquestes espècies de tota l'àrea d'estudi, amb 1.134, seguida del País Valencià (843) i les Illes Balears (476). La major riquesa d'aquestes espècies es troba a les zones litorals i àrees properes, especialment, en zones amb una elevada concentració de població humana.

Pel que fa al País Valencià, l'obra completa més moderna correspon a *Claves ilustradas para la flora valenciana* (Mateo i Crespo, 2014), en què s'afegeixen 589 nous tàxons fins a reconèixer-ne un total de 3.325 per al territori valencià (taula 3).

Pel que fa als projectes taxonòmics, es troba en desenvolupament *Flora valentina*, del qual s'han editat ja cinc volums (Mateo *et al.*, 2011-2015 i 2022-2024), i és en preparació el volum 6, dedicat a les monocotiledònies. El projecte ha tingut problemes de finançament al llarg de la seva execució i els volums s'han editat en dues tandes, en formats bastant diferents. A banda d'això, pel temps transcorregut des del seu inici, caldria abordar-ne una actualització dels continguts. A més, el tractament taxonòmic utilitzat (una modificació d'APG II) s'hauria de renovar amb vista a futures edicions.

Un cas especial és el tractament del gènere *Hieracium*, per al qual caldrà en el futur un

↓ Taula 2. Nombre de tàxons autòctons i al·lòctons de Catalunya (Aymerich i Sáez, 2019), del País Valencià (Mateo i Crespo, 2014), de les Illes Balears (actualitzat a partir de Sáez *et al.*, 2013) i de l'Alguer (Farris i Maccioni, dades inèdites).

Nombre de tàxons	Catalunya	País Valencià	Illes Balears	L'Alguer
Autòctons	3.460	2.696	1.641	787
Al·lòctons	1.128	590	546	43
Total	4.588	3.325	2.187	830

↓ Taula 3. Nombre de tàxons (inclouent-hi espècies i subespècies), de gèneres i de famílies autòctons de Catalunya (Sáez i Aymerich, 2021), del País Valencià (Mateo i Crespo, 2014), de les Illes Balears (Sáez *et al.*, 2013) i de l'Alguer (Farris i Maccioni, dades inèdites).

	Catalunya	País Valencià	Illes Balears	L'Alguer
Tàxons (espècies i subespècies)	3.460	2.696	1.641	787
Gèneres	895	718	558	410
Famílies	139	146	113	107

criteri unificador consensuat. Així, al País Valencià, mentre que a Mateo i Crespo (2014), principal llista consultable de la flora valenciana, es parlava de 40 espècies —15 de les quals endèmiques— i sense cap referència a híbrids, Mateo *et al.* (2023) recullen 37 espècies —11 d'endèmiques—, però n'hi afegeixen 25 d'híbrids —21 d'endèmiques— que, en molts casos, havien estat tractades en treballs anteriors com a espècies independents.

En les dades preses de les obres esmentades en els apartats anteriors, no s'hi ha inclòs l'Alguer. Aquest territori, també de llengua catalana, però fora de l'àrea iberoibaleà, mereix un comentari específic. Es troba al nord-oest de Sardenya, a les coordenades 40°33'36"N 8°18'54"E, i ocupa una superfície de 225,4 km² (0,9 % de la superfície sarda). S'estén al llarg del mar de Sardenya per uns 80 km, i limita al sud amb el municipi de Villanova Monteleone, i al nord, amb el de Sàsser. El territori està dividit gairebé equitativament en una part septentrional principalment amb terrenys calcaris mesozoics, una part central i costanera caracteritzada per substrats al·luvials recents i una part meridional constituïda per vulcanites àcides oligomiocèniques. Amb un interval altitudinal comprès entre 0 i 432 m sobre el nivell del mar (Mont d'Olla), l'Alguer presenta una temperatura mitjana anual de 16,4 °C i una pluviometria mitjana de 590 mm. L'àrea es troba completament en el macroclima mediterrani, amb matisos en zones diverses (Canu *et al.*, 2015).

Aquesta regió té una llarga història de recerques botàniques, amb els importants treballs de Valsecchi (1964, 1966 i 1976) i, posteriorment, una síntesi de Biondi *et al.* (2001). Les recerques florístiques s'han intensificat en els darrers vint anys, i han permès identificar al territori de l'Alguer 830 tàxons (ca. 36 % de la flora sarda), referits a 800 espècies de 410 gèneres i a 107 famílies (segons APG IV, 2016). D'aquestes espècies, 424 són anuals (51,1 %), mentre que les restants són perennes (48,9 %). En la flora algueresa, 54 espècies són endèmiques (6,5 %) i 43, exòtiques o alienes (5,2 %). Els treballs anteriors no comprenien tot el municipi de l'Alguer o també incloïen altres territoris, de manera que no es disposa d'estimacions anteriors de la flora.

Algunes espècies tenen una part rellevant de la seva àrea de distribució al territori de l'Alguer: *Anchusa sardoa* (Illario) Selvi & Bigazzi i *Limonium nymphaeum* Erben tenen tota l'àrea global inclosa al municipi de l'Alguer, *Polygala rupestris* Pourr. inclou tot el ter-

ritori italià i *Sonchus arvensis* L. subsp. *uliginosus* (M. Bieb.) Nyman té tota l'àrea sarda. També algunes espècies alienes presenten la primera citació italiana dins del territori de l'Alguer: les més recents són *Callianthe picta* (Gillies ex Hook. & Arn.) Donnell i *Dovyalis caffra* (Hook.f. & Harv.) Sim.

Recursos en línia i ciència ciutadana

A part del portal web d'ORCA ja esmentat, a Internet hi ha tres sistemes d'informació principals sobre la biodiversitat finançats pels governs de Catalunya, del País Valencià i de les Illes Balears, que presenten un volum força exhaustiu de dades florístiques sobre les plantes vasculars de llurs territoris.

El projecte més antic és el del Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya (BDBC, <http://biodiver.bio.ub.es/biocat>), fet públic fa vora vint-i-quatre anys i actualment amb 2.614.929 citacions referents a 5.353 tàxons (espècies i subespècies). Aquesta xifra és lleugerament superior a la que apareix a la ja mencionada *An annotated checklist of the vascular plants of Catalonia* (Sáez i Aymerich, 2021), atès que l'àmbit territorial del BDBC avui no coincideix d'una manera exacta amb la frontera política, i inclou les dades franceses, valencianes i aragoneses dels quadrats UTM fronterers.

Fa més de vint anys que el Banc de Dades de Biodiversitat de la Comunitat Valenciana publica observacions de les plantes valencianes (BDBCv, <https://bdb.gva.es>) (García i Lara, 2016). Combina dades de ciència ciutadana amb la les citacions procedents d'herbaris, bibliografia, etc.; a finals del 2023, acumulava 2.028.640 citacions georeferenciades i validades de 3.813 tàxons de flora vascular fins al grau de subespècie. Aquest volum de citacions representa el 75,71 % de la totalitat de citacions biològiques validades al banc. La validació es fa fonamentalment al Jardí Botànic de la Universitat de València. En connexió amb el BDBCv, anualment al País Valencià es convoca la Setmana de la Biodiversitat, en què des del Servei de Vida Silvestre i Xarxa Natura 2000 de la Generalitat Valenciana es reuneixen, amb les despeses majoritàriament pagades, al voltant de cent especialistes, col·laboradors i voluntaris a la recerca de citacions amb referenciació geogràfica en llocs del territori poc prospectats fins ara (Laguna *et al.*, 2020). Fins al 2025, se n'han dut a terme setze edicions. El Bioatles (<https://bioatles.caib.es/serproesfront/VisorServlet>) és el portal més recent finançat pel Govern de les Illes Balears; es

nodreix bàsicament d'observacions fetes pel personal de la mateixa institució i sovint també recopila les citacions d'articles.

Amb un àmbit territorial més limitat, destaca el portal Atlas de la flora de Aragón (<http://floragon.ipe.csic.es>), de l'Institut Pirinenc d'Ecologia (CSIC), que inclou les dades de la Franja de Ponent. Al portal Medi ambient i sostenibilitat, del Govern d'Andorra (<https://www.mediambient.ad/biodiversitat/flora-d-andorra>), es recull un catàleg de les plantes vasculars, així com una llista vermella de la flora andorrana i els protocols per a establir novetats florístiques i canvis ens els graus d'amenaça. Les observacions puntuals de la seva flora es troben recopilades al node GBIF d'Andorra (<https://gbif.ad>).

Amb un caire més divulgatiu, el projecte «Herbari Virtual del Mediterrani Occidental» (<http://herbarivirtual.uib.es>), promogut per la Universitat de les Illes Balears i amb la participació de les universitats de Barcelona i de València, conté imatges d'alta resolució de 2.256 espècies dels Països Catalans. En l'àmbit etnoflorístic, cal esmentar el web Compartint el coneixement ecològic tradicional (<https://www.conecte.es/index.php/cat>), accessible en català i en castellà i que inclou dades dels Països Catalans. Finalment, dins l'apartat de projectes de ciència ciutadana, convé destacar el portal de l'associació Flora Catalana (<https://floracatalana.cat>), amb fitxes de plantes, claus de determinació i imatges de detalls. En tot cas, tant en flora com en etnoflora, la revisió de les dades per part d'experts continua sent una necessitat i, alhora, un problema, atès el gran volum de dades generat per la ciència ciutadana.

Endemismes, amenaces i conservació *in situ*

Pel que fa a la conservació *in situ* de la flora silvestre, a banda de la que poden oferir els espais protegits clàssics (parcs i reserves naturals, entre d'altres) dels diferents territoris catalano-parlants, al País Valencià es desenvolupa des de 1994 la figura de les microreserves de flora (Kadis *et al.*, 2013; Fos i Laguna, 2021), el disseny de les quals va ser capdavanter a escala mundial al començament de la dècada del 1990. Les microreserves, regulades pel Decret 218/1994, de 17 d'octubre, del Consell de la Generalitat Valenciana, són superfícies de fins a vint hectàrees riques en plantes rares, endèmiques o amenaçades, aportades per la Generalitat Valenciana o voluntàriament pels seus propietaris públics o privats, i on es poden mantenir els aprofitaments tradicionals si estan lligats a la dinàmica

mica dels ecosistemes locals i la conservació de les espècies amenaçades. Ara per ara, hi ha 312 microreserves oficialment declarades, que ocupen 2.468 hectàrees (un 0,1 % del territori valencià), amb més de 29.000 poblacions de 2.051 espècies (1.865 d'autòctones). Entre d'altres, hi ha representació de tots els endemismes exclusius valencians, del 90 % dels iberolevantins i iberoibalears i del 75 % dels endemismes ibèrics de distribució més àmplia. Fins a 878 espècies considerades rares o molt rares per al País Valencià (seguint Mateo i Crespo, 2014) estan representades a la Xarxa, on hi ha poblacions del 61,7% de totes les espècies protegides. S'ha demostrat la complementarietat entre les xarxes de microreserves i els parcs naturals, que permeten dotar d'una protecció molt més completa la flora amenaçada (Fos *et al.*, 2014 i 2017; Laguna *et al.*, 2016). El model s'ha transferit a diversos països (Kadis *et al.*, 2013) i, en l'àmbit dels Països Catalans, la normativa de les Illes Balears preveu l'establiment de microreserves, tot i que encara estan pendents d'implementació.

Prop del 10 % de la flora de l'Alguer té un interès conservacionista, ja que es troba en alguna categoria d'amenaça: es va des d'espècies críticament amenaçades a escala global, com l'*Anchusa sardoa* (Illario) Selvi & Bigazzi, a espècies en risc d'extinció imminent en l'àmbit local, com *Alkanna tinctoria* (L.) Tausch i *Silene succulenta* Forssk. subsp. *corsica* (DC.) Nyman. També les espècies amenaçades poden ser endèmiques (*Anchusa crispa* Viv. subsp. *crispa*) o no endèmiques (*Malva subovata* (DC.) Molero & J.M. Monts.).

Mentre que habitualment es posa més atenció en amenaces d'incidència directa o molt visual (degradació de l'hàbitat, minva dels efectius, espoli, etc.), avui els principals perills per a la conservació de la flora amenaçada tenen un comportament més silenciós, però no menys perniciosos: espècies invasores, augment de la freqüentació antròpica, increment de la pressió antròpica difusa, afectacions a la pollinització (crisi de pollinitzadors), etc. No poques vegades, aquestes alteracions, quan es fan visibles, ja tenen uns efectes greus en aspectes com la viabilitat de les poblacions o l'estabilitat i la integritat de l'hàbitat. Pel que fa a la pollinització que duen a terme els insectes (entomòfila), la diversitat de plantes al territori es pot veure amenaçada pels problemes a les poblacions animals derivats del canvi climàtic, de la modificació dels usos del sòl i de l'ús de pesticides, entre d'altres. En canvi, les plantes pollinitzades pel vent (anemòfiles),

disposen d'un recurs important que podria afavorir-les enfront dels factors de risc que hem assenyalat per a les entomòfiles, ja que s'ha observat una variabilitat genètica més gran en plantes de llocs on es produeixen fenòmens d'arribada de grans de pol·len transportats a llargues distàncies que en zones menys ventoses. En aquest sentit, s'han fet observacions respecte del faig (*Fagus sylvatica*) al Pirineu (Belmonte *et al.*, 2008). Aquesta diversitat genètica podria afavorir la supervivència de l'espècie.

Etnobiodiversitat

Quan hom tracta sobre la biodiversitat, sempre es tenen en compte components diversos; bàsicament, el genètic, el taxonòmic i l'ecològic. En aquest mateix treball s'ofereixen força dades que tenen a veure especialment amb la diversitat sistemàtica —evidentment, basada en la genètica— i biogeogràfica. Tanmateix, hi ha un altre component de la diversitat biològica al qual cal fer atenció també. Es tracta del que alguns autors han anomenat *etnobiodiversitat* (Vallès, 2019, i referències que conté) i que comprèn tots els aspectes de les relacions entre les persones i els altres éssers vius (noms, usos i gestió; és a dir, sabers tradicionals). Tot seguit es presenten algunes dades rellevants en relació amb aquest quart pilar de la biodiversitat en l'àrea estudiada.

Els territoris de llengua catalana es compten entre els europeus, com a mínim, més ben estudiats i coneguts des del punt de vista etnobotànic (Vallès, 2019). En temps moderns, començant pels treballs de Pius Font i Quer (Font 1916a i 1916b) i amb una fita important en la tesi doctoral de Mulet (1990), pel que fa al País Valencià, i en la de Muntané (1991), pel que fa a Catalunya, hem arribat a buidar 137 treballs de caire etnobotànic, alguns dels quals corresponen a zones que encara s'estan prospectant. Actualment hi ha informació provinent d'uns 3.857 informants de tots els territoris de llengua catalana sobre uns 2.027 tàxons de plantes vasculars. En concret, es disposa de 134.634 reports de noms populars per a 1.993 tàxons, 82.193 d'usos medicinals per a 1.299 tàxons, 41.767 d'usos alimentaris per a 1.037 tàxons, 23.437 d'usos d'altra mena per a 1.081 tàxons i 2.466 d'accions nocives o tòxiques per a 389 tàxons. Una part de les dades ja ha estat polida i posada a disposició del públic a la web d'etnobotànica dels Països Catalans (<https://etnobotanica.iec.cat>), que s'anirà actualitzant regularment. Cal dir que, en tots els casos, les informacions inclouen les

plantes autòctones, les allòctones, les cultivades i algunes que no formen part de cap d'aquestes categories però es poden adquirir al comerç. El factor de consens d'informants (F_{IC} , valor màxim d'1; Trotter i Logan, 1986) és de 0,99. Aquest índex és el quocient entre el nombre de reports d'ús menys el nombre de tàxons i el nombre de reports d'ús menys 1. Aquest valor tan elevat respecte als obtinguts per a cada territori és degut al gran augment en el nombre de reports d'ús quan es consideren tots els territoris respecte al poc increment que presenta el nombre de tàxons, però, en tot cas, indica una alta coherència en l'ús popular de les plantes.

Atès que els noms de les plantes són un dels aspectes bioculturals més rellevants, convé fer referència aquí a una altra font d'aquestes dades. A partir del buidatge de més de 300 obres botàniques (no només de tipus etnobotànic) que comprenen tots els Països Catalans i d'algunes llistes de noms proporcionades per alguns botànics, s'han aplegat més de 35.000 noms catalans d'uns 6.000 tàxons de plantes vasculars, que al seu torn engloben totes les categories de silvestre i cultivat que hem enumerat abans (Vallès *et al.*, 2014). Aquesta obra es troba també disponible en accés obert (<https://www.termcat.cat/ca/diccionaris-en-linia/191>).

Conclusions i perspectives de futur

Sense aportar dades numèriques, per la manca d'unitat de criteris taxonòmics i nomenclaturals, és un fet que la biodiversitat de plantes vasculars als PPCC és elevada i relativament alta en comparació amb la d'altres territoris.

La necessitat de dur a terme polítiques de conservació adequades en relació amb els hàbitats i les espècies que puguin aturar o, si més no, atenuar la pèrdua de biodiversitat requereix nous estudis que actualitzin les dades existents i que portin a la construcció d'una llista única i fàcilment accessible de tàxons de tots els territoris dels PPCC.

Per a assolir aquest objectiu, més enllà de l'obtenció del finançament necessari, s'han de superar dos obstacles principals: el primer és que els territoris dels PPCC pertanyen a administracions diferents amb prioritats distintes, i el segon, de caràcter més tècnic, és que cal una actualització de la nomenclatura i de la taxonomia, tasca que només poden dur a terme uns especialistes determinats. Cap d'aquests obstacles no és insuperable, i l'IEC, a través de la Institució Catalana d'Història Natural, per la seva visió i presència inclusives dels i en els diferents territoris, ha de poder liderar el projecte que permeti l'assoliment d'aquesta fita.

Bibliografia

- APG IV = ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (2016). «An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV». *Bot. J. Linn. Soc.*, 181 (1): 1-20.
- AYMERICH, P.; SÁEZ, L. (2019). «Checklist of the vascular alien flora of Catalonia (northeastern Iberian Peninsula, Spain)». *Med. Bot.*, 40 (2): 215-242.
- BELMONTE, J. [et al.] (2008). «Long-range transport of beech (*Fagus sylvatica* L.) pollen to Catalonia (northeastern Spain)». *Int. J. Biometeorol.*, 52: 675-687.
- BIONDI E. [et al.] (2001). «Il paesaggio vegetale della Nurra». *Fitosociologia*, 38 (2), supl. 2: 3-105.
- BOLÒS, O. de [et al.] (2005). *Flora manual dels Països Catalans*. Barcelona: Pòrtic.
- CANU, S. [et al.] (2015). «Bioclimate map of Sardinia (Italy)». *J. Maps*, 11 (5): 711-718.
- FONT, P. (1916a). «La ciència d'en Sovatger». *Butll. C. Excurs. Bages*, 66: 142-145.
- (1916b). «Botànica popular: la justa observació». *Butll. C. Excurs. Bages*, 67: 153-154.
- FOS, S. [et al.] (2014). «Plant micro-reserves in the Valencian Region (E of Spain): Are we achieving the expected results? Passive conservation of relevant plant species». *Flora Med.*, 24: 153-162.
- (2017). «Plant micro-reserves in Valencia (E. Spain): A model to preserve threatened flora in China?». *Plant Div.*, 39 (6): 383-389.
- FOS, S.; LAGUNA, E. (2021). «La xarxa de microreserves de flora. Gènesi i expansió d'una estratègia pionera de conservació». *Mètode*, 198: 20-27.
- GARCÍA, M.; LARA, A. de (2016). «Banco de Datos de Biodiversidad de la Comunidad Valenciana». *UMH Sapiens*, 14: 14-15.
- GÓMEZ, C. (2023). *Flora allòctona vascular ocasional, naturalitzada i invasora al territori comprès per Catalunya, el País Valencià i les Illes Balears: El cas d'estudi del neòfit recent invasor Kalanchoe xoughtonii*. Tesi doctoral. Barcelona. Universitat de Barcelona.
- KADIS, C. [et al.] (ed.). (2013). *Plant micro-reserves: From theory to practice: Experiences gained from EU LIFE and other related projects*. PlantNet CY Project Beneficiaries. Atenes: Utopia Publishing.
- LAGUNA, E. [et al.] (2016). «Role of micro-reserves in conservation of endemic, rare and endangered plants of the Valencian region (Eastern Spain)». *Israel J. Plant Sci.*, 63 (4): 320-332.
- (2020). «La 'Semana de la Biodiversidad' de la Comunidad Valenciana y su aportación al conocimiento de la distribución de especies». A: CARRACEDO, V.; GARCÍA-CODRON, J. C.; GARMENDIA, C.; RIVAS, V. (ed.). *Conservación, gestión y restauración de la biodiversidad: XI Congreso Español y I Congreso Iberoamericano de Biogeografía. Santander (España), 22-25 de junio*. Santander: Asociación de Geógrafos Españoles, 103-112.
- MATEO, G. [et al.] (2023). *Nueva revisión sintética de los géneros Hieracium y Pilosella en España: Con referencias a Portugal y Andorra*. Jaca: Jolube.
- MATEO, G. [et al.] (ed.). (2011-2015). *Flora valentina*. Vol. 1-3. València: Fundación de la Comunidad Valenciana para el Medioambiente.
- (2022-2024). *Flora valentina*. Vol. 4 i 5. Jaca: Jolube.
- MATEO, G.; CRESPO, M. B. (2014). *Claves ilustradas para la flora valenciana*. Jaca: Jolube.
- MULET, L. (1990). *Aportaciones al conocimiento etnobotánico de la provincia de Castellón*. Tesi doctoral. València: Universitat de València.
- MUNTANÉ, J. (1991). *Aportació al coneixement de l'etnobotànica de Cerdanya*. Tesi doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- PIMM, S. L. [et al.] (2014). «The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection». *Science*, 344 (6187), 1246752.
- RIBA, O. [et al.] (1984). *Geografía física dels Països Catalans*. Barcelona: Ketres.
- SÁEZ, L. [et al.] (2013). «The flora of the Balearic Islands. A: CARDONA, E.; ESTAÑUN, I.; COMAS, M.; FRAGA, P. (ed.). *Islands and plants: Preservation and understanding of flora on Mediterranean Islands. 2nd Botanical Conference in Menorca: Proceedings and abstracts*. Maó: IME, 91-103.
- SÁEZ, L.; AYMERICH, P. (2021). *An annotated checklist of the vascular plants of Catalonia: (north-eastern Iberian Peninsula)*. Barcelona: Kitbook.
- TISON, J. M. [et al.] (2014). *Flora de la France méditerranéenne continentale*. Porquerolles: Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles; Turriers: Naturalia.
- TROTTER, R. T.; LOGAN, M. H. (1986). «Informant consensus: A new approach for identifying potentially effective medicinal plants». A: ETKIN, N. L. (ed.). *Plants in indigenous medicine and diet, behavioural approaches*. Bredford Hills: Redgrave, 91-112.
- VALLÈS, J. (2019). *Etnobotànica: persones, plantes, cultura i benestar: Aspectes generals, i situació i perspectives als Països Catalans*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- VALLÈS, J. [et al.] (2014). *Noms de plantes: Corpus de fitonímia catalana*. Barcelona: TERMCAT - Centre de Terminologia; Universitat de Barcelona.
- VALSECCHI, F. (1964). «Ricerche sulla vegetazione littorale della Sardegna. IV: La vegetazione dello Stagno di Calich (Sardegna nord-occidentale)». *Annali Bot.*, 28 (1): 157-218.
- (1966). «Ricerche sulla vegetazione littorale della Sardegna. V. Flora e vegetazione del Promontorio di Capo Caccia (Sardegna Nord-occidentale)». *Arch. Bot. Biogeograf. Italiano* [Forlì], 42: 14-45.
- (1976). «Sui principali aspetti della vegetazione costiera della Nurra Nord-occidentale (Sardegna settentrionale)». *Giorn. Bot. Italiano*, 110 (1-2): 21-63.
- WILSON, E. O. (ed.). (1988). *Biodiversity*. Washington, DC: National Academy Press.

Els herbassars d'angiospermes marines

Javier Romero

Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Secció d'Ecologia, Universitat de Barcelona (UB), Barcelona

Correspondència: Javier Romero. Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Secció d'Ecologia, Universitat de Barcelona (UB). Avinguda Diagonal, 643. 08028 Barcelona. Adreça electrònica: jromero@ub.edu.

DOI: 10.2436/20.1501.02.242

ISSN (ed. impresa): 0212-3037

ISSN (ed. digital): 2013-9802

<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>

Rebut: 3 de juny de 2024

Acceptat: 7 de juny de 2024

Resum

Els herbeis d'angiospermes marines ocupen grans extensions (més de 100.000 hectàrees) de l'estatge infralitoral als Països Catalans. Hostatgen una gran biodiversitat d'organismes i tenen un paper molt important en el funcionament ecològic del sistema litoral i en el seu paisatge. Són molt sensibles a les pertorbacions i han estat sotmesos a impactes d'origen humà des de mitjans del segle XX o, probablement, abans. Les pèrdues de superfície han estat considerables (s'estima que al voltant del 25 % de la seva extensió original), i també ho ha estat la seva degradació en algunes zones. Malgrat això, els herbeis conserven una qualitat majoritàriament bona, fins i tot excel·lent en bastants indrets, si bé també existeixen nombrosos «punts negres» on la qualitat n'és deficient. Avui en dia, probablement el risc més gran a què es troben sotmesos els herbeis és el canvi climàtic, els efectes del qual poden ser empitjorats per impactes més locals, encara que aquests últims són més senzills de gestionar.

Paraules clau: angiospermes marines, herbassars, *Posidonia oceanica*.

Seagrass meadows

Abstract

Seagrass meadows occupy large surfaces (over 100,000 ha) of the infralittoral off the Catalan coasts (sensu lato, i.e. the area extending from French Languedoc-Roussillon to the Valencian Country and the Balearic Islands). They harbour a huge biodiversity and contribute to key aspects of the ecological structure and function of coastal waters. Seagrass meadows are highly sensitive to disturbances and have been subjected to impacts caused by human activities since the beginning or middle of the 20th century. The loss of surface area has been estimated at 25% of the original value, while in the remaining area the biological quality is highly heterogeneous: although good on the average and even excellent in some places, there are also large areas which are greatly degraded. The main threat faced by these ecosystems now and in the near future most likely involves the effects of climate change. These effects can be worsened by local impacts which, although at times more acute, may also be easier to manage.

Keywords: marine angiosperms, seagrass meadows, *Posidonia oceanica*.

Les fanerògames —o, millor dit, les angiospermes marines— són un petit i singular grup de plantes superiors (amb arrels, tiges, fulles i reproducció sexual per flors) adaptades secundàriament a la vida als oceans, adaptació que es va produir en una data relativament recent, ara farà uns vuitanta milions d'anys. Alguns òrgans resultat de la seva història terrestre, especialment les arrels i les tiges (modificades i tot sovint enterrades al sediment) els van permetre colonitzar fons sorrencs, fons dels quals les algues, pobladors molt més «veterans» del medi marí, estan pràcticament excloses. La colonització per aquestes plantes novingudes va induir la transformació d'àrees fins llavors no vegetades en extenses praderies, fet que, en termes de distribució i abundància d'espècies, de fluxos de matèria i energia o de cicles d'elements, sens dubte va tenir un gran impacte en l'ecosistema marí.

Les angiospermes marines, malgrat ser presents a tots els mars i oceans del món (llevat de les aigües de l'Antàrtida), s'han diversificat molt escassament i avui se'n reconeixen poc més de setanta espècies. Ara bé, l'hàbitat que formen (les praderies, herbeis o herbassars

submarins) hostatja una enorme varietat d'organismes, des de procariotes fins a vertebrats, incloent-hi mamífers, i, per tant, tenen un paper notable en el manteniment de la biodiversitat. A la vegada, són ecosistemes sensibles als impactes humans i es consideren globalment amenaçats, fins i tot en declivi (Waycott *et al.*, 2008), encara que la tendència negativa sembla haver-se corregit, si més no en l'àmbit europeu (Santos *et al.*, 2019).

D'aquestes espècies, als Països Catalans n'hi ha una representació molt limitada: *Posidonia oceanica* (L.) Delile, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, *Zostera noltii* Hornemann i *Zostera marina* Linné (només a la Catalunya del Nord), així com almenys tres espècies del gènere *Ruppia*: *R. cirrhosa* (Petagna) Grande, *R. maritima* Linné i *R. drepanensis* Tineo ex Gussone. Tot i aquesta baixa diversitat específica, la importància ecològica dels herbassars que formen, unida a la seva gran extensió, les converteixen en elements molt rellevants del paisatge submarí i del funcionament i la qualitat dels ecosistemes litorals, amb implicacions considerables sobre potencials beneficis que la societat humana n'obté.

Les praderies d'angiospermes marines poden créixer sobre roca, però sobretot ho fan sobre fons sorrencs, i viuen des de la superfície fins, almenys dues d'elles (*P. oceanica* i *C. nodosa*), a més de 40 metres de profunditat a les Illes Balears, fins a 30-35 metres al País Valencià i fins a uns 25 metres al Principat i a la Catalunya del Nord. Això els permet assolir les grans extensions ja esmentades, encara que altament variables segons l'espècie. Les praderies que ocupen una àrea més gran són les de *P. oceanica*, de les quals als Països Catalans es tenen cartografiades més de 100.000 hectàrees (63.000 a les Illes, 32.000 al País Valencià i 6.000 al Principat, amb quantitats menors, vora les 200 hectàrees, a la Catalunya del Nord). Les de *C. nodosa* ocupen més de 13.000 hectàrees (unes 1.300 a les Illes, més de 8.000 al País Valencià i 3.600 al Principat), mentre que les altres espècies tenen una distribució molt més restringida. Les dades esmentades, preses de Ruiz *et al.*, ed., (2015), possiblement subestimen entre una mica i moderadament l'extensió real, ja que les cartografies dels fons marins no sempre són prou exhaustives o precises. En qualsevol cas, l'ordre de magnitud d'aquestes

xifres indica que, molt probablement, les praderies marines són l'hàbitat infralitoral que ocupa més superfície, fet que, al seu torn, potencia enormement, en termes quantitativs, les seves funcions ecològiques i, de retruc, els seus beneficis a la societat.

Entre aquests beneficis (de vegades anomenats *serveis ecosistèmics* per alguns autors) cal destacar-ne un de cabdal en l'àmbit de la biodiversitat, i és l'elevadíssim nombre d'espècies que hi habiten. Així, se sol mencionar, per als herbassars de *P. oceanica*, una xifra al voltant de les 1.000 espècies d'eucariotes que hi poden viure (Simbora *et al.*, 2019; Piazzini *et al.*, 2016), potser més, si tenim en compte la meiofauna (García-Gómez *et al.*, 2022). En la llista s'inclouen diatomees, algues pluricel·lulars, foraminífers, tota mena d'invertebrats (cnidaris, briozous, esponges, equinoderms, poliquets, crustacis, ascidis i d'altres) i peixos, organismes que colonitzen els diversos hàbitats que els ofereix l'herbei (fixats a les fulles de la planta, als seus rizomes, sobre el sediment o enterrats, desplaçant-se per la volta foliar, nedant per sobre d'aquesta, etc.). L'inventari de tota aquesta biodiversitat als herbeis dels Països Catalans no es coneix d'una manera exhaustiva, però no hi ha dubte que és molt elevada. A tall d'exemple, i en estudis força locals, esmentarem les 120 espècies d'algues (excloent-ne les diatomees) que va trobar Ballesteros (1987) a les fulles a tres estacions de Tossa de Mar, les 40 espècies de cnidaris citades per Ballesteros *et al.* (1984) a les illes Medes, les 47 espècies de decàpodes al treball de Baud *et al.* (2024) a vuit estacions de la Costa Brava, les 45 espècies de peixos de Ricart *et al.* (2018) a les mateixes vuit estacions o les 20 espècies d'àcars halacàrids en una sola estació prop d'Alacant (García-Gómez *et al.*, 2022). La biodiversitat que acompanya les altres espècies d'angiospermes marines és menys coneguda, i també més limitada, però no per això menyspreable.

Les praderies són, per tant, el que s'anomena un «punt calent» de biodiversitat, sobretot si les comparem amb fons de sediment no vegetats a la mateixa fondària. A banda d'això, també aporten altres beneficis a la societat (vegeu, per exemple, Campagne *et al.*, 2015), com ara el seu paper com a pou (embornal) de carboni orgànic, la seva capacitat d'afavorir la persistència de les platges (en esmorteir l'onatge i atenuar-ne l'efecte erosiu, així com en estimular la producció de bioclasts, que poden formar part de la sorra, especialment a les Illes Balears), la seva funció descontaminant (pel

fet de retenir substàncies nocives o bé d'afavorir la desnitrificació, procés que redueix la càrrega de nutrients de l'aigua i, consegüentment, l'eutrofització) o la seva capacitat de produir oxigen i matèria orgànica (tant la planta com les algues que l'acompanyen); matèria orgànica que pot alimentar ecosistemes veïns i, fins i tot, allunyats. Si una visió ètica d'aquests ecosistemes (i de la natura en general) no fos raó suficient per a la seva conservació, potser aquests beneficis i serveis podrien servir com a arguments addicionals.

Els herbeis de *P. oceanica* són molt sensibles a tota mena d'alteracions del seu entorn, així com als impactes directes. La llista d'activitats humanes amb repercussions negatives sobre aquests herbeis és molt llarga, encara que, històricament, n'hi ha tres que han tingut un paper especialment rellevant en el seu deteriorament (Romero, 2004), que esmentem a continuació, no necessàriament en ordre d'importància. En primer lloc, l'eutrofització, o augment de les concentracions de nutrients minerals a l'aigua de mar, que induïx la proliferació de fitoplàncton. Aquesta proliferació no només causa l'entorbellament de les aigües i, de retruc, impossibilita la supervivència de les plantes en la part més pregona de la seva distribució, sinó que, a més, estimula el creixement d'epífits foliaris (que interfereixen en l'arribada de la llum a les fulles) i acumula matèria orgànica al sediment, fet que provoca la seva desoxigenació i la intoxicació de la planta per compostos reduïts com el sulfur. En segon lloc, la pesca de ròssec (i algunes altres modalitats), probablement responsable de la destrucció de praderies per arrencament, sobretot a la zona dels seus límits profunds. I, en tercer lloc, les obres costaneres (ports, espigons, alimentació artificial de platges...), que destrueixen les praderies o en provoquen el colgament sota la sorra. Insistim en el caràcter fonamentalment històric d'aquests tres impactes, sobre els quals s'ha anat actuant en les darreres dues o tres dècades. Així, s'han fet grans inversions en el sanejament d'aigües residuals i altres abocaments, el control de la pesca és molt més estricte i les obres costaneres es duen a terme amb molta més cura i estan sotmeses a avaluacions d'impacte ambiental; tot plegat alleuja les pressions sobre les praderies. Evidentment, hi ha d'altres impactes significatius, com ara els abocaments de salmorra, les gàbies d'engreix de peixos, els contaminants tòxics, algunes espècies d'algues invasores o l'ancoratge d'embarcacions, que també poden malmetre els herbeis, encara que les seves conseqüències

reals són molt heterogènies en l'espai. A més, a aquest conjunt d'impactes se superposen, d'una manera cada cop més evident, els efectes del canvi climàtic, que s'estan investigant actualment amb resultats no gaire optimistes (Ontoria *et al.*, 2019; Litsi-Mizan *et al.*, 2023; Gambi *et al.*, 2023, i molts d'altres), que encara ho són menys si es tenen en compte possibles sinergies entre els dits efectes i els altres estressos esmentats. Cal afegir que, a més de la seva sensibilitat a totes aquestes pertorbacions, la recuperació de les praderies de *P. oceanica* és molt lenta, de l'ordre de dècades (per a superfícies destruïdes d'entre 10 i 100 m²) i, fins i tot, secular en el cas de superfícies més grans (Meiniez i Lefebvre, 1984), fet que empitjora l'escenari. Ara bé, malgrat que alguns autors consideren que les praderies desapareixeran en un termini d'unes poques dècades (Jordà *et al.*, 2012), semblaria que aquestes prediccions poden ser una mica agosarades.

En general, les altres espècies d'angiospermes marines, i sobretot la segona en extensió, *C. nodosa*, toleren millor els impactes, fins i tot els derivats de l'escalfament, ja que el gènere *Cymodocea* és d'afinitats tropicals; també, pel fet de ser espècies de creixement ràpid, les seves praderies tenen una capacitat de recuperació més gran (Sanmartí *et al.*, 2021).

Els herbeis sotmesos a impactes reaccionen de forma diferent depenent de l'impacte de què es tracti, així com de la intensitat i la durada d'aquest. Si ens centrem en els de *P. oceanica*, podríem dir que hi ha un seguit d'efectes progressius, que poden començar per una certa disfunció fisiològica, difícil de detectar (necrosi intercalar a les fulles i altres canvis més subtils), o per alteracions en la comunitat d'organismes associats. En estadis més avançats, o bé com a primer estadi en el cas de pertorbacions mecàniques, es produeix mortalitat dels peus de la planta, amb la qual cosa disminueix la densitat de l'herbei, on comencen a aparèixer clarianes, i minva també la seva cobertura. En casos extrems, ens trobem amb herbeis enormement esclarissats, que han perdut la seva integritat, o, fins i tot, amb la desaparició de l'herbei. Pel que fa a la biodiversitat associada, en els primers estadis es detecten canvis més qualitativs que no pas quantitativs (Martínez-Crego *et al.*, 2010), si bé, a mesura que disminueix l'abundància de plantes, també es van perdent espècies associades i es va empobrint el sistema (Sánchez-Jerez i Ramos, 1996).

L'estat d'aquest patrimoni és, per tant i sens dubte, d'interès per al món acadèmic, per

als gestors i per a la societat en general. Si ens centrem novament en l'espècie que ocupa més extensió i que és més vulnerable (*P. oceanica*), una estimació versemblant (però amb molta incertesa, cal reconèixer-ho) basada en cartes nàutiques, en la presència de mata morta (restes de rizomes i arrels al sediment) i en altres evidències indirectes seria que la superfície actual de les seves praderies és, al Principat, d'un 75 % de l'original, si prenem com a tal la superfície que podia haver-hi a principis o mitjans del segle xx (Romero *et al.*, 2015). Aquesta xifra, malgrat ser merament orientativa, és semblant a estimacions fetes en àmbits geogràfics més grans (aigües europees: Santos *et al.*, 2019). Quant a les Illes i el País Valencià, no tenim dades ni tan sols aproximades, si bé semblaria que estaríem a prop de les xifres del Principat o bé per sobre. Al contrari, a la Catalunya del Nord, les superfícies perdudes sembla que serien força més importants (Sartoretto *et al.*, 2012). Arreu, però, hi ha «punts negres» localitzats on s'han produït regressions importants o han desaparegut els herbeis, i això pot esbiaixar negativament la nostra percepció sobre el seu estat real.

Respecte a l'estat dels herbeis a les zones on es mantenen, les informacions disponibles, procedents de diverses xarxes de seguiment, semblen indicar que el seu estat és, majoritàriament, bo, però amb una gran heterogeneï-

tat. Per ser més concrets, esmentarem les dades del seguiment dut a terme en el marc de la Directiva de l'Aigua. Al Principat, sobre un total de 227 observacions fetes entre els anys 2003 i 2023, el diagnòstic va ser de bon estat en el 46 % dels casos, d'estat excel·lent en l'11 %, mediocre en el 31 % i deficient en el 12 % (Ramis *et al.*, 2024). A les Illes, la situació és millor; el 2005 hi havia un 96 % d'estacions en estat bo o excel·lent, si bé amb un cert empitjorament recent (79 % bo o excel·lent el 2017; Vaquer-Sunyer *et al.*, 2021). I al País Valencià la situació és intermèdia entre les dues anteriors, amb un 65 % de les estacions en estat bo o excel·lent (Fernández-Torquemada *et al.*, 2008).

En termes de canvis temporals a llarg termini (algunes dècades), no es disposa de sèries prou llargues, però semblaria que la tendència és estable, llevat d'excepcions puntuals (per exemple, Muñoz-Ramos i Seglar, 2024), en aquest cas probablement a causa de temporals excepcionals. La sèrie més extensa, a les illes Medes (des del 1984), mostra fluctuacions considerables, però cap tendència sistemàtica (Romero *et al.*, 2012), fet que indica la necessitat d'estar alerta amb prediccions que es basin en canvis temporals a curt termini. Tant a les Illes Balears com al País Valencià els programes de seguiment aporten resultats optimistes, amb tendències positives en termes de

densitats i de cobertures (Guillén *et al.*, 2015; Álvarez *et al.*, 2015), si bé altres autors detecten (a les Illes Balears) tendències negatives (Jordà *et al.*, 2012).

Si aquesta diagnosi (recordem, restringida només a *P. oceanica*, l'espècie més valuosa i també la més vulnerable) és optimista o pessimista pot ser objecte de debat. Què podem fer-hi, com a societat, seria objecte d'un altre debat. Cal tenir present que les accions de restauració (replantació), per bé que sovintegen, no donen els resultats esperats; encara menys, com a solució a gran escala. Per tant, per conservar o millorar aquest patrimoni, l'única alternativa són les mesures «defensives», en el sentit d'eliminar o apaivagar els impactes que malmeten o poden malmetre les plantes (sanejament de les aigües residuals, vigilància de la pesca, regulació de les activitats nàutiques, disminució de la pressió turística a la costa, etc.).

Això ens porta a dues preguntes finals: d'una banda, quins serien l'estat i l'extensió desitjables per a aquesta vegetació submarina i, de l'altra, quins canvis i quines renúncies estaríem disposats a fer com a societat per assolir-los. Aquestes preguntes no són, ni de bon tros, exclusives de les praderies, ja que afecten tots els ecosistemes marins i, també, els terrestres. Com s'escribia en antics llibres de text, la seva resposta queda com a exercici per al lector.

Bibliografia

- ÁLVAREZ, E. [et al.] (2015). «Islas Baleares». A: RUIZ, J. M. [et al.] (ed.). *Atlas de las praderas marinas de España*. Múrcia: IEO; Alacant: IEL; Màlaga: UICN, 179-220.
- BALLESTEROS, E. [et al.] (1984). «L'alguer de *Posidonia oceanica* de les illes Medes». A: ROS, J. D. [et al.] (ed.). *Els sistemes naturals de les illes Medes*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, 739-759. (Arxius de les Seccions de Ciències; LXXIII)
- (1987). «Estructura i dinàmica del poblament algal de les fulles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile als herbeis de Tossa de Mar (Girona)». *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 54: 13-30. (Secció de Botànica; 6)
- BAUD, M. [et al.] (2024). «Multiple scale assessment of habitat, landscape, and geographic-specific attributes driving decapod assemblages in *Posidonia oceanica* seagrass meadows». *Marine Environmental Research*, 197: 106464.
- CAMPAGNE, C. S. [et al.] (2015). «The seagrass *Posidonia oceanica*: Ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits». *Marine Pollution Bulletin*, 97 (1-2): 391-400.
- FERNÁNDEZ-TORQUEMADA, Y. [et al.] (2008). «Descriptors from *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows in coastal waters of Valencia, Spain, in the context of the EU Water Framework Directive». *ICES Journal of Marine Science*, 65: 1492-1497.
- GAMBI, M. C. [et al.] (2023). «*Posidonia* bonsai: Dwarf *Posidonia oceanica* shoots associated to hydrothermal vent systems (Panarea Island, Italy)». *Aquatic Botany*, 185: 103611.
- GARCÍA-GÓMEZ, G. [et al.] (2022). «Meiofauna is an important, yet often overlooked, component of biodiversity in the ecosystem formed by *Posidonia oceanica*». *Invertebrate Biology*, 141: e12377.
- GUILLÉN, J. E. [et al.] (2015). «Comunitat Valenciana». A: RUIZ, J. M. [et al.] (ed.). *Atlas de las praderas marinas de España*. Múrcia: IEO; Alacant: IEL; Màlaga: UICN, 221-252.
- LITS-MIZAN, V. [et al.] (2023). «Decline of seagrass (*Posidonia oceanica*) production over two decades in the face of warming of the Eastern Mediterranean Sea». *New Phytologist*, 239 (6): 2126-2137.
- JORDÀ, G. [et al.] (2012). «Mediterranean seagrass vulnerable to regional climate warming». *Nature Climate Change*, 2 (11): 821-824.
- MARTÍNEZ-CREGO, B. [et al.] (2010). «Composition of epiphytic leaf community of *Posidonia oceanica* as a tool for environmental biomonitoring». *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 88 (2): 199-208.
- MEINEZ, A.; LEFÈVRE, J. R. (1984). «Régénération d'un herbier à *Posidonia oceanica* quarante années après sa destruction par une bombe dans la rade de Villefranche (Alpes Maritimes)». A: BOUDOURESQUE, C. F. [et al.] (ed.). *First International Workshop on Posidonia oceanica beds*. Marsella: GIS Posidonie: 39-44.
- MUÑOZ-RAMOS, G.; SEGULAR, X. (2024). *Estudi de l'alguer de Mataró. Campaña 2023*. Mataró: Ajuntament de Mataró; Badalona: Escola del Mar de Badalona.
- ONTORIA GÓMEZ, Y. [et al.] (2019). «The negative effects of short-term extreme thermal events on the seagrass *Posidonia oceanica* are exacerbated by ammonium additions». *PLOS One*, 14 (9): e0222798.
- PIAZZI, L. [et al.] (2016). «Epiphyte assemblages of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: An overview». *Marine Ecology*, 37 (1): 3-41.
- RAMIS P. [et al.] (2024). *Seguiment de l'indicador de la fanerògama marina Posidonia oceanica pel compliment de la Directiva Marc de l'Aigua (2000/60/CE) a les masses d'aigua del litoral de Catalunya. Informe final 2023*. Blanes: CEAB; Barcelona: Agència Catalana de l'Aigua.
- RICART, A. M. [et al.] (2018). «Multilevel assessments reveal spatially scaled landscape patterns driving coastal fish assemblages». *Marine Environmental Research*, 140: 210-220.
- ROMERO, J. (2004). *Posidonia: els prats del fons del mar: La mirada del biòleg a un ecosistema mediterrani*. Badalona: Ajuntament de Badalona. («Norai»; 9)
- ROMERO, J. [et al.] (2012). «L'alguer de *Posidonia oceanica* de les illes Medes: més de trenta anys d'estudi». A: HEREU, B.; QUINTANA, X. (ed.). *El fons marí de les illes Medes i el Montgrí: Quatre dècades de recerca per a la conservació*. Girona: Càtedra d'Ecosistemes Litorals Mediterranis, 79-100.
- (2015). «Cataluña». A: RUIZ, J. M. [et al.] (ed.). *Atlas de las praderas marinas de España*. Múrcia: IEO; Alacant: IEL; Màlaga: UICN, 120-177.
- RUIZ, J. M. [et al.] (ed.) (2005). *Atlas de las praderas marinas de España*. Múrcia: IEO; Alacant: IEL; Màlaga: UICN.
- SÁNCHEZ-JEREZ, P.; RAMOS ESPLÀ, A. A. (1996). «Detection of environmental impacts by bottom trawling on *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows: Sensitivity of fish and macroinvertebrate communities». *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, 5: 239-253.
- SANMARTÍ, N. [et al.] (2021). «Recovery of a fast-growing seagrass from small-scale mechanical disturbances: Effects of intensity, size and seasonal timing». *Marine Pollution Bulletin*, 162: 111873.

- SANTOS, C. B. de los [et al.] (2019). «Recent trend reversal for declining European seagrass meadows». *Nature Communications*, 10 (1): 3356.
- SARTORETTO, S. [et al.] (2012). *Caractéristiques et état écologique: Méditerranée occidentale: État biologique: Caractéristiques biologiques - biocénoses: Habitats particuliers de l'infralittoral: herbier à Posidonia oceanica*. Ifremer: Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.
- SIMBOURA, N. [et al.] (2019). «Greece». A: SHEPPARD, C. (ed.). *World seas: An environmental evaluation*. 2a ed. Londres: Academic Press, 227-260.
- VAQUER-SUNYER, R. [et al.] (2021). «Index multivariant *Posidonia oceanica* (POMI)». A: VAQUER-SUNYER, R.; BARRIENTOS, N. (ed.). *Informe Mar Balear 2021*. Son Ferriol, Palma: Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears.
- WAYCOTT, M. [et al.] (2009). «Accelerating loss of seagrass across the globe threatens coastal ecosystems». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 12377-12381.

Els cnidaris marins de Catalunya

Josep-Maria Gili

Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC), Barcelona

Correspondència: Josep-Maria Gili. Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC). Passeig Marítim de la Barceloneta, 37-49. 08003 Barcelona. Adreça electrònica: gili@icm.csic.es.

DOI: 10.2436/20.1501.02.243

ISSN (ed. impresa): 0212-3037

ISSN (ed. digital): 2013-9802

<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>

Rebut: 23 de juny de 2024

Acceptat: 29 de juliol de 2024

Resum

Al llarg de la costa catalana, des del cap Falcó fins al riu de la Sénia, i des de la línia de costa fins a una fondària aproximada de 1.000 metres a mar obert, s'han registrat 357 espècies de cnidaris, que inclouen hidrozoous, antozoous, escifozoous i cubozoous. Aquesta elevada riquesa d'espècies s'explica tant per l'heterogeneïtat ambiental i geogràfica com per la diversitat d'hàbitats del mar Català. S'han estudiat tots els grups del filum amb una gran varietat de metodologies —com xarxes de plàncton, mostratge amb busseig, recollecció amb dragues de fons, vehicles equipats amb càmeres (ROVs, de l'anglès *remote operating vehicle*) o submarins— i amb informació procedent de voluntaris i de projectes de ciència ciutadana. El resultat és que s'ha trobat que en el mar Català hi ha representats el 49,9 % dels hidrozoous i el 74 % dels antozoous de les espècies conegudes al Mediterrani.

Paraules clau: costa catalana, cnidaris, hidrozoous, antozoous, escifozoous.

The marine cnidarians of Catalonia

Abstract

Along the Catalan coast, from Cape Falcó to the River Sénia, and from the coastline to a depth of approximately 1,000 m in the open sea, 357 species of cnidarians have been recorded, including hydrozoans, anthozoans, scyphozoans and cubozoans. This great richness of species can be explained by both the environmental and geographical heterogeneity and the diversity of habitats of the Catalan sea. All groups of the phylum have been studied with a wide variety of methodologies such as plankton nets, dive sampling, collecting with bottom dredges, camera-equipped vehicles (ROVs), submarines and information from volunteers and citizen-science projects. The result is that it has been verified that 49.9% of the hydrozoans and 74% of the anthozoans of the species known in the Mediterranean are to be found in the Catalan sea.

Keywords: Catalan coast, cnidarians, hydrozoans, anthozoans, scyphozoans.

Introducció

Els cnidaris són un dels grups més antics de l'oceà, on aparegueren en el període ediacarià fa més de 500 milions d'anys (Yuan *et al.*, 2011). Les seves característiques morfològiques i genètiques han propiciat aquest èxit evolutiu. Els cnidaris posseeixen dues capes cel·lulars (diploblàstics) —l'ectoderma extern i l'endoderma intern—, separades per una mesoglea acel·lular, o mesènquima parcialment cel·lular. Tenen simetria radial, tot i que això es pot modificar, i es troben en dues formes bàsiques, el pòlip i la medusa. El pòlip sèssil és semblant a un sac, amb una sola cavitat corporal (celènteron) que s'obre per la boca, que està envoltada per una o més fileres de tentacles. La medusa pelàgica té forma de paraigua o de campana, amb una boca situada al centre de la part inferior còncaua que està envoltada de tentacles situats al voltant dels marges de l'animal. En els pòlips i les meduses, els tentacles estan armats amb cèl·lules urticants específiques del grup, els cnidocists, que contenen un dels verins més tòxics del regne animal (Berzins *et al.*, 2021).

Els cnidaris són constituïts per dos clades monofilètics, representats pel seu cicle de vida i per l'estructura del DNA: els antozoous, predominantment bentònics, i els medusozous, generalment planctònics o pelàgics (Collins, 2002).

Segons la taxonomia clàssica, s'agrupen en quatre grups: antozoous, hidrozoous, escifozoous i cubozoous (els tres darrers, agrupats en els medusozous). Actualment estan organitzats en set classes i vint-i-cinc ordres. La simetria radial, el desenvolupament d'una fase larvària específica com és la plànula i la presència en l'ectoderma dels cnidocists són característiques comunes i exclusives de tots els cnidaris (Daly *et al.*, 2007). El grup s'ha diversificat i ha colonitzat pràcticament tots els hàbitats del medi marí, des de les capes superficials de la columna d'aigua passant per tota mena de substrats del fons marí, fins a les grans fondàries, de manera que hi ha reconegudes unes onze mil espècies (Rogers, 2009). Acompleixen un paper ecològic molt important en l'oceà, ja que duen a terme un ampli ventall de funcions; així, són suspensívors, carnívors, paràsits, comensals, molts tenen algues simbiotes, són substrat d'altres espècies i desenvolupen un paper molt rellevant com a organismes estructurals, creadors d'hàbitat i potenciadors de diversitat en els ecosistemes (Gili i Coma, 1998; Boero *et al.*, 2005).

Marc geogràfic

S'han identificat totes les espècies de cnidaris trobades i determinades al llarg de la costa catalana, des del cap Falcó al riu de la Sénia, i des de

la costa fins als 1.000 metres de fondària a mar obert en l'àmbit del mar Català. Es tracta d'una àrea molt heterogènia, tant des del punt de vista geològic com des dels vessants hidrogràfic i bionòmic. La plataforma continental té grans esplanades separades per canyons submarins molt profunds al nord, una plataforma molt estreta a la zona mitjana i una àmplia plana al sud associada al delta de l'Ebre (Canals *et al.*, 1982). La zona costera és molt variada, amb una gran diversitat d'hàbitats (Ballesteros, 2019). El marc oceanogràfic està determinat per estructures hidrogràfiques permanents de mesoescala i per una circulació de tipus ciclònic, dominada per un corrent dirigit cap al sud al llarg de la plataforma que reforça un front termohalí plataforma-talús, i per un contracorrent de direcció nord a mar obert a prop de les costes balears (Font *et al.*, 1988). Associat a aquesta dinàmica general hi ha una gran varietat de fenòmens, com ara remolins, cascades, corrents profunds cap a la costa, etc. La complexitat ambiental es complementa amb una estacionalitat important, amb temperatures que varien des de valors mínims d'11-12 °C, a l'hivern, fins a màxims de 24-27 °C, a l'estiu, en superfície. Tot plegat configura un marc ambiental i geogràfic molt heterogeni que es veu reflectit en una varietat d'hàbitats elevada (Ballesteros, 2019).

Els cnidaris de Catalunya: estudis previs

Els primers registres de cnidaris a les costes catalanes es varen publicar en els treballs de S. Motz-Kossowska del 1905 i del 1911, quan treballava al Laboratori Aragó a Banyuls de la Marenda, amb exemplars recollits a l'Escala. J. Maluquer (1916 i 1919) va publicar treballs sobre la fauna de les costes de l'Empordà en els quals cita i descriu espècies de cnidaris. Més recentment, A. de Haro (1965) va publicar un treball sobre els hidrozous dels fons de pesca de Blanes, i en la tesi doctoral de M. Rubió (1971) se citen espècies de cnidaris de la mateixa zona. Posteriorment i en el marc de projectes de prospecció faunística de la costa catalana, es va publicar la llista de cnidaris del Programa de Bentos (Camp i Ros, 1980) i, també, específicament, de la costa de Blanes (Bibiloni *et al.*, 1982). Aquests estudis es complementen d'una manera molt destacada amb la tesi doctoral de J. M. Tur (1989) sobre les actínies del litoral de Blanes i amb el treball de Tur i Godall (1981). La tesi de llicenciatura de Gil (1980) sobre els cnidaris planctònics de les campanyes del Mediterrani complementa els estudis anteriors amb fauna planctònica. El primer treball com a estudi complet amb tots els grups de cnidaris de la costa catalana va ser el de Gili (1982) sobre la fauna de les illes Medes. Des de llavors s'han anat publicant alguns treballs sobre diferents grups de cnidaris bentònics i planctònics, que es referencien a la llista d'espècies d'aquest treball i a la bibliografia.

Els cnidaris de Catalunya: espècies reconegudes l'any 2024

En les dècades de 1980 i 1990 es va fer un avenç molt important en el coneixement de les espècies de cnidaris del mar Català. Durant aquells anys es van fer estudis extensius al llarg de la costa i de la plataforma continental, incloent-hi el talús continental, a més de campanyes oceanogràfiques que cobrien tot el mar, des de la frontera francesa fins al sud de la costa catalana. Paral·lelament, es van fer estudis més locals, però complets, pel que fa a mostres i espècies identificades. Indrets com les illes Medes, Blanes o el cap de Creus són exemples de zones ben estudiades.

En la taula 1 es recullen totes les espècies conegudes, un total de 357.¹ Totes elles han es-

tat corroborades a partir del projecte WoRMS (World Register of Marine Species); en alguns casos, el nom final de cada espècie pot ser que no sigui exactament com es va citar en el seu moment perquè s'ha registrat amb el nom que correspon actualment, per qüestions de sinònimia o de canvi de nomenclatura. En la llista cada espècie té associat un treball, una publicació o una font d'informació on s'ha citat el registre. Les que no tenen cap treball associat provenen de la tesi doctoral de Gili (1986). Hi ha algunes espècies assenyalades amb un interrogant perquè, segons WoRMS, no n'és segura l'existència a causa generalment de no haver pogut accedir a l'holotip.

Discussió

Les espècies de cnidaris que s'han trobat a la costa catalana demostren que la diversitat del grup és molt alta si es compara amb la fauna del grup al Mediterrani. Les 229 espècies d'hidrozous representen el 49,9 % de totes les espècies conegudes al mar Mediterrani (Bouillon *et al.*, 2004). Medel i López-González (1996) van publicar una llista exhaustiva de les espècies d'hidrozous trobades a les costes espanyoles, amb 289 espècies; la zona de Catalunya era la que tenia més espècies, seguida de molt a prop pel País Basc. Les 111 espècies d'antozous suposen el 74 % de les espècies registrades a tot el Mediterrani (Otero *et al.*, 2017). Aquestes dades, d'una banda, demostren que la costa catalana és una de les zones amb una diversitat més alta, pel que fa a aquest grup, al Mediterrani; de l'altra, són indicatives que el grup s'ha estudiat molt intensament. Sobretot en la dècada de 1980 es va fer un esforç especial a desenvolupar estudis taxonòmics i faunístics que consideraven el grup en la seva totalitat, a diferència d'altres zones del Mediterrani, en les quals els treballs eren parcials i es referien a una o unes poques classes.

Un dels aspectes que cal ressaltar de l'alta diversitat dels cnidaris és que s'han fet estudis en quasi tots els indrets i hàbitats marins del mar Català. S'han estudiat des de les aigües superficials, a la columna d'aigua, fins a grans fondàries, com els canyons submarins i el talús continental. També s'han recollit exemplars de la zona més costanera, des de les praderies d'algues i fanerògames fins als fons corallígens

i les coves submarines, en zones de fons tous de la plataforma continental i en zones rocoses de fondària. Aquesta aproximació exhaustiva és la que en projectes internacionals s'ha evidenciat com la més eficaç per conèixer la biodiversitat marina dels indrets més explorats i coneguts (Alexander *et al.*, 2011). També és important destacar que en els estudis realitzats a la costa catalana s'ha emprat una àmplia varietat de metodologies que han permès la recollida i l'observació d'exemplars en quasi tots els hàbitats possibles; a més, s'han considerat totes les estacions de l'any. Entre aquestes metodologies, hi ha la recollida amb escafandre autònom, el mostratge amb xarxes d'arrossegament des de vaixells de pesca, xarxes de plàncton, dragues de fons, ROVs, submarins i, més recentment, observacions de voluntaris en el marc de projectes de ciència ciutadana. Aquest ampli ventall de metodologies és el que es valora com a futur de l'exploració de la biodiversitat marina (Rogers *et al.*, 2022). Al Mediterrani, el fet d'utilitzar amb eficàcia les noves tecnologies i l'exploració de fons profunds ha portat a plantejar-ne fins i tot el redescobrim (Gili *et al.*, 2017). Així, hom ha descobert d'una manera continuada noves espècies considerades relictos del mar de Tetis, com, per exemple, les espècies de meduses descrites per primera vegada als canyons marins del mar Català (Gili *et al.*, 1998).

Encara que l'adscripció biogeogràfica d'algunes espècies és més aviat incerta, sí que es pot fer una aproximació general a partir de l'estudi de Boero i Bouillon (1993) a la tendència biogeogràfica de la fauna de cnidaris de Catalunya, que segueix els mateixos trets que la fauna del grup al Mediterrani occidental. El grup dominant són les espècies circumtropicals (amb un 20 %), seguit de les boreals (amb un 13 %) i de les cosmopolites i mediterrànies-atlàntiques (amb un 12 % cada un). Al Mediterrani hi ha un component important d'espècies endèmiques que creix dia rere dia, especialment, amb els estudis de zones profundes (Chimienti *et al.*, 2019). Si es tenen en compte les espècies de meduses descrites als canyons submarins de Catalunya —set espècies— i dues espècies d'alcionaris descrites actualment i en via de ser publicades (López-González *et al.*, en premsa) —i la resta d'espècies que són considerades endèmiques del Mediterrani—, es podria afirmar que més del 20 % de les espècies citades a Catalunya són endèmiques del Mediterrani.

L'estudi taxonòmic i faunístic dels cnidaris a la costa catalana ha seguit camins dife-

1. La relació dels cnidaris de la costa i del mar Català es pot consultar a la taula 1, que trobareu com a material suplementari, a l'edició digital d'aquest article. Vegeu *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (en

línia) (2025), núm. 75, <<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB/index>>. En aquesta taula s'indica també la publicació o la font d'informació corresponent; quan no hi és, el treball de referència és la tesi doctoral de Gili (1986).

rents per als hidrozous i els antozous. Mentre que els hidrozous s'han continuat estudiant en l'àmbit de les comunitats mitjançant campanyes oceanogràfiques de plàncton, s'han fet molts pocs treballs exhaustius dels hidrozous bentònics. Els estudis d'antozous s'han centrat en poques espècies i, sobretot, amb un enfocament ecològic; la major part, en gorgònies, alcionaris i coralls de fondària. Podríem dir que quasi no hi ha informació des de la que es va generar els anys de la dècada del 1980 i inicis de la del 1990 per poder fer algun estudi com-

paratiu i poder demostrar si hi ha hagut pèrdua de biodiversitat. Tant sols tenim informació de fenòmens de mortalitat massiva de poblacions litorals de gorgònies i d'altres espècies d'antozous, per exemple (Garrahou *et al.*, 2019). La impossibilitat de demostrar o no la pèrdua de biodiversitat a les costes catalanes i del Mediterrani en general va lligada a la manca d'estudis taxonòmics extensius sobre les comunitats i les zones prèviament analitzades, i també a la mancança cada vegada més preocupant d'especialistes en taxonomia, com passa a

tot Europa (Costello *et al.*, 2006). La disponibilitat de tècniques moleculars o genètiques que puguin facilitar el reconeixement de les espècies sembla que no és cap solució a curt termini. Actualment hi ha un dilema entre la importància de les dues línies de reconeixement taxonòmic, la morfològica i la molecular, però molts autors apunten a una combinació de les dues per agilitar el procés i, al mateix temps, poder considerar tota la informació existent creada per la taxonomia clàssica (Boero i Bernardi, 2014).

Bibliografia

- ALEXANDRE, V. [et al.] (2011). «The census of marine life—evolution of worldwide marine biodiversity research». *Mar. Biod.*, 41: 545-554.
- BALLESTEROS, E. (2013). *Manual dels hàbitats litorals de Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat.
- (2019). «Llista dels hàbitats marins presents a Catalunya». A: *Manual dels hàbitats litorals de Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat, 1-40.
- BERZINS, I. K. [et al.] (2021). «Cnidaria». A: LADOUCEUR, Elise E. B. (ed.). *Invertebrate histology*. Nova York: John Wiley & Sons, 55-86.
- BIBILONI, M. A. [et al.] (1982). «Estudio bionómico del litoral de Blanes (Girona) entre Punta de Santa Anna y Cala Sant Francesc». *Oecol. Aquat.*, 6: 185-198.
- BIBILONI, M. A.; CORNET, C. (1982). «Estudio faunístico del litoral de Blanes: III. Sistemática de cnidarios, briozoos y equinodermos». *Misc. Zool.*, 6: 19-25.
- BOERO, F. [et al.] (2005). «The role of Cnidaria in evolution and ecology». *Ital. J. Zool.*, 72: 65-71.
- BOERO, F.; BERNARDI, G. (2014). «Phenotypic vs genotypic approaches to biodiversity, from conflict to alliance». *Mar. Genom.*, 17: 63-64.
- BOERO, F.; BOUILLON, J. (1993). «Zoogeography and life cycle patterns of Mediterranean hydromedusae (Cnidaria)». *Biol. J. Linn. Soc.*, 48: 239-266.
- BOUILLON, J. [et al.] (2000). «Deep-water Hydromedusae collected in the Lacaze-Duthiers canyon (Banyuls, northwestern Mediterranean), including the description of two new genera (*Guillea* and *Parateclaia*)». *Sci. Mar.*, 64 (supl. 1): 87-95.
- (2004). «Fauna of the Mediterranean Hydrozoa». *Sci. Mar.*, 68 (supl. 2): 1-438.
- CAMP, J.; ROS, J. D. (1980). «Comunidades bentónicas de sustrato duro del litoral NE español. VIII. Sistemática de los grupos menores». *Invest. Pesq.*, 44: 199-209.
- CANALS, M. [et al.] (1982). «Toponímia de la mar Catalano-Balear: (Amb un glossari de termes genèrics)». *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 26: 169-194.
- CARTES, J. [et al.] (2009). «The distribution of megabenthic, invertebrate epifauna in the Balearic Basin (Western Mediterranean) between 400 and 2300 m: Environmental gradients influencing assemblages composition and biomass trends». *J. Sea Res.*, 1: 244-257.
- CHIMIENTI, G. [et al.] (2019). «Occurrence and biogeography of Mediterranean cold-water corals». A: OREJAS, C.; JIMÉNEZ, C. (ed.). *Mediterranean cold-water corals: Past, present and future: Understanding the deep-sea realms of coral*. Cham (Suïssa): Springer, 213-243.
- COLLINS, A. G. (2002). «Phylogeny of Medusozoa and the evolution of cnidarian life cycles». *J. Evolution. Biol.*, 15: 418-432.
- DALY, M. [et al.] (2007). «The phylum Cnidaria: A review of phylogenetic patterns and diversity 300 years after Linnaeus». *Zootaxa*, 1668: 127-182.
- DESBRUYÈRES, D. [et al.] (1973). «Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane espagnole». *Vie Milieu*, 23: 335-363.
- DIGENIS, M. [et al.] (2024). «New records of rarely reported species in the Mediterranean Sea». *Medit. Mar. Sci.*, 25 (març): 84-115.
- DOMÍNGUEZ-CARRIÓ, C. [et al.] (2022). «Diversity, structure and spatial distribution of megabenthic communities in cap de Creus continental shelf and submarine Canyon (NW Mediterranean)». *Progr. Oceanogr.*, 208: 102877.
- FONT, J. [et al.] (1988). «Permanent features of the circulation in the Catalan Sea». *Oceanol. Acta*, (núm. especial): 51-57.
- GARRABOU, J. [et al.] (2019). «Collaborative database to track mass mortality events in the Mediterranean Sea». *Front. Mar. Sci.*, 6: 707.
- GIL, J. M. (1980). *Medusas del Mediterráneo español (otoño de 1976)*. Tesi de llicenciatura. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- GILI, J. M. (1982). «Fauna de cnidaris de les illes Medes». *Treb. Instit. Cat. Hist. Nat.*, 10: 1-175.
- (1986). *Estudio sistemático y faunístico de los cnidarios de la costa catalana*. Tesi doctoral. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- GILI, J. M. [et al.] (1987a). «Types of bottoms and benthic Cnidaria from the trawling grounds (littoral and bathyal) off Catalonia (NE Spain)». *Vie Milieu*, 37: 85-98.
- (1987b). «Zoantarios (Cnidaria, Anthozoa) de la costa y de la plataforma continental catalanas (Mediterráneo occidental)». *Misc. Zool.*, 11: 13-24.
- (1998). «Origin and biogeography of the deep-water Mediterranean Hydromedusae including the description of two new species collected in submarine canyons of Northwestern Mediterranean». *Sci. Mar.*, 62: 113-134.
- (1999). «Submarine canyons as habitats of prolific plankton populations: Three new deep-sea Hydrodromedusae in the western Mediterranean». *Zool. J. Linn. Soc.*, 125: 313-329.
- (2000). «A multidisciplinary approach to the understanding of hydromedusan populations inhabiting Mediterranean submarine canyons». *Deep Sea Res. Part I*, 47: 1513-1533.
- (2011). *Caracterización física y ecológica del área marina del cap de Creus*. Informe final área LIFE+ INDEMARES (LIFE07/NAT/E/000732). Barcelona: Institut de Ciències del Mar: CSIC. [Coordinació: Fundación Biodiversidad, Madrid]
- (2017). «El redescubrimiento del Mediterráneo». *Invest. Ciènc.*, 488: 34-42.
- GILI, J. M.; CASTELLÓ, G. [et al.] (1985). «Hidropólips de la costa norte del cabo de Creus (NE Cataluña)». *Misc. Zool.*, 9: 7-24.
- GILI, J. M.; COMA, R. (1998). «Benthic suspension feeders: Their paramount role in littoral marine food webs». *Trends Ecol. Evol.*, 13: 316-321.
- GUERRERO, E. [et al.] (2018a). «Diversity and mesoscale spatial changes in the planktonic cnidarian community under extreme warm summer conditions». *J. Plankton Res.*, 40: 178-196.
- (2018b). «Long-term changes of the planktonic cnidarian community in the NW Mediterranean». *PLOS One*, 13 (5): e0196431.
- HARO, A. de (1965). «Contribución al estudio de los hidrozooes españoles. Hidroideos del litoral de Blanes (Gerona)». *P. Inst. Biol. Apl.*, 38: 105-112.
- LLOBET, I. [et al.] (1986). «Estudio de una población de hidropólips epibiontes de *Halimeda tuna*». *Misc. Zool.*, 10: 33-43.
- MALUQUER, J. (1916). *Treballs oceanogràfics en la Costa de l'Empordà*. Barcelona: Junta de Ciències Naturals: Museu Martorell, 221-261.
- (1919). «Notes per a una monografia de les meduses (Acalepha) del litoral català». *Arx. Inst. Ciènc.* [Barcelona: Institut d'Estudis Catalans], any quart: 217-271.
- MECHO, L. A. (2014). *Taxonomy, distribution and community composition of megabenthic non-crustacean invertebrates in the deep Catalan margin: Taxonomia, distribució i composició de la comunitat de invertebrats no crustàceos del megabentos del Mar Català profund*. Tesi doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- MEDEL, M. D.; LÓPEZ-GONZÁLEZ, P. (1996). «Updated catalogue of hydrozoans of the Iberian Peninsula and Balearic Islands, with remarks on zoogeography and affinities». *Sci. Mar.*, 60: 183-209.
- MOTZ-KOSSOWSKA, S. (1905). «Contribution à la connaissance des hydrides de la Méditerranée occidentale: I: Hydrides gymnoblastiques». *Arch. Zool. Exp. Gen.*, 4: 39-98.
- (1911). «Contribution à la connaissance des hydrides de la Méditerranée occidentale: II: Hydrides calypoblastiques». *Arch. Zool. Exp. Gen.*, 5: 323-352.
- OM = OBSERVADORES DEL MAR (2024). [en línia]. <https://www.observadoresdelmar.es>.
- OREJAS, C. [et al.] (2009). «Cold-water corals in the cap de Creus canyon (north-western Mediterranean): Spatial distribution, density and anthropogenic impact». *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 397: 37-51.
- OTERO, M. M. [et al.] (2017). *Overview of the conservation status of Mediterranean anthozoans*. Màlaga: International Union for the Conservation of Nature.
- PASTOR-PRIETO, M. [et al.] (2024). «Assemblages of planktonic cnidarians in winter and their relationship to environmental conditions in the NW Mediterranean Sea». *J. Mar. Syst.*, 245: 10398.
- PONTES, M. [et al.] (1986). *Biodiversity in anthropized marinas: The case of the Barcelona Forum bathing area (Spain)*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, 1-64. (Monografies de la Institució Catalana d'Història Natural; 3)
- ROGERS, A. D. (2009). «Cnidarians (Cnidaria)». A: HEDGES, S. B.; KUMAR, S. (ed.). *The timetree of life*. Oxford: Oxford University Press, 233-238.
- ROGERS, A. D. [et al.] (1986). «Discovering marine biodiversity in the 21st century». *Adv. Mar. Biol.*, 93: 23-115.
- ROMANO, C. [et al.] (2010). «Canyon effect and seasonal variability of deep-sea organisms in the NW Mediterranean: Synchronous, year-long captures of "swimmers" from near-bottom sediment traps in a submarine canyon and its adjacent open slope». *Deep Sea Res. Part I*, 129: 95-115.

- RUBIÓ, M. (1971). *Contribución al estudio de la fauna bentónica del litoral de Blanes*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- SABATÉS, A. [et al.] (2010). «Planktonic cnidarian distribution and feeding of *Pelagia noctiluca* from near shore to open sea in the NW Mediterranean». *Hydrobiologia*, 645: 153-165.
- SERRANO, E. [et al.] (2013). «Rapid northward spread of a Zooxanthellate coral enhanced by artificial structures and sea warming in the Western Mediterranean». *PLOS One*, 8 (1): e52739.
- TUR, J. M. (1989). *Contribució a la fauna d'actiniaris del litoral català: Taxonomia i sistemàtica*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- TUR, J. M.; GODALL, P. (1981). «Consideraciones preliminares sobre la ecología de los antozoos del litoral sur de la Costa Brava». *Oecol. Aquat.*, 6: 175-184.
- YOKES, M. B. [et al.] (2018). «New Mediterranean biodiversity records». *Medit. Mar. Sci.*, 19 (novembre): 673-689.

Marc Domènech

Departament de Genètica, Microbiologia i Estadística, Facultat de Biologia, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona (UB)

Correspondència: Marc Domènech. Departament de Genètica, Microbiologia i Estadística, Facultat de Biologia, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona (UB). Avinguda Diagonal, 643. 08028 Barcelona. Adreça electrònica: marcdomenech@ub.edu.

DOI: 10.2436/20.1501.02.244

ISSN (ed. impresa): 0212-3037

ISSN (ed. digital): 2013-9802

<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>

Rebut: 24 de juny de 2024

Acceptat: 27 de juny de 2024

Resum

Els aràcnids són un dels grups animals amb més mala reputació entre la societat. No obstant això, tenen un paper molt important en les cadenes tròfiques dels ecosistemes terrestres com a depredadors clau. Provenints d'avantpassats marins, els aràcnids es van diversificar i van donar lloc a més de 100.000 espècies descrites actualment, la qual cosa els converteix en un dels grups animals més diversos. Els aràcnids inclouen dotze ordres diferents: les aranyes (conegudes per la seda i pel verí), els opilions, els escorpins, els pseudoescorpins, els àcars, les paparres, els solífugs, els palpígrads, els ricinulis, els amblipigis, els uropigis i els esquizòmids. Els invertebrats (entre els quals es troben els aràcnids), en comparació amb els vertebrats, solen rebre poca atenció en els projectes de conservació. Tanmateix, sabem que les seves poblacions s'estan veient amenaçades arreu del món per un gran ventall de factors: pèrdua d'hàbitat, canvi climàtic, introducció d'espècies exòtiques i comerç il·legal d'espècies, entre d'altres.

Paraules clau: aràcnids, conservació, diversitat, amenaces.

Diversitat

Els aràcnids (les aranyes i els seus parents propers) representen un dels grups animals amb més mala reputació entre la societat. Són molts els mites i les notícies sensacionalistes injustificades que solen acompanyar aquests animals, amb els quals, d'altra banda, coexistim molt més del que ens pensem. De fet, en un estudi dut a terme als Estats Units l'any 2016 es va veure que els aràcnids eren el segon grup d'animals més divers dins de les cases, tan sols per darrere dels dípters (mosques i mosquits), però per davant d'escarabats, xinxes o paneroles (Bertone *et al.*, 2016).

Gràcies a la seva gran capacitat d'adaptació, es troben aràcnids pràcticament en tots els hàbitats: tant en zones càlides com fredes, des de les selves més humides fins als deserts més secs i, fins i tot, en rius i basses —a sobre o dins l'aigua, com en el cas de l'aranya aquàtica *Argyroneta aquatica* (Clerk, 1758), l'única aranya capaç de viure sota l'aigua. En aquests ecosistemes, els aràcnids aconsegueixen un paper clau en les cadenes tròfiques, ja sigui com a grans depredadors d'invertebrats o com a preses, principalment d'ocells i de petits mamífers. L'any 2017, uns aracnòlegs europeus van estimar que en conjunt les aranyes consumeixen

arreu del món entre 400 i 800 tones d'insectes cada any (Nyffeler i Birkhofer, 2017). Per posar-ho en context, els humans consumim unes 400 tones de carn i de peix l'any. Això posa de manifest la gran importància dels aràcnids com a controladors d'insectes i, sobretot, el gran impacte que podria tenir la disminució de les seves poblacions.

Diversitat i evolució

Amb més de 100.000 espècies descrites, els aràcnids constitueixen un dels grups animals més diversos a la Terra. Per trobar-ne l'origen ens hem de remuntar a uns 420 milions d'anys enrere, al període silurià, quan, procedents d'avantpassats marins, els aràcnids es van adaptar a la vida a terra ferma.

El grup dels aràcnids es divideix en dotze ordres diferents, vuit dels quals es poden trobar a Catalunya: les aranyes, els opilions, els escorpins, els pseudoescorpins, els àcars, les paparres, els solífugs i els palpígrads. A la resta del món, especialment en zones tropicals, s'hi poden trobar els quatre ordres restants: els ricinulis, els amblipigis, els uropigis i els esquizòmids. Dels més de cent milers d'espècies d'aràcnids, més de la meitat són aranyes. Tot i això, les aranyes constitueixen un dels grups

Arachnids

Abstract

Arachnids are among the animal groups with the worst reputation among people in general. However, they play a crucial role in food chains of terrestrial ecosystems as top predators of arthropods. Descending from marine ancestors, arachnids diversified, giving rise to more than 100,000 currently described species to become one of the most diverse animal groups. Arachnids include twelve orders: spiders (known for their silk and venom), harvestmen, scorpions, pseudoscorpions, mites, ticks, solifuges, palpigrades, ricinuleids, amblypygids, uropygids and schizomids. Invertebrates (including arachnids), as opposed to vertebrates, usually receive little attention in conservation projects. However, their populations are known to be threatened around the world by a wide range of factors: habitat loss, climate change, introduction of exotic species and illegal pet trade, among others.

Keywords: arachnids, conservation, diversity, threats.

animals en què el percentatge d'espècies descobertes respecte al total d'espècies que s'estima que existeixen és més baix, al voltant d'un 17%.

Les aranyes

Dins dels aràcnids, probablement les aranyes són l'ordre més conegut, el qual (amb 134 famílies i més de 52.000 espècies al món, i unes 800 a Catalunya) es divideix en tres subordres: mesotels, migalomorfs i araneomorfs. Els mesotels inclouen poques espècies, restringides al sud-est asiàtic, les quals retenen trets primitius, com un opistosoma (abdomen) segmentat. Els migalomorfs comprenen, entre d'altres, les conegudes taràntules, i es distingeixen per tenir uns quelícers (els apèndixs injectors de verí) amb l'ullal paral·lel a l'eix longitudinal del cos, amb un moviment de dalt a baix. A Catalunya hi ha unes onze espècies de migalomorfs. Els araneomorfs, que integren tota la resta d'aranyes, tenen uns quelícers on els ullals fan un moviment lateral, de l'un contra l'altre.

Possiblement, el tret més distintiu de les aranyes és la seva capacitat de produir seda. Per bé que totes les aranyes tenen aquesta capacitat, no totes construeixen teranyines de

captura; n'hi ha que empen la seda per a altres usos, com ara fer capolls de resistència, embolicar els ous o volar (mitjançant el *ballooning*, les aranyes llancen fils de seda enlaire i són arrossegades, *volen* gràcies al vent i al camp elèctric de la Terra).

El verí és una altra característica ben coneguda de les aranyes. Llevat d'uns pocs grups concrets, la major part de les espècies d'aranyes són verinoses. Tanmateix, aquest verí sol ser d'una intensitat molt baixa, i les probabilitats de picada són molt reduïdes. A Catalunya només existeixen dues espècies amb verins d'importància mèdica. Per una banda, l'aranya violinista mediterrània *Loxosceles rufescens* (Dufour, 1820) té un verí necròtic que, en cas de picada, crea una petita lesió local que pot derivar en una úlcera. Per l'altra, la vídua negra mediterrània *Latrodectus tredecimguttatus* (Rossi, 1790) té un verí neurotòxic, el qual pot provocar efectes sistèmics, com dolor muscular, rampes, taquicàrdia, etc.

Altres aràcnids

Els escorpins són un ordre d'aràcnids amb més de 2.500 espècies arreu del món i tres a Catalunya. L'escorpi groc (*Buthus occitanus* Amoreux, 1789) és propi de llocs secs i càlids. Les seves pinces fines i una cua gruixuda denoten que posseeix un verí força intens. L'escorpi negre (*Euscorpium flavicaudis* De Geer, 1778) sol habitar llocs amb un grau d'humitat més elevat, i es troba tant sota pedres i troncs com als murs de pedra. Té un color general negre, llevat de les potes i l'agulló, que són groguencs. Finalment, l'escorpi cec (*Belisarius xambeui* Simon, 1879) és un dels escorpins més rars d'Europa; tan sols es troba cap al Pirineu oriental i al Montseny, on habita tant zones molt obagues i humides com dintre de coves. El tret més distintiu dels escorpins és clarament el verí que injecten a través de la cua, en concret, mitjançant un agulló final; a més, s'ajuden de les pinces (modificacions dels pedipalps) per capturar i manipular les preses. També es distingeixen d'altres aràcnids pel fet que són ovo-vivípars, és a dir, la femella no pon ous, sinó que aquests fan eclosió al seu interior i pareix cries vives. Aquestes, de color blanc, romanen sobre la mare uns quants dies fins que poden valdre's per elles mateixes. Finalment, una curiositat dels escorpins és que l'estructura de la seva cutícula els fa brillar intensament sota llum ultraviolada o llum negra, tot i que encara no se'n sap del cert la funció.

Els pseudoescorpins, com el seu nom indica, presenten certes similituds amb els escor-



↑ Figura 1. Representants dels dotze ordres d'aràcnids. D'esquerra a dreta i de dalt a baix: l'aranya *Argiope lobata* (Pallas, 1772), l'escorpi *Buthus occitanus*, el pseudoescorpi *Rhacochelifer* sp., l'opilió *Odiellus troglodytes* (Lucas, 1847), el solífug *Gluvia dorsalis* (Latreille, 1817), el parasitiforme *Ixodes vespertilionis* (Koch, 1844), un acariforme de la família Thrombidiidae, el palpígrad *Eukoenenia zariquieyi* (Condé, 1951), el ricinuli *Cryptocellus* sp., l'amblipigi *Paraphrynus laevis* (Pocock, 1894), l'uropigi *Mastigoproctus giganteus* (Lucas, 1835) i l'esquizòmid *Hubbardia briggsi* (Rowland, 1972). Totes les fotografies són de l'autor.

pins, com l'estructura del cos i els pedipalps en forma de pinça, però no tenen cua i solen ser de mida reduïda. Actualment n'hi ha 4.250 espècies al món, i més de seixanta es troben a Catalunya. Un tret força desconegut dels pseudoescorpins és la seva capacitat de produir seda. Ho fan a través d'unes glàndules situades als pedipalps, i la utilitzen per fer capolls on refugiar-se, per mudar la cutícula o per embolicar els ous. En moltes espècies, a més, els palps presenten encara una altra modificació: una glàndula del verí. Es tracta d'un verí d'una intensitat molt baixa que els permet paralitzar les preses. Com a curiositat, els pseudoescorpins tenen una gran capacitat de dispersió mitjançant la forèsia. Quan s'esgoten els recursos d'una zona, el pseudoescorpi espera que algun animal volador passi a prop seu, s'hi enganxa a una pota o a una antena i és transportat per l'aire fins a algun altre lloc, on es deixa anar.

Els opilions comprenen més de 6.500 espècies, unes trenta-cinc de les quals són presents a Catalunya. Tot i que de vegades són confosos amb les aranyes (especialment els que tenen les potes llargues), els opilions es poden distingir de les aranyes per la forma del cos; així, mentre

que les aranyes tenen el cos dividit en dues parts per un pedicel (la cintura), aquesta divisió no és obvia en els opilions, en els quals el cos constitueix una sola unitat aparent. A més, els opilions no posseeixen glàndules de verí ni la capacitat de fer teranyina.

Els solífugs, també anomenats *aranyes camell*, són un ordre integrat per més de 1.200 espècies arreu del món, concentrades sobretot en zones àrides i càlides o, fins i tot, desèrtiques. A Catalunya només hi habita una espècie de solífug, *Gluvia dorsalis*, la qual es troba únicament en zones seques de Lleida i de Tarragona. Tot i no posseir verí, són depredadors molt voràços de qualsevol animal que puguin capturar amb els seus grans quelícers en forma de pinça. Els seus llargs pedipalps, que tenen una certa capacitat adhesiva a l'extrem, els serveixen per atrapar la presa i evitar que s'escapi, però també els permeten pujar per superfícies gairebé llises.

Els àcars són, juntament amb les aranyes, un dels grups d'aràcnids amb més espècies. Encara que tradicionalment s'han considerat un sol grup (Acari), sembla que els àcars en realitat estarien formats per dos grups diferents que fins i tot podrien no estar directa-

ment emparentats: els parasitiformes i els acariformes. Els parasitiformes concentren més de 12.000 espècies arreu del món, i unes cinquanta a Catalunya. Els seus representants més coneguts són les paparres (Ixodida), paràsits que s'alimenten de la sang de mamífers, d'aus i d'altres animals. Tenen importància mèdica perquè ens poden transmetre malalties com la borreliosi o la malaltia de Lyme. No obstant això, molts altres parasitiformes són depredadors, carronyaires o detritívors, i alguns fins i tot s'alimenten de fongs o de pollen.

Els acariformes, per la seva banda, comprenen unes 351 famílies i més de 32.000 espècies a escala mundial (més de 400 a Catalunya). Solen ser de mida reduïda (menys d'un mil·límetre), per bé que algun àcar vermell vellutat pot fer més d'1,5 cm. Els acariformes presenten una gran diversitat tròfica: hi ha microherbívors, detritívors o fungívors, així com paràsits de plantes o d'animals. Alguns tenen importància econòmica perquè poden representar plagues per als cultius, com l'aranya roja (*Tetranychidae*), i d'altres tenen importància mèdica, com els àcars de la pols (*Pyroglyphidae*), coneguts per causar al·lèrgies.

Els pal·lígrafs són un grup d'aràcnids minúsculs (menys de 3 mm) que solen habitar coves o altres llocs ombrívols i amb humitat. Són blanquinosos (gairebé translúcids) i totalment cecs. Tenen una característica cua plena de pèls sensitius que els ajuda a percebre l'entorn. De les 138 espècies descrites, només dues han estat citades a Catalunya: *Eukoenenia zariquieyi* i *Eukoenenia mirabilis* (Grassi, 1886).

L'ordre dels ricinulids, no present a Europa, inclou 102 espècies distribuïdes només en zones tropicals. Són aràcnids cecs propis de zones humides, on solen trobar-se entre la fullaraca i fins i tot dins de coves.

Els amblopigis estan integrats per 278 espècies arreu del món i només una a Europa, *Charinus iohanniticus* (Kritscher, 1959), pròpia de Grècia. Es tracta d'uns aràcnids de cos aplanat i molt ràpids. Viuen en llocs relativament humits, sovint, dins de coves. Tenen el primer parell de potes clarament allargat per poder palpar el seu entorn i uns pedipalps amples per capturar les preses.

Finalment, els uropigis i els esquizòmids, amb 126 i 373 espècies, respectivament, solen habitar zones càlides, i cap espècie no es troba de forma natural a Europa, encara que n'hi ha d'introduïdes. Presenten un cos allargat, amb el primer parell de potes llarg i fi per notar el seu entorn. Com a curiositat, els uropigis són capaços d'expulsar un líquid amb una olor

semblant a la del vinagre com a mesura defensiva.

Amenaces per a la seva conservació

Els invertebrats (entre els quals s'inclouen els aràcnids), en comparació amb els vertebrats, solen rebre poca atenció en els projectes de conservació. Sovint, això es deu a la major dificultat que comporta fer-ne el seguiment poblacional o obtenir dades que siguin fiables, significatives i precises del seu estat de conservació i de la seva distribució. Tanmateix, no s'ha de passar per alt que molt probablement un dels motius pels quals els vertebrats, a diferència dels invertebrats, són més presents en programes de conservació és que els humans tendim a empatitzar més amb aquests grups animals i és més fàcil seleccionar-ne espècies bandera (amb atributs carismàtics i que esdevenen símbols per cridar l'atenció de la societat respecte a la conservació de la biodiversitat).

Sigui com sigui, se sap que les poblacions d'artròpodes, entre les quals les d'aràcnids, s'estan veient amenaçades arreu del món per un gran ventall de factors: pèrdua d'hàbitat, canvi climàtic, introducció d'espècies exòtiques i comerç il·legal d'espècies, entre d'altres.

Pèrdua d'hàbitat

Com en altres grups d'organismes, la pèrdua d'hàbitat és una de les amenaces més importants per a la conservació dels aràcnids, tant per la transformació de molts ecosistemes a causa del canvi climàtic com per l'ús del sòl. En concret, la transformació de zones naturals en zones destinades a l'agricultura, a la ramaderia o a ésser urbanitzades destrueix una sèrie d'hàbitats que hostatgen una gran diversitat d'aràcnids.

Diversos estudis han posat de manifest que la desforestació dels boscos redueix en gran mesura l'abundància d'aranyes i causa una homogeneïtzació dràstica de la composició d'espècies de la comunitat, reduint-ne la diversitat (Coyle, 1981; McIver *et al.*, 1992). A més, s'ha comprovat que estructures com les vies fèrries o les grans carreteres poden constituir barreres a la dispersió; d'aquesta manera aïllen petites poblacions i en comprometen la viabilitat (Mader *et al.*, 1990).

Canvi climàtic

El canvi climàtic, i en especial l'escalfament global que en deriva, també té un impacte en l'estat de moltes poblacions d'aràcnids. Alguns

estudis ja han reportat que certes espècies d'aranyes, com l'aranya vespa *Argiope bruennichi* (Scopoli, 1772), migren cap al nord per intentar mantenir-se en el seu òptim tèrmic i ocupen així zones que abans els eren massa fredes (Krehenwinkel i Tautz, 2013; Kumschick *et al.*, 2010). Tot i això, s'ha vist que el ritme al qual aquests aràcnids poden dispersar-se cap al nord és inferior al ritme al qual es mou el seu òptim climàtic per la pujada de les temperatures. Per tant, és probable que moltes espècies d'aràcnids acabin confinades a ambients subòptims per a la supervivència de les seves poblacions o, fins i tot, que desapareguin si les temperatures pugen per sobre d'un cert llindar.

Cal mencionar també les espècies d'aràcnids cavernícoles, sovint amb unes distribucions molt reduïdes. Aquests organismes solen tenir una capacitat per dispersar-se molt baixa i estan tan adaptats a la vida a les coves que són particularment vulnerables a les perturbacions del seu entorn, ja siguin canvis de temperatura o altres factors.

Espècies exòtiques

La introducció d'espècies al·lòctones, especialment accentuada amb la globalització, comporta efectes negatius tant directes com indirectes en les poblacions de molts animals. Per una banda, s'ha vist que certes espècies d'aranyes són molt susceptibles a la introducció d'artròpodes exòtics (molt particularment de formigues), ja sigui per atacs o per competència; és el cas d'algunes aranyes *Tetragnatha*, molt vulnerables als atacs directes de formigues exòtiques (Gillespie i Reimer, 1993).

Per altra banda, la introducció de nombroses plantes exòtiques que modifiquen completament els boscos i els paisatges altera l'estructura dels ecosistemes; s'elimina així l'hàbitat de moltes espècies d'aràcnids i se'n compromet indirectament la viabilitat.

Comerç il·legal d'espècies

A les problemàtiques esmentades anteriorment, cal afegir-hi la captura i el comerç il·legal d'aràcnids com a mascotes exòtiques. El desig de col·leccionistes de tenir les espècies més exclusives, habitualment taràntules però també d'altres espècies, està portant a la captura descontrolada d'exemplars salvatges, la qual cosa posa en greu perill la viabilitat de moltes poblacions d'aranyes, fins i tot al nostre país. A més, les espècies més exclusives i desitjades solen ser també les més rares, amb poblacions més reduïdes i rangs de distribució més limitats, fet que incrementa el perill que desapareguin.

Mala reputació

Tot i el paper important que alguns grups animals, com els aràcnids o les serps, acompleixen en els ecosistemes, encara tenen una mala reputació entre bona part del públic general. Mites, pel·lícules i notícies sensacionalistes han contribuït a crear una mala imatge d'aquests animals, que poc o gens s'adequa a la realitat. Això ha fet que en certs sectors de la societat

sigui habitual matar els aràcnids o altres artròpodes que es troben. Lluny de ser un fet anecdòtic, aquest fenomen pot tenir un efecte real en la conservació d'aquests animals, no tant per les morts directes produïdes pels humans, sinó també per l'aparent desconexió que pot sentir una part de la societat respecte a la necessitat d'implementar projectes de conservació adreçats a aquests animals.

Cal implementar mesures per adreçar fenòmens com aquest i conscienciar de la necessitat de conservar no tan sols l'os panda o el linx ibèric, sinó també l'aranya gran de bassa o l'aranya cega de cova; per exemple, amb accions d'educació i de divulgació sobre artròpodes en general i aràcnids en concret, que posin de manifest la rellevància d'aquests grups i canviïn la visió que en té la societat.

Bibliografia

- BERTONE, M. A.; LEONG, M.; BAYLESS, K. M.; MALOW, T. L.; DUNN, R. R.; TRAUTWEIN, M. D. (2016). «Arthropods of the great indoors: Characterizing diversity inside urban and suburban homes». *PeerJ*. [en línia], 4: e1582. <<https://doi.org/10.7717/peerj.1582>>.
- COYLE, F. A. (1981). «Effects of clearcutting on the spider community of a Southern Appalachian forest». *Journal of Arachnology*, 9: 285-298.
- GILLESPIE, R. G.; REIMER, N. (1993). «The effect of alien predatory ants (Hymenoptera: Formicidae) on Hawaiian endemic spiders (Araneae: Tetragnathidae)». *Pacific Science*, 47 (1): 21-33.
- KREHENWINKEL, H.; TAUTZ, D. (2013). «Northern range expansion of European populations of the wasp spider *Argiope bruennichi* is associated with global warming-correlated genetic admixture and population-specific temperature adaptations». *Molecular Ecology*, 22 (8): 2232-2248.
- KUMSCHICK, S.; FRONZEK, S.; ENTLING, M. H.; NENTWIG, W. (2011). «Rapid spread of the wasp spider *Argiope bruennichi* across Europe: A consequence of climate change?». *Climatic Change*, 109 (3): 319-329.
- MADER, H. J.; SCHELL, C.; KORNACKER, P. (1990). «Linear barriers to arthropod movements in the landscape». *Biological Conservation*, 54: 209-222.
- MCIVER, J. D.; PARSONS, G. L.; MOLDENKE, A. R. (1992). «Litter spider succession after clear-cutting in a western coniferous forest». *Canadian Journal of Forest Research*, 22: 984-992.
- NYFFELER, M.; BIRKHOFER, K. (2017). «An estimated 400-800 million tons of prey are annually killed by the global spider community». *Naturwissenschaften* [en línia], 104 (3-4): 30. <<https://doi.org/10.1007/s00114-017-1440-1>>.

La biodiversitat dels insectes

Josep Maria Olmo Vidal

Servei de Fauna i Flora, Departament de Territori, Habitatge i Transició Ecològica, Generalitat de Catalunya, Barcelona

Correspondència: Josep Maria Olmo Vidal. Servei de Fauna i Flora, Departament de Territori, Habitatge i Transició Ecològica, Generalitat de Catalunya. Carrer del Foc, 57. Edifici A. Barcelona. Adreça electrònica: josep.olmo@gencat.cat.

DOI: 10.2436/20.1501.02.245

ISSN (ed. impresa): 0212-3037

ISSN (ed. digital): 2013-9802

<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>

Rebut: 25 de juliol de 2024

Acceptat: 5 de setembre de 2024

Resum

Els insectes i la seva biodiversitat representen un dels aspectes més importants dels ecosistemes per la relació que tenen amb la vegetació i amb les xarxes tròfiques. La biodiversitat d'insectes a Catalunya és una de les més grans d'Europa pel territori que ocupa. Tot i l'aprovació del Catàleg de fauna amenaçada de Catalunya el 2022, que dona cobertura a la protecció i la conservació de 155 espècies d'insectes, caldria implementar urgentment accions per evitar el declivi de la seva biodiversitat. En aquest treball, es comenta la importància de la preservació dels hàbitats, del canvi climàtic i dels insectes com a pol·linitzadors. També s'aborden les repercussions negatives que tenen les espècies invasores. De cara al futur, els factors més rellevants que cal tenir en compte per a la preservació de la biodiversitat dels insectes són la conservació dels hàbitats, la divulgació educativa i l'educació ambiental.

Paraules clau: biodiversitat, insectes, conservació dels hàbitats, pol·linitzadors, espècies invasores, Catalunya.

Biodiversity of insects

Abstract

Insects, with their biodiversity, are one of the most important components of ecosystems due to their relationship with vegetation and food webs. The biodiversity of insects in Catalonia is one of the largest in Europe in relation to the extension of the territory. Nevertheless, despite the approval in 2022 of the Catalogue of Threatened Fauna of Catalonia, which covers the protection and conservation of 155 species of insects, actions need to be urgently implemented to prevent the decline of their biodiversity. In this study, the importance of habitat preservation, climate change and insects as pollinators is outlined. We also discuss the negative repercussions that invasive species have. Looking to the future, the most important factors to be taken into account for the preservation of insect biodiversity are the conservation of habitats, educational outreach and environmental education.

Keywords: biodiversity, insects, habitat conservation, pollinators, invasive species, Catalonia.

Introducció

Els insectes són els éssers vius amb un major nombre d'espècies i segurament d'individus a la Terra, i han colonitzat tots els tipus d'ambients, fins i tot el medi marí, on tanmateix són molt escassos. La biodiversitat d'insectes és difícil d'assimilar conceptualment, perquè, si es compara amb la d'altres organismes, assoleixen un nombre desorbitant (Groombridge, 2002). Tot i que a escala mundial es coneixen més d'un milió d'espècies d'insectes, la xifra no para d'augmentar amb el descobriment que la ciència duu a terme de noves espècies. Un dels ecosistemes amb una biodiversitat més gran d'insectes és la selva amazònica, on es calcula que n'hi ha unes 60.000 espècies. Segons algunes estimacions actuals, aquest nombre de més d'un milió (a escala mundial) es podria multiplicar per deu amb el descobriment de noves espècies, però, malauradament, hi ha espècies que es van extingint.

Des del punt de vista ecològic, els insectes tenen un vincle molt important amb la vegetació: han coevolucionat amb moltes espècies de plantes, de les quals n'hi ha unes 350.000 arreu del món. Els insectes són uns aliats fonamentals per a la nostra vegetació, ja que permeten que les plantes creixin i produeixin fruits.

Mentre que algunes espècies d'insectes són pol·linitzadores, unes altres són depredadores de plagues (per això se'ls anomena *auxiliars del jardiner*). Els insectes aconsegueixen un paper molt important en els ecosistemes naturals i en la salut de les plantes, però també als horts i als conreus, ja que la diversitat d'insectes contribueix a la salut de les plantes i a l'augment de la biodiversitat del medi natural.

També cal tenir en compte el nombre d'individus de cada espècie, aspecte que fa que el grup dels insectes encara sigui més important; per exemple, un sol formiguer pot arribar a tenir fins a 250.000 formigues, o un niu de vespa asiàtica (que té una grandària molt superior a la de les formigues i, per tant, representa més biomassa total) pot contenir fins a 60.000 vespes. A més de molt diversos, els insectes són extremament abundants; així, hom ha calculat que hi ha 200 milions d'insectes per cada ésser humà. Només pel que fa a les formigues, a la Terra n'hi ha com a mínim mil bilions. D'altra banda, el domini ecològic dels insectes es mesura també per la seva biomassa; en aquest sentit, els insectes representen fins a un 20 % del total de la biomassa terrestre, xifra que supera la biomassa de tots els vertebrats junts.

D'entre els insectes, el grup més abundant és el dels coleòpters, amb aproximadament 387.000 espècies descrites; els segueixen els dípters, amb 160.000 espècies, i n'hi ha 157.000 de lepidòpters, 153.000 d'himenòpters, 104.000 d'hemípters, 24.000 d'ortòpters i 6.000 d'odonats. Si comparem aquestes dades amb el nombre d'un dels grups de vertebrats més quantiosos, com les aus, amb 10.000 espècies, les diferències són evidents.

El terme *biodiversitat* s'explica des del punt de vista de l'espècie humana respecte a les altres espècies, ja que nosaltres som els que l'hem definit conceptualment, interactuem amb la resta d'organismes de la Terra i podem alterar aquesta biodiversitat. No s'ha de confondre la biodiversitat amb la quantitat d'espècies presents en un ecosistema, la qual cosa s'anomena *riquesa específica* i és un dels components principals de la biodiversitat (un altre és la representació més o menys equivalent de les diferents espècies). D'una manera general, com més espècies d'insectes hi ha en un ecosistema (riquesa específica) i més ben repartides estan, sense cap espècie clarament dominant, més alta és la biodiversitat.

Així mateix, cal no confondre la biodiversitat amb una gran abundància d'exemplars de

tres o quatre espècies (per exemple, que hi hagi moltes papallones als jardins urbans no necessàriament implica que continguin una alta biodiversitat de papallones). Sovint aquest concepte s'utilitza erròniament i es conclou que la biodiversitat d'insectes és estable, tot i que en la major part dels casos no és en absolut així, sinó que hi ha una davallada de la biodiversitat, en general, i dels insectes, en particular. Caldria implementar mesures urgents per tal de frenar la pèrdua de biodiversitat d'insectes que creix dia rere dia.

Catalunya és una de les regions d'Europa on la diversitat d'hàbitats és molt més gran en relació amb la superfície que ocupa (40.426 quilòmetres quadrats), amb zones estèpiques, prats alpins, muntanyes i hàbitats costaners; això fa que la biodiversitat d'insectes i d'altres organismes sigui molt gran, amb molts endemismes. Per tant, és un dels punts calents (*hotspots*) de biodiversitat més importants d'Europa.

A més, es tracta d'una zona de gran interès biogeogràfic, perquè és el pont d'unió entre les faunes entomològiques d'Europa i d'Àfrica, separades per les barreres dels Pirineus i de la Mediterrània, on hi ha el límit de distribució meridional i septentrional de diverses espècies. Això passa sobretot amb els grups dels ortòpters, dels coleòpters, dels lepidòpters i dels odonats.

En les dues darreres dècades, un dels aspectes més preocupants pel que fa a la biodiversitat a Catalunya ha estat la pèrdua d'hàbitat dels insectes. Tot seguit ens referirem a la importància de la biodiversitat dels insectes i als factors que poden alterar-la i proposarem mesures de gestió de cara al futur per poder mantenir-la i/o recuperar-la.

Estat actual de la biodiversitat dels insectes a Catalunya

Com s'ha dit, Catalunya és una de les regions d'Europa amb una major biodiversitat d'insectes en relació amb la superfície que ocupa. Comentarem alguns dels grups més estudiats dels quals es coneixen quasi totes les espècies presents, com els ortòpters, els lepidòpters, els heteròpters i els odonats. Evidentment, el coneixement de la biodiversitat depèn que un grup hagi estat més o menys estudiat. Així, és probable que d'alguns grups d'insectes, pel fet de ser poc coneguts, no se'n sàpiga el nombre total d'espècies. També comentarem alguns aspectes que poden incidir sobre la biodiversitat i modificar-la.

Com a exemple d'alta biodiversitat, els ortòpters són un grup amb unes 20.000 espècies

a tot el món i aproximadament un miler a Europa, de les quals 300 viuen a la península Ibèrica. A Catalunya se'n troben unes 190 espècies amb molts endemismes, alguns dels quals descoberts recentment (Olmo-Vidal, 2020). Si comparem aquesta darrera dada amb la fauna ortopterològica de França, que té una superfície disset vegades més gran que la de Catalunya i comprèn 210 espècies, sorprèn l'alta riquesa específica del nostre país (Olmo-Vidal, 2006). Pel que fa a les libèl·lules, a Catalunya hi ha 71 espècies citades de les 82 que són presents a la península Ibèrica, sense cap endemisme per les distribucions més amplies dels organismes associats als ecosistemes aquàtics, en comparació amb les espècies terrestres. En relació amb les papallones diürnes (ropalòcers), a Catalunya n'hi ha unes 200 espècies (Vila *et al.*, 2018), una xifra també molt gran si es compara amb el nombre total d'espècies de la península Ibèrica (unes 270 espècies), que és la primera zona en nombre d'espècies d'Europa (vegeu en aquest volum el treball de Dantart i Stefanescu).

Des del punt de vista normatiu, una de les notícies positives que pot contribuir al manteniment i la millora de la biodiversitat d'insectes a Catalunya és l'aprovació del Catàleg de fauna amenaçada l'any 2022, pel qual es crea i es consolida la figura de protecció de les espècies amenaçades. De les 367 que s'inclouen en aquest catàleg, 250 són invertebrats (un 68 % de les espècies), i d'aquestes, 155 corresponen a insectes.

Des del Servei de Fauna i Flora de la Generalitat de Catalunya es fa el seguiment de la biodiversitat dels insectes, sobretot, de les espècies amenaçades, aspecte que permet observar l'estat de conservació dels ecosistemes que ocupen i de la seva biodiversitat (des dels hàbitats alpins, passant pels hàbitats estèpics com la timoneda d'Alfés, les zones estèpiques continentals d'alçada com el Montsec i la plana d'Ancosa, fins a les zones litorals de reredunes). A continuació, veurem les actuacions més importants en relació amb la biodiversitat dels insectes a Catalunya i les propostes de gestió i de millora que es poden fer de cara al futur.

Pèrdua o alteració de l'hàbitat

El principal factor per al manteniment de les espècies d'insectes és la conservació i el bon estat de salut dels seus hàbitats. L'expansió creixent derivada del desenvolupament humà va en detriment del manteniment de l'espai que ocupen els hàbitats de les espècies d'insectes i del nombre d'individus de cadascuna. L'extinció

de petites poblacions no para de créixer; només cal veure el que passa en l'àmbit local català, on, tot i les polítiques de conservació dels hàbitats que es duen a terme, no para d'augmentar l'ocupació dels hàbitats per desenvolupar-hi activitats humanes, aspecte que actua en sentit oposat. A tall d'exemple, l'any 2024, malgrat les dades negatives en relació amb el descens de la biodiversitat d'insectes, el nombre de polígons industrials en poblacions petites s'ha incrementat en zones que, si bé no són especialment sensibles, tenen efecte en el manteniment de les espècies d'insectes. Aquestes zones, fins fa poc d'ambients rurals, al voltant de poblacions relativament petites, estan desapareixent com a hàbitats potencials de molts insectes.

Un altre cas paradigmàtic és l'eliminació total dels marges en els camps de conreu i en les infraestructures (sobretot, carreteres i camins rurals). No s'entenen les polítiques agràries que, en els darrers vint anys, han provocat l'eliminació total dels marges agrícoles i que, probablement, es podria resoldre d'una manera fàcil. Hi ha molts estudis que determinen que els marges tenen un valor ecològic clar i que demostren que promoure'n el manteniment té resultats positius, no només per a la biodiversitat dels insectes, sinó també per al manteniment d'espècies insectívores —entre d'altres, els polls de perdiu (perdigons), que les primeres setmanes de vida s'alimenten d'insectes als marges i als guarets.

L'any 2001, segons un conveni de la Generalitat de Catalunya i el Consell Comarcal de la Segarra (López-Martín i Olmo-Vidal, 2001), es va realitzar un estudi sobre la viabilitat de la perdiu roja en aquesta comarca, en què es van monitorar diversos ambients: erm, guaret, marge, blat, ordi, colza, lli, ametllers i veces. Es va fer el seguiment de les poblacions d'insectes en 1.000 metres quadrats de marge i en la mateixa superfície de guarets durant dos anys. Els resultats indiquen una clara pèrdua de biodiversitat. Malauradament, els hàbitats més importants per a la biodiversitat dels insectes en aquesta zona, com els guarets i els marges, han desaparegut del tot vint anys després i hi queden només alguns erms residuals. Les implicacions d'això per a la biodiversitat dels insectes han estat catastròfiques: la desaparició total dels insectes que hi vivien. Durant els dos anys d'estudi, les abundàncies mitjanes d'artròpodes més elevades es trobaven a les zones de marge (106 exemplars / 1.000 m²) i d'erm (98 exemplars / 1000 m²). Al llarg de quinze anys, els canvis en el paisatge, segons els mapes

d'usos del sòl, havien estat profunds i progressius en el paisatge de la Segarra, on el paisatge típic de mosaic amb camps de conreus de cereal i guarets delimitats per marges i envoltats per clapes d'arbusts i terreny forestal ha donat pas a àmplies zones de camp sense cobertura i sense marges, que ha fet disminuir dràsticament la biodiversitat dels insectes. Aquesta situació és extrapolable a altres zones agrícoles de Catalunya on s'ha produït aquesta desaparició de marges i de guarets.

Ecosistemes i biodiversitat estables

Un dels aspectes més importants per al manteniment de la biodiversitat dels insectes és l'estabilitat dels ecosistemes on viuen. En aquest sentit, cal destacar, per exemple, el seguiment que duu a terme el Servei de Fauna i Parcs de la Generalitat de Catalunya, conjuntament amb els agents rurals, de dues espècies de libèl·lules de les quals es té un bon coneixement (Grup Oxygastra, 2016). Es tracta de l'espiadimonis ataronjat (*Aeshna isosceles*), que té poblacions molt bones a l'estany de Banyoles, on se'n fa el seguiment des del 2014, i del xanquer europeu (*Macromia splendens*), que té les úniques poblacions al riu dels Estrets, al d'Algars i al de les Canaletes (tots rius dels Ports), amb seguiment des del 2001. Per bé que els episodis de sequera han afectat els dos ambients, les repercussions que han tingut sobre els rius mediterranis dels Ports han estat més rellevants que a l'estany de Banyoles (on aquests episodis s'han esmorteït per l'estabilitat de l'estany), de manera que les poblacions del xanquer europeu s'han vist més afectades que les de l'espiadimonis ataronjat (figura 1).

En els ecosistemes més estables, els impactes sobre la biodiversitat i les alteracions d'aquesta queden més esmorteïts que en el cas dels instables, com ara els rius mediterranis.

Espècies invasores

L'aparició d'espècies invasores és un altre factor negatiu per a la biodiversitat dels insectes. A conseqüència de la circulació global de persones i de mercaderies, el nombre d'espècies invasores augmenta dia a dia, i hi ha una correlació directa entre aquest aspecte i la disminució de la biodiversitat dels insectes autòctons. No totes les espècies invasores actuen negativament sobre la biodiversitat dels insectes d'una manera directa, però sí que n'hi ha que competeixen amb aquestes espècies i, fins i tot, les depreden. D'entre les espècies que afecten els hàbitats, hi ha les herbívores o xilòfages, que consumeixen matèria vegetal i que,

per tant, poden causar estralls en la vegetació autòctona i, indirectament, afectar la biodiversitat dels insectes.

Actualment hi ha vint-i-una espècies d'insectes exòtics catalogats com a invasors i cinc espècies que estan a punt d'entrar en aquesta categoria. Cal dir que no tots els insectes exòtics a Catalunya es poden considerar invasors i que, tal com diferencia la legislació, només ho són els que provoquen danys.

Els dos escarabats de la palmera invasors *Diocalandra frumenti* i *Rhynchophorus ferrugineus* (el morrut roig de la palmera), juntament amb la papallona perforadora de palmeres (*Paysandisia archon*), provoquen pèrdues econòmiques notables a la jardineria ornamental de les palmeres i poden afectar greument les espècies autòctones, com el margalló.

Entre les espècies invasores que afecten els hàbitats, però no les espècies directament, hi ha la xinxa americana del pi (*Leptoglossus occidentalis*), que actua com a plaga forestal en plantacions de coníferes i en planters de llavors de coníferes. A l'hivern busca refugi de

forma massiva a l'interior de les cases i provoca molèsties a les persones per la mala olor que desprèn en tocar-la i per les aglomeracions que pot fer als racons dels habitatges (Goula *et al.*, 2018).

D'entre les espècies que afecten d'una manera directa la biodiversitat dels insectes hi ha diverses espècies invasores. En són exemple les formigues al·lòctones invasores, que actuen negativament sobre les poblacions de formigues autòctones i també sobre altres insectes, i que poden alterar també greument els hàbitats, amb la consegüent pèrdua de biodiversitat. Es tracta de quatre espècies de formigues invasores: la formiga argentina (*Linepithema humile*), la formiga boja (*Paratrechina longicornis*), la formiga fantasma (*Tapinoma melanoccephalum*) i la formiga invasora de jardins (*Lasius neglectus*).

Actualment, una de les espècies d'insectes invasors més problemàtica que s'ha instal·lat a Catalunya és la vespa asiàtica (*Vespa velutina*). Tot i que es desconeixen les dades exactes de l'impacte d'aquesta espècie sobre la biodiversi-

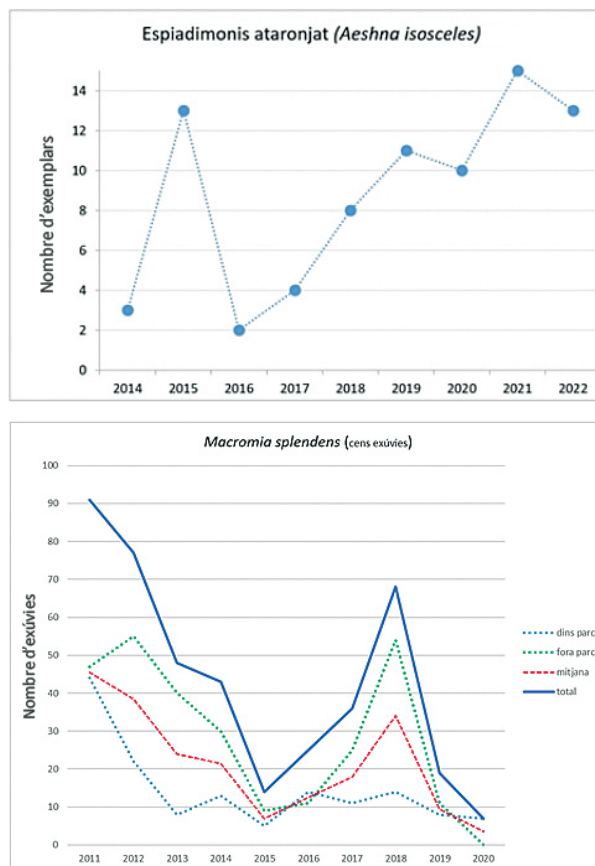


Figura 1. Evolució de dues espècies d'odonats en els darrers anys (elaboració pròpia a partir de les dades del web https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/fauna-autoctona-protegida/gestio-especies-protegides-amenacades/invertebrats/libellules/).

tat, es creu que els efectes sobre els insectes podrien ser molt grans, perquè necessita una font de proteïna important per al creixement de les seves larves. A la primavera, les reines fecundades de vespa asiàtica que han hibernat i que no són depredades construeixen un niu primari de grandària petita on dipositen els ous. Les obreres que en surten fan créixer el niu i, si les condicions són bones, escullen un lloc proper per construir-hi el niu secundari i definitiu, que pot arribar a fer mig metre de diàmetre i acollir més de 60.000 vespes. Tot aquest creixement és possible per les captures constants de proteïna animal que fan les vespes, principalment, insectes. Si el niu és a prop d'una explotació apícola, els danys poden ser considerables ja que la vespa asiàtica captura un munt d'abelles de la mel, que transporta al seu niu per alimentar les larves. Per bé que els danys a l'apicultura estan bastant documentats, es desconeixen els efectes sobre les espècies d'insectes autòctons, que aquesta vespa al·lòtona depreda en la fase de creixement del niu. Així doncs, la vespa asiàtica també provoca pèrdua de biodiversitat i la simplificació de l'ecosistema.

La vespa autòctona que originàriament acomplia les funcions de la novvinguda vespa asiàtica és la vespa xana (*Vespa crabro*), de mida molt gran (fins a quatre centímetres de llargada), que segurament s'ha vist desplaçada per la vespa asiàtica. Tot i que la vespa xana és la més gran de Catalunya i supera en mida la vespa asiàtica, mai no arriba a tenir unes densitats tan grans com les d'aquesta i està en equilibri amb l'ecosistema. A diferència de la vespa asiàtica, les reines comencen a construir el niu a la primavera en cavitats dels troncs, que després són ampliat per les obreres. Com la vespa asiàtica, només hibernen les reines i comencen un niu nou l'any següent. Un dels efectes estudiats de la pèrdua de biodiversitat dels insectes causada per la presència de la vespa asiàtica és sobre les espècies de vespes autòctones, ja sigui per depredació directa de les espècies de mida inferior o per la competència directa per a l'obtenció dels recursos. Aquest desequilibri pot ser molt important i alterar greument la funció ecològica i les relacions que hi havia abans de l'arribada de la vespa asiàtica.

Un altre exemple d'espècie invasora és el de la marieta asiàtica (*Harmonia axyridis*), també amb origen a l'Àsia, que competeix directament amb la marieta autòctona (*Coccinella septempunctata*).

La pèrdua de biodiversitat a conseqüència de l'aparició d'espècies exòtiques invasores

també pot produir-se a través dels sistemes de control que s'apliquen, els quals poden tenir efectes col·laterals nefastos per a les espècies d'insectes autòctones. Els paranys utilitzats per al control d'espècies invasores no sempre són selectius i poden provocar efectes greus sobre les espècies nadiues que cauen i moren en aquests paranys; tanmateix, encara no hi ha cap quantificació d'aquest impacte.

Canvi climàtic

El canvi climàtic, amb l'increment de la temperatura i les variacions en el règim de pluges i altres modificacions de les pautes meteorològiques usals, pot afectar els insectes de moltes maneres; per exemple, fent que la seva despesa energètica augmenti a causa dels hiverns més càlids, alterant l'aparició de les espècies que els serveixen d'aliment, modificant els cicles biològics, etc. Molts insectes estan canviant la seva fenologia o època d'aparició, la qual cosa pot provocar desajustos en relació amb l'estacionalitat de les diverses estacions de l'any, les floracions o la disponibilitat de recursos alimentaris. Tot i que de moment sigui de forma local, el canvi climàtic també té efecte en les àrees de distribució de molts insectes.

Ecosistemes aquàtics

Molts insectes (com alguns escarabats, libèl·lules, tricòpters i efèmeres) passen els primers estadis de vida dins de l'aigua. Tots aquests insectes tenen una funció molt important en els ecosistemes aquàtics (ja siguin rius, llacs o zones humides) i són uns bons indicadors de la qualitat de l'aigua. Les comunitats d'invertebrats aquàtics, i per tant la seva biodiversitat, asseguruen el manteniment dels microhàbitats que ocupen si no es produeixen alteracions externes a causa de l'acció humana. La captació d'aigua, la contaminació i l'alteració dels hàbitats aquàtics afecten greument aquestes comunitats d'insectes. En comparació amb els hàbitats terrestres, la capacitat de reacció i d'adaptació dels ecosistemes aquàtics és menor i, per tant, alguns d'aquests factors d'alteració poden produir canvis molt dràstics i una pèrdua de biodiversitat molt gran. En algunes rieres i rierols de Catalunya s'estan extingint poblacions d'una forma massiva, a causa de la sequera i de la mala gestió de l'aigua (per exemple, amb captacions abusives). N'és un exemple clar la riera de Carme, a l'Anoia, on a la part alta han desaparegut moltes espècies de libèl·lules que difícilment tornaran a colonitzar aquestes àrees, per la sequera reiterada i pel consum excessiu d'aigua.

Els escenaris climàtics previstos a Catalunya per als propers anys dibuixen, a causa de l'increment en les emissions de gasos d'efecte d'hivernacle i del canvi global en general, una situació d'increment de les temperatures i també de canvis en el règim de les precipitacions, amb més irregularitat i més intensitat de fenòmens extrems. Això pot tenir conseqüències en la quantitat i, alhora, en la qualitat de l'aigua dels rius, dels estanys, dels embassaments, de les zones humides, etc., i una incidència directa i indirecta sobre l'estructura i el funcionament de les poblacions d'insectes associades.

Als rius, l'increment de les sequeres, com també de les riuades, pot repercutir d'una manera important en les comunitats d'insectes i afavorir alguns grups enfront dels altres. Per exemple, en el cas dels insectes aquàtics, els propis d'aigües tranquil·les (com els odonats, els heteròpters i els coleòpters) poden augmentar la seva presència respecte dels que són més típicament de corrent (com els efemeròpters, els tricòpters i els plecòpters), tal com s'ha observat a partir d'estudis recents en rius petits poc pertorbats per l'ésser humà en anys de sequera. Cal prendre mesures urgents per tal de mantenir la biodiversitat d'aquests ecosistemes.

Importància de la biodiversitat dels insectes pollinitzadors

Les comunitats d'insectes compleixen funcions diferents, entre les quals una de les més importants és la seva interacció amb les plantes, ja sigui com a consumidors o com a pollinitzadors. La biodiversitat de pollinitzadors és fonamental per garantir el funcionament dels ecosistemes. Les comunitats amb una alta biodiversitat d'insectes tenen també més pollinitzadors i són més adaptables a les pertorbacions. Quan hi ha una biodiversitat alta de pollinitzadors, espècies diferents visiten la mateixa planta, encara que sigui en moments distints, de manera que la desaparició d'una espècie de pollinitzador es veu compensada per les altres. Però en una comunitat amb una biodiversitat baixa, la desaparició d'una espècie de pollinitzador provoca una disminució de la pollinització (Bosch *et al.*, 2022).

Les causes de la pèrdua de biodiversitat dels insectes pollinitzadors són diverses. Entre aquestes, cal destacar la intensificació agrícola, la urbanització de terrenys, l'augment de la fragmentació dels hàbitats i el canvi climàtic (aspectes que, de fet, expliquen la pèrdua de biodiversitat dels insectes en general). Aquests factors poden actuar tots alhora o bé d'una forma sinèrgica; per exemple, l'estrès nutricional

a causa del canvi climàtic fa que els pollinitzadors siguin més vulnerables a les malalties o als plaguicides.

L'agricultura intensiva implica un aprofitament més gran del territori a partir d'una sèrie d'elements, com ara l'ús de maquinària pesant, l'augment de la mida de les parcel·les conreades, la tendència al monocultiu i l'ús de fertilitzants i plaguicides químics. Això comporta la destrucció dels marges dels camps i la desaparició dels guarets, dels erms i dels hàbitats seminaturals, la qual cosa fa disminuir l'abundància i la continuïtat dels recursos florals i altera els substrats de nidificació de les abelles i d'altres pollinitzadors. També implica un augment de la càrrega ambiental de productes tòxics. Probablement, la intensificació agrícola és un dels factors que ha contribuït més al declivi dels pollinitzadors.

D'altra banda, la urbanització també presenta una transformació radical del paisatge, amb un impacte obvi sobre els recursos i sobre els hàbitats de nidificació de molts pollinitzadors. Com a resultat d'aquest canvi d'ús del sòl, els hàbitats favorables per als pollinitzadors han quedat fragmentats, reduïts i aïllats, de manera que ara són un conjunt de claps d'hàbitat desconnectats. Aquesta fragmentació fa disminuir l'abundància i la biodiversitat dels pollinitzadors, aspecte que té conseqüències sobre els nivells de pollinització i sobre l'èxit reproductiu de les plantes, i que dificulta el flux genètic entre poblacions.

Un altre factor que influeix sobre la disminució de la biodiversitat és l'ús d'insecticides. La utilització de productes fitosanitaris també s'hauria de disminuir en els ambients urbans, on el seu ús és més difícil de justificar que en les explotacions agrícoles.

Què podem fer per millorar? Perspectives de futur

L'educació ambiental i la divulgació sobre la importància de mantenir la biodiversitat són un factor clau. En aquest sentit, caldria divulgar i fer accessible el paper fonamental de moltes espècies (entre les quals, els insectes) en els ecosistemes. La divulgació comporta desenvolupar activitats adreçades a grups d'interès diversos, com ara els estudiants i els educadors, així com la societat en general. Per tant, s'han d'aplicar estratègies de comunicació variades; per exemple, l'elaboració de campanyes educatives i tallers, de materials didàctics, d'esdeveniments públics i de recursos en línia a disposició de la ciutadania, per garantir que la informació arribi a tots els àmbits de la societat. La finalitat de l'educació i la divulgació ambiental és sensibilitzar les persones pel que fa a les amenaces que posen en risc la supervivència de les espècies, com ara la pèrdua d'hàbitat, l'ús indiscriminat de productes fitosanitaris, el canvi climàtic i altres factors produïts per les activitats humanes. L'educació sobre la problemàtica de la conservació s'ha de centrar a oferir informació detallada que expliqui les

causes del declivi de la biodiversitat i les conseqüències que pot tenir la disminució dràstica dels insectes, i a proporcionar estratègies i pràctiques que contribueixin a la protecció i la preservació de la biodiversitat dels insectes. En aquest sentit, la senyalització i la documentació en panells o rètols informatius fan una funció molt directa sobre les persones que visiten el medi natural.

Des del punt de vista de la conservació, cal incidir sobretot en la preservació dels hàbitats i no solament de les espècies —tant les amenaçades com les que, ara per ara, no ho estan, ja que totes contribueixen al manteniment de la biodiversitat. S'estan duent a terme iniciatives molt efectives i esperançadores de microreserves d'insectes, tal com s'ha fet amb algunes espècies vegetals (vegeu l'article de Garnatje *et al.*, en aquest volum). De tota manera, per revertir la situació actual de declivi de la biodiversitat s'haurien de modificar urgentment l'activitat humana i els usos que fem de la natura; una tasca doble, tant per part de les administracions com de la ciutadania. Així mateix, és urgent mantenir i gestionar adientment els marges i els guarets, i crear figures de protecció d'algunes zones de forma integral, tal com s'ha fet amb algunes espècies de vertebrats. El coneixement que tenim actualment dels components de la biodiversitat dels insectes de Catalunya i dels factors que l'afecten ens pot permetre —si ho volem— conservar i mantenir la riquesa d'aquesta biodiversitat.

Bibliografia

- BOSCH, J.; STEFANESCU, C.; ROQUER-BENI, L. [et al.] (2022). *Els pollinitzadors silvestres a Catalunya: Informe sobre estatus, amenaces i àmbits prioritaris d'actuació per a la seva conservació*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. 125 p.
- GOULA, M.; ROCA-CUSACHS, M.; OSORIO, V. (2018). *Els heteròpters de Catalunya*. Figueres: Brau. 190 p.
- GROOMBRIDGE, B. (2002). *World atlas of biodiversity*. Berkeley: University of California Press. 340 p.
- GRUP OXYGASTRA (2016). *Les libèl·lules de Catalunya*. Figueres: Brau. 208 p.
- LÓPEZ-MARTÍN, J. M.; OLMO-VIDAL, J. M. (2001). *Diagnosi de la perdiu roja a les àrees privades de caça de la Segarra*. Informe del Servei de Protecció i Gestió de la Fauna. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. 65 p.
- OLMO-VIDAL, J. M. (2006). *Atlas dels ortòpters de Catalunya i llibre vermell*. 2a ed. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. 428 p.
- OLMO-VIDAL, J. M. (2020). «*Prionotropis xausi*, a new species of Thrinchinae (Orthoptera: Pamphagidae) from Catalonia (northeast of the Iberian Peninsula)». *Zootaxa*, 4747 (3): 514-520.
- VILA, R.; STEFANESCU, C.; SESMA J. M. (2018). *Guia de les papallones diürnes de Catalunya*. Barcelona: Lynx. 510 p.

La biodiversitat dels lepidòpters

Jordi Dantart¹ i Constantí Stefanescu^{1,2}

¹ Societat Catalana de Lepidopterologia, Barcelona

² Museu de Ciències Naturals de Granollers, Granollers

Correspondència: Constantí Stefanescu. Societat Catalana de Lepidopterologia, apartat de correus 35049. 08080 Barcelona. Adreça electrònica: jdantart@xtec.cat. Constantí Stefanescu. Museu de Ciències Naturals de Granollers. Grup de Recerca BiBio. Carrer de Francesc Macià, 51. 08402 Granollers. Adreça electrònica: cstefanescu@mcng.cat.

DOI: 10.2436/20.1501.02.246

ISSN (ed. impresa): 0212-3037

ISSN (ed. digital): 2013-9802

<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>

Rebut: 29 de juliol de 2024

Acceptat: 27 d'agost de 2024

Resum

Els lepidòpters constitueixen un grup molt divers, del qual a Catalunya s'ha documentat fins avui la presència de 3.404 espècies. Els estudis sobre aquest grup es remunten a finals del segle XIX, amb la publicació del primer catàleg de 682 espècies per part de l'entomòleg Cuní i Martorell el 1874. Posteriorment, el coneixement en aquest camp ha progressat en gran mesura arran de l'activitat entomològica del Museu de Ciències Naturals de Barcelona i, a partir del 1976, de la Societat Catalana de Lepidopterologia. Tanmateix, el grau de coneixement varia d'una forma notable depenent de cada grup concret. Les papallones diürnes, amb 203 espècies, estan molt ben estudiades, no només pel que fa a la seva diversitat sinó també a la seva ecologia. D'altra banda, el catàleg de macroheteròcers, amb 1.316 espècies, és prou exhaustiu, mentre que en el grup dels microlepidòpters, amb 2.088 espècies censades, encara cal progressar considerablement.

Paraules clau: lepidòpters, ropalòcers, macroheteròcers, microlepidòpters, diversitat, catàleg.

Biodiversity of Lepidoptera

Abstract

Lepidoptera are a very diverse group and 3,404 species have been documented in Catalonia to date. Studies of this group go back to the end of the 19th century, with the publication of the first catalogue of 682 species by the entomologist Cuní i Martorell in 1874. Subsequently, the knowledge in this field has progressed to a great extent due to the entomological activity of the Natural Sciences Museum of Barcelona and, from 1976, of the Catalan Society of Lepidopterology. However, the scope of knowledge varies greatly depending on each specific group. Butterflies, with 203 species, are very well studied, not only in terms of their diversity but also of their ecology. Likewise, the catalogue of Macroheterocera, with 1,316 species, is quite exhaustive, while it is in the group of Microlepidoptera, with 2,088 species listed, that considerable work is still needed.

Keywords: Lepidoptera, Rhopalocera, Macroheterocera, Microlepidoptera, diversity, catalogue.

Introducció

Els lepidòpters són el grup d'organismes més divers després dels coleòpters, els himenòpters i, probablement, els dípters. El seu estudi a Catalunya s'inicia d'una manera formal la segona meitat del segle XIX, i ja a finals d'aquell segle l'entomòleg Cuní i Martorell (1874) publica el primer catàleg de les espècies conegudes fins aleshores. Aquesta primera llista inclou 721 tàxons, que una revisió crítica (atenent els nombrosos canvis sistemàtics i taxonòmics esdevinguts fins avui) redueix a 682 espècies, aproximadament el 20 % de les que es coneixen actualment (vegeu la taula 1).

D'ençà d'aquell inici, la recerca sobre els lepidòpters a Catalunya ha tingut dos períodes molt productius, separats pels anys de la guerra i la postguerra, en què va quedar pràcticament aturada. El primer període, corresponent a les tres primeres dècades del segle XX, va anar lligat a l'activitat del Museu de Ciències Naturals de Barcelona i de la Institució Catalana d'Història Natural (ICHN). Prop d'un 25 % de les espècies conegudes de Catalunya es van descobrir en aquell temps. El segon període s'inicia el 1976 i n'és protagonista principal la Societat Catalana de Lepidopterologia (SCL),

una entitat naturalista adherida a la ICHN. Vallhonrat i Cervelló (2017) han fet una valoració de les aportacions fetes pels membres d'aquesta societat a través de les seves publicacions, que s'apropa a les 700 espècies noves per al catàleg. A aquestes, caldria afegir les que s'han publicat en altres revistes. La resta d'aportacions al Catàleg dels lepidòpters de Catalunya correspon a investigadors forans que hi han fet recerca en algun moment.

Actualment, el nombre d'espècies de lepidòpters coneguts de Catalunya és de 3.404 espècies (taula 1), xifra que s'incrementa cada any amb noves incorporacions, sobretot, de microlepidòpters. Cent cinquanta anys després de la publicació del catàleg de Cuní i Martorell (1874), existeix un nou catàleg actualitzat disponible a la pàgina d'Internet de la ICHN (Dantart, 2020, 2021 i 2023).

Les papallones diürnes

El coneixement dels lepidòpters que es troben a Catalunya no és el mateix per a tots els grups. Les papallones més ben estudiades són les diürnes (ropalòcers), no només pel que fa al seu inventari, sinó també en relació amb la seva biologia i ecologia. En aquests darrers as-

pectes, el programa de seguiment del Catalan Butterfly Monitoring Scheme (CBMS, Pla de Seguiment de Ropalòcers de Catalunya) (<https://www.catalanbms.org>) hi ha contribuït d'una manera definitiva (vegeu Stefanescu i Ubach, en aquest volum).

La *Guia de les papallones diürnes de Catalunya* (Vila et al., 2018) suposa un recull prou actualitzat sobre el coneixement d'aquest grup, tant pel que fa al catàleg i a la taxonomia com a la distribució i la biologia i ecologia de les espècies. Tot i així, des de la seva publicació s'han fet avenços força destacables, especialment, respecte a la distribució dels diferents tàxons. A això, hi ha contribuït en gran mesura la possibilitat d'obrir al gran públic l'aportació d'observacions precises a través de portals de ciència ciutadana de gran èxit (com Ornitho.cat [<https://www.ornitho.cat/>], Biodiversidad virtual [<https://www.fotografiaybiodiversidad.org/biodiversidad-virtual/>] o iNaturalist [<https://www.inaturalist.org/>]). També cal destacar l'esforç que s'ha fet des del Museu de Ciències Naturals de Granollers (MCNG) per aprofundir en la situació de les espècies més rares i amenaçades del país, sobretot a partir de la recent publicació del *Catàleg de fauna salvatge*

autòctona amenaçada (Decret 172/2022). Amb aquest objectiu, els darrers anys s'han dissenyat mostratges amb una participació multitudinària que inclouen les zones antigament conegudes i d'altres d'interès potencial, que han permès precisar la distribució actual de diverses d'aquestes espècies amenaçades (Ubach i Stefanescu, 2022; Stefanescu *et al.*, 2023; Ubach *et al.*, 2024).

A part d'una millora important en el coneixement de la distribució, d'ençà de la publicació de la guia dels ropalòcers catalans s'han pogut afegir tres noves espècies al catàleg, de manera que, actualment, són 203 les espècies de ropalòcers citades de forma fidedigna a Catalunya (taula 1). Aquestes tres noves espècies són, concretament, *Lopinga achine*, *Melitaea pseudornata* i *Vanessa virginiensis* (Macià i Ylla 2021; Hinojosa *et al.*, 2022; Jamonneau *et al.*, 2024). Encara que avui cal considerar que el grup dels ropalòcers està molt ben estudiat al nostre país, no es pot descartar que en el futur s'hi afegixin noves espècies, tant com a resultat d'un procés expansiu d'espècies subtropicals afavorides per l'escalfament global com pel desenvolupament de tècniques moleculars que posen de manifest l'existència d'espècies críptiques.

El coneixement de les papallones nocturnes

El cas de les papallones nocturnes (heteròcers) és tot un altre. Cal distingir-ne els macroheteròcers, que, a hores d'ara, es poden considerar força ben estudiats tot i el degoteig de noves incorporacions a mesura que s'afina la prospecció del territori fins a l'últim racó. Existeixen catàlegs publicats de la major part de famílies; en particular, per a les més diverses, que són els geomètrids (Dantart, 2000) i els noctuïds (Bellavista, 2000). Recentment, Bellavista (2021) ha actualitzat el seu catàleg i l'ha fet extensiu a tots els noctuoïdeus. En total, les famílies que habitualment es considera que formen part dels macroheteròcers sumen 1.316 espècies, nombre que deu ser proper al real (taula 1).

La resta de famílies de papallones nocturnes es consideren microlepidòpters i el seu estudi és molt més complex. Aquí encara resta molta feina per fer i és per on ha de créixer més el catàleg. Els últims anys ha augmentat el nombre d'estudiosos que se n'ocupen i s'han publicat revisions i llistes actualitzades d'algunes famílies que eren pràcticament desconegudes: tineïds, autostíquids, ecofòrids, depressàrids, coleofòrids, escitrids, cosmopterigids,

➤ **Taula 1.** Superfamílies i famílies de lepidòpters que han estat censades a Catalunya. La primera columna correspon a les espècies que es poden reconèixer en el catàleg de Cuní i Martorell (1874). La segona columna recull les espècies conegudes actualment. Amb asterisc s'indiquen les superfamílies que es consideren macroheteròcers.

Superfamílies/ famílies	Cuní i Martorell (1874)	Catalunya 2024
Micropterigoidea		
Micropterigidae		3
Eriocranioidea		
Eriocraniidae		1
Hepialoidea*		
Hepialidae		5
Nepticuloidea		
Nepticulidae	2	84
Opostegidae		3
Adeloidea		
Adelidae	3	13
Incurvariidae	1	2
Prodoxidae		1
Tischerioidea		
Tischeriidae		5
Tineoidea		
Eriocottidae	1	3
Psychidae	8	25
Meesiidae		3
Tineidae	5	57
Gracillarioidea		
Roeslerstammiidae		1
Bucculatricidae	1	11
Gracillariidae	7	84
Yponomeutoidea		
Yponomeutidae	4	17
Scythropiidae	1	1
Argyresthiidae		12
Plutellidae	1	6
Glyphipterigidae		10
Ypsolophidae	1	17
Prayidae		3
Heliodinidae		1
Bedelliidae		2
Lyonetiidae		7
Douglasiidae		4
Gelechioidea		
Autostichidae	2	24
Lecithoceridae	1	5
Blastobasidae	1	5
Oecophoridae	4	32
Lypusidae		3
Chimabachidae	1	3
Peleopodidae	1	2
Ethmiidae	4	8
Elachistidae	1	16
Depressariidae	6	69
Stathmopodidae		1
Batrachodridae		2
Coleophoridae	2	132
Momphidae	1	6
Pterolonchidae		2
Scythrididae	4	35
Cosmopterigidae	2	29
Gelechiidae	13	222

Superfamílies/ famílies	Cuní i Martorell (1874)	Catalunya 2024
Alucitoidea		
Alucitidae	1	8
Pterophoroidea		
Pterophoridae	12	58
Schreckensteinoidea		
Schreckensteiniidae		1
Epermenioidea		
Epermeniidae		7
Choreutoidea		
Choreutidae	2	4
Tortricoidea		
Tortricidae	29	370
Cossoidea*		
Brachodidae	2	2
Cossidae	4	7
Castniidae		1
Sesiidae	11	44
Zygaenoidea*		
Heterogynidae	1	2
Limacodidae	1	3
Zygaenidae	7	33
Thyridoidea		
Thyrididae	1	1
Papilionoidea		
Papilionidae	5	6
Hesperiidae	10	25
Pieridae	12	24
Riodinidae		1
Lycaenidae	23	58
Nymphalidae	47	89
Pyraloidea		
Pyalidae	30	174
Crambidae	42	193
Drepanoidea*		
Cimeliidae		1
Drepanidae	2	17
Lasiocampoidea*		
Lasiocampidae	15	24
Bombycoidea*		
Endromidae		1
Bombycidae		1
Saturniidae	2	4
Sphingidae	14	19
Geometroidea*		
Geometridae	126	508
Noctuoidea*		
Notodontidae	16	36
Erebidae	62	158
Euteliidae	1	1
Nolidae	2	23
Noctuidae	124	523
Nombre total	682	3.404

gelèquids, pterofòrids, epermènids, tortricíds i piraloídeus. Per contra, famílies com els micropterígids, nepticúlids, adèlids, psíquids, buculatrícs, gracillàrids, iponomèutids, ar-

girèstids o elaquístids requereixen una revisió en profunditat. A la pàgina d'Internet «Fauna Micropteridopterològica Catalana» (Requena, 2024) es pot trobar una recopilació bastant

exhaustiva de les citacions publicades sobre aquestes famílies. Actualment, el cens de microlepidòpters de Catalunya és de 2.088 espècies, nombre molt inferior al real (taula 1).

Bibliografia

- BELLAVISTA, J. (2000). «Llista sistemàtica dels noctuïds de Catalunya (Lepidoptera: Noctuidae)». *Treb. Soc. Cat. Lepid.*, 15: 71-120.
- (2021). «Llista anotada dels noctuoídeus de Catalunya (Lepidoptera: Noctuidae)». *Treb. Soc. Cat. Lepid.*, 17: 5-60.
- CUNÍ I MARTORELL, M. (1874). *Catálogo metódico y razonado de los lepidópteros que se encuentran en los alrededores de Barcelona, de los pueblos cercanos y otros lugares de Cataluña...* Barcelona: Imprenta de Tomás Gorchs. VIII + 232 p.
- DANTART, J. (2000). «Llista sistemàtica dels geomètrids de Catalunya (Lepidoptera: Geometridae)». *Treb. Soc. Cat. Lepid.*, 15: 121-182.
- (2020). «Catàleg de la biodiversitat de Catalunya. Macrolepidòpters». Disponible en línia a: <https://ichn.iec.cat/wp-content/uploads/2021/06/Lepidopters_macrolepidopters-c2105.pdf> [Consulta: 15 juliol 2024].
- (2021). «Catàleg de la biodiversitat de Catalunya. Microlepidòpters I». Disponible en línia a: <http://ichn.iec.cat/wp-content/uploads/2022/02/Lepidopters_microlepidopters-10families.pdf> [Consulta: 15 juliol 2024].
- DANTART, J. (2023). «Catàleg de la biodiversitat de Catalunya. Microlepidòpters II». Disponible en línia a: <http://ichn.iec.cat/wp-content/uploads/2023/03/Lepidopters_microlepidopters-40families.pdf> [Consulta: 15 juliol 2024].
- HINOJOSA, J. C.; TÓTH, J. P.; MONASTERIO, Y.; SÁNCHEZ MESA, L.; MUÑOZ SARIOT, M. G.; ESCOBÉS, R. [et al.] (2022). «Integrative taxonomy reveals a new *Melitaea* (Lepidoptera: Nymphalidae) species widely distributed in the Iberian Peninsula». *Insect Syst. Div.*, 6 (2): 1.
- JAMONNEAU, T.; TORO-DELGADO, E.; VILA, R. (2024). «Primer registre de *Vanessa virginiensis* (Drury, 1773) a Catalunya». *Butll. Soc. Cat. Lep.*, 114: 21-26.
- MACIÀ, R.; YLLA, J. (2021). «Documentació de la col·lecció de lepidòpters d'Agustí Moliné (1953-2018), aportacions faunístiques interessants per a Catalunya (Lepidoptera)». *Butll. Soc. Cat. Lep.*, 111: 99-120.
- REQUENA, E. (2024). *Fauna microlepidopterològica catalana*. Disponible en línia a: <<https://microlepidoptera.cat/projete/>> [Consulta: 15 juliol 2024].
- STEFANESCU, C.; PLA-NARBONA, C.; FIGUEROA, I.; COLOM, P.; UBACH, A. (2023). «Distribució, ecologia i estatus de conservació de la perla de la filipèndula, *Brenthis hecate* (Lepidoptera: Nymphalidae), a Catalunya». *Butll. Soc. Cat. Lep.*, 113: 7-24.
- UBACH, A.; FIGUEROA, I.; OLMO-VIDAL, J. M.; ROMO, H.; ICHTER, J.; MIRALLES-NÚÑEZ, A.; CASAPONSA, J.; STEFANESCU, C. (2024). «Distribució i estat de conservació de la muntanyesa de primavera, *Erebia epistygne* (Hübner, 1824) (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae)». *Butll. Soc. Cat. Lep.*, 114: 7-20.
- UBACH, A.; STEFANESCU, C. (2022). «Prospeccions sistemàtiques de dues espècies amenaçades: revisió de la distribució i estat de conservació de *Zegris eupheme* i *Boloria eunomia* a Catalunya». *Butll. Soc. Cat. Lep.*, 112: 7-22.
- VALLHONRAT, F.; CERVELLÓ, A. (2017). «Novetats faunístiques publicades per la SCL (1976-2016): quaranta anys de recerca lepidopterològica». *Butll. Soc. Cat. Lep.*, 108: 15-59.
- VILA, R.; STEFANESCU, C.; SESMA, J. M. (2018). *Guia de les papallones diürnes de Catalunya*. Barcelona: Lynx. 519 p.

La biodiversitat dels ecosistemes terrestres: el cas de les papallones diürnes

Constantí Stefanescu i Andreu Ubach

Museu de Ciències Naturals de Granollers, Granollers

Correspondència: Constantí Stefanescu. Museu de Ciències Naturals de Granollers. Grup de Recerca BiBio. Carrer de Francesc Macià, 51. 08402 Granollers. Adreça electrònica: cstefanescu@mcng.cat.

DOI: 10.2436/20.1501.02.247
ISSN (ed. impresa): 0212-3037
ISSN (ed. digital): 2013-9802
<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>
Rebut: 29 de juliol de 2024
Acceptat: 7 d'agost de 2024

Resum

Les papallones diürnes constitueixen un reconegut tàxon bioindicador a causa de la sensibilitat que tenen davant dels canvis ambientals, de la posició estratègica que ocupen dins dels ecosistemes terrestres (com a herbívors i pol·linitzadors, però també com a preses de molts altres organismes) i de la relativa facilitat amb què se'n poden censar les poblacions. A Catalunya hi ha un extens programa de seguiment de les papallones diürnes basat en ciència ciutadana que, des del 1994, informa sobre les tendències poblacionals d'un gran nombre d'espècies. Les dades recollides mostren una davallada poblacional en el 70 %, aproximadament, de les espècies catalanes i les regressions són particularment notables en les especialistes d'hàbitat, fet que comporta un fenomen d'homogeneïtzació de la fauna.

Paraules clau: papallones diürnes, tàxon bioindicador, seguiment, ciència ciutadana, davallades poblacionals, homogeneïtzació de la fauna, canvi global.

Biodiversity of terrestrial ecosystems: The case of diurnal butterflies

Abstract

Diurnal butterflies are a recognized bioindicator taxon because of their sensitivity to environmental changes, their strategic position in terrestrial ecosystems (as herbivores, pollinators, and prey for many other organisms), and the relative ease with which their populations can be monitored. In Catalonia there is an extensive butterfly monitoring scheme based on citizen science which, since 1994, has provided reliable population trends for a large number of species. Approximately 70% of Catalan butterfly species are declining, the regressions being particularly notable in habitat specialists, leading to a phenomenon of fauna homogenization.

Keywords: butterflies, bioindicator taxon, monitoring, citizen science, population declines, fauna homogenization, global change.

El canvi global i els tàxons bioindicadors

La percepció que el canvi global està motivant una pèrdua ràpida de la biodiversitat va portar, ja a finals del segle passat, a desenvolupar tècniques per avaluar d'una manera senzilla, però alhora precisa, les tendències poblacionals d'algun component representatiu d'aquesta biodiversitat. En aquest context va sorgir el concepte *tàxon bioindicador*, que d'una manera breu es pot definir com un grup d'espècies que reflecteixen fàcilment l'impacte produït sobre un hàbitat o un ecosistema. Perquè un tàxon sigui un bon bioindicador ha de reunir una sèrie de condicions, entre les quals destaquen: una sensibilitat provada als canvis ambientals que es tradueixi en respostes poblacionals ràpides, una diversitat prou àmplia per cobrir un rang d'espècies amb característiques i preferències ambientals diverses i facilitats metodològiques per poder censar les poblacions de forma acurada. Igualment, és molt beneficiós que aquests tàxons siguin populars entre el gran públic, ja que això facilita la implicació d'amplis sectors de la societat en programes de seguiment o de monitoratge a gran escala. En els ecosistemes terrestres, tant

els ocells com les papallones diürnes s'han erigit com a reconeguts tàxons bioindicadors, i ambdós han format part de programes de monitoratge de gran èxit, fonamentats en la ciència ciutadana.

Les papallones diürnes com a bioindicadores

D'una manera concreta, les papallones diürnes mostren unes característiques que les converteixen en un grup bioindicador excel·lent. Des del punt de vista ecològic, es troben en una posició que els permet interaccionar amb una gran diversitat d'elements de l'ecosistema, ja

siguin productors primaris o secundaris. Com a insectes herbívors interaccionen molt estretament amb el nivell tròfic inferior. En particular, destaca una fase larval herbívora generalment molt especialitzada, que utilitza un únic o uns pocs gèneres de plantes com a recurs alimentari (taula 1). Aquesta especialització té com a conseqüència que els canvis en la composició de les comunitats vegetals afecten ràpidament la composició de les comunitats de papallones. Per altra banda, els adults s'alimenten preferentment del nèctar de les flors, fet que els atorga un rol important dins de les complexes xarxes de pol·linitzadors.

↓ Taula 1. Grau d'especialització en les plantes nutrícies que utilitzen les larves de 200 espècies de papallones diürnes a Catalunya. Elaboració pròpia.

a)		b)	
Famílies de plantes	Espècies de papallones	Gèneres de plantes	Espècies de papallones
1	167	1	87
2	20	2	36
3	5	3	25
4	1	4	14
5	3	5	10
6	3	6-10	21
7	1	11-20	4
		>20	3

Amb els nivells tròfics superiors també estableixen relacions regulars i amb implicacions rellevants en el funcionament de l'ecosistema i en el manteniment de la biodiversitat. Així, doncs, les diferents fases de desenvolupament constitueixen una part molt important de la dieta d'un gran nombre d'invertebrats carnívors i —sobretot, la fase larval— de la dieta dels ocells insectívors durant l'època de reproducció. Però és amb els insectes parasitoides (diferents himenòpters icneumònids i calcídids, així com dípters de la família dels taquiníds) que les relacions tròfiques assoleixen el màxim grau de complexitat i de dependència. Els parasitoides són insectes que porten una vida lliure en la fase adulta; tanmateix, en la fase larval es desenvolupen dins (o sobre) de les fases immadures del seu hoste (en aquest cas, una espècie de papallona), de manera que els causen la mort. Aquestes relacions antagonistes tenen una gran transcendència en la dinàmica poblacional de les papallones i formen xarxes complexes, que representen un element clau de la biodiversitat dels ecosistemes terrestres (figura 1).

Hi ha encara una altra característica que converteix les papallones en un element bioindicador excel·lent: la seva gran sensibilitat al clima. Com a animals ectotèrmics que són, es veuen molt afectats per les variacions de temperatura i pel fenomen del canvi climàtic. Cada espècie té un nínxol climàtic ben definit que en limita fortament la distribució i l'abundància en unes condicions climàtiques determinades. No és estrany, doncs, que l'augment de les temperatures de les darreres dècades s'hagi traduït en respostes ràpides de moltes espècies de papallones, ja siguin positives (afavorint, per exemple, espècies termòfiles que han pogut expandir la seva distribució i ocupar ambients on abans no es podien desenvolupar) o negatives (provocant extincions locals d'espècies lligades a climes freds, incapaces d'adaptar-se als episodis cada cop més freqüents de temperatures extremament altes).

El seguiment de les papallones diürnes a Catalunya: què ens diuen trenta anys de dades?

Ja a finals de la dècada de 1970, dos investigadors anglesos, Ernie Pollard i Jeremy Thomas, van proposar una metodologia senzilla per monitorar les poblacions de les papallones diürnes, basada en censos visuals al llarg de transsectes fixos. Aquesta metodologia, coneguda com a *butterfly monitoring scheme* (BMS), es va popularitzar ràpidament en el món natu-

ralista i entre les xarxes de voluntariat ambiental, i en les darreres dècades s'ha consolidat com un mètode estàndard per mesurar els canvis en les poblacions de papallones arreu d'Europa. Justament, Catalunya ha estat una de les capdavanteres en l'establiment d'una xarxa BMS basada en la ciència ciutadana, el Catalan Butterfly Monitoring Scheme (Pla de Seguiment de Papallones Català) (<https://www.catalanbms.org>), que, des del 1994, recull

una gran quantitat de dades sobre l'abundància de les papallones diürnes a Catalunya, les Illes Balears i Andorra. Aquesta xarxa es coordina des del Museu de Ciències Naturals de Granollers amb el suport de la Generalitat de Catalunya i de la Diputació de Barcelona, entre altres entitats.

Els més de trenta anys de seguiment de les papallones diürnes a Catalunya han evidenciat que les poblacions d'aquests insectes estan

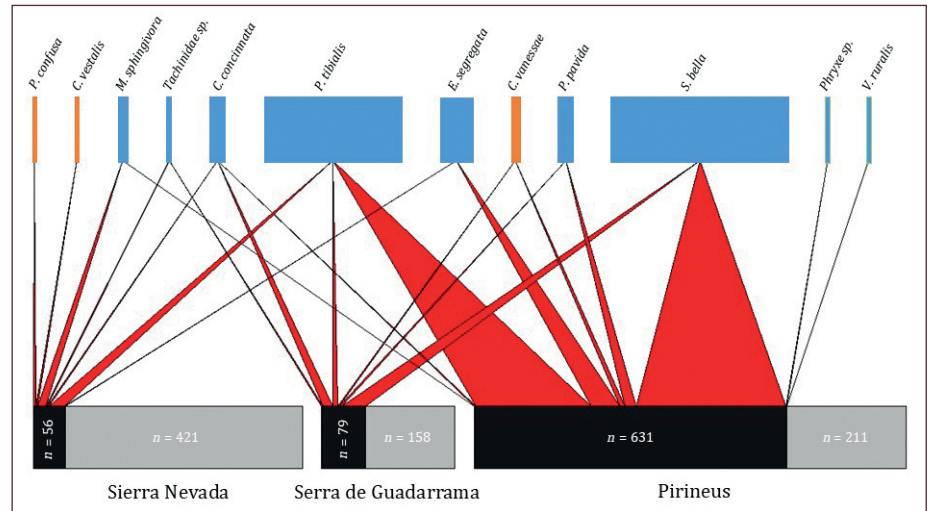


Figura 1. Xarxa de relacions antagonistes entre les larves de la papallona de l'ortiga (*Aglais urticae*) i el seu complex de parasitoides en tres regions de la península Ibèrica. La mida dels rectangles a la fila superior (en blau, parasitoides taquiníds, i en taronja, parasitoides braconíds) és proporcional al nombre de larves atacades en el conjunt de la mostra de cada regió (fila inferior: en negre, larves atacades, i en gris, larves no atacades que van donar lloc a adults). Vegeu també Stefanescu *et al.* (2022).

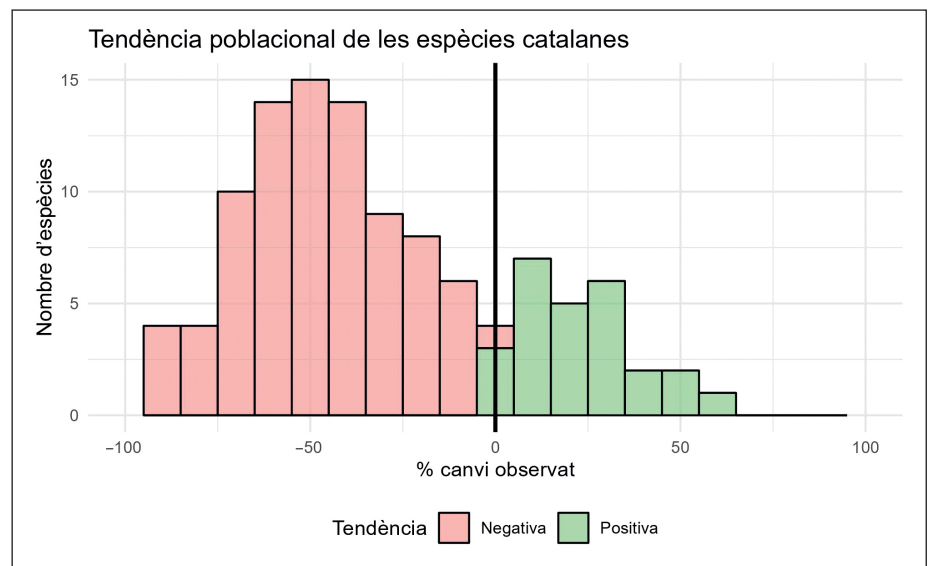


Figura 2. Distribució de les tendències poblacionals de 124 espècies de papallones diürnes entre el 1994 i el 2023. En aquest període, el 70,9% de les espècies estudiades (aquelles per a les quals es disposa almenys d'onze anys de dades de seguiment) ha experimentat una davallada poblacional en el conjunt de Catalunya. Elaboració pròpia.

davallant de forma alarmant, per causes diverses. Diferents tipus d'anàlisis apunten a resultats molt similars, i indiquen que aproximadament el 70 % de les espècies catalanes mostren tendències regressives (figura 2). Aquesta davallada generalitzada segueix uns patrons molt marcats que permeten treure'n conclusions sòlides. En primer lloc, la davallada afecta d'una manera desigual les espècies en funció del seu grau d'especialització en l'ús dels hàbitats. Així, les papallones més especialitzades són les que estan patint més, fins al punt que se n'han constatat nombroses extincions locals. Això comporta un fenomen d'homogeneïtzació de la fauna, que cada cop es troba més dominada per espècies generalistes i comunes. En segon lloc, es constata que les especialistes de prats són les que mostren les tendències més negatives, a causa, principalment, del tancament dels hàbitats per l'abandonament de les pràctiques agroromaderes tradicionals.

Aquest fet té implicacions greus per a la biodiversitat dels ecosistemes terrestres, ja que la majoria de les papallones diürnes i molts altres insectes pol·linitzadors s'associen en gran mesura als espais oberts. En tercer lloc, s'ha produït un empobriment extrem de les zones dominades per una agricultura intensiva, que comporta una sèrie de pràctiques incompatibles amb el manteniment de comunitats biodiverses (per exemple, l'ús d'insecticides i d'herbicides, l'eliminació de marges i l'augment de la mida de les parcel·les conreades o l'extensió dels monocultius, entre d'altres).

Finalment, cal mencionar l'evident impacte creixent del canvi climàtic. Si bé és cert que algunes espècies termòfiles amb una gran capacitat dispersiva s'estan veient afavorides, el balanç general a la nostra regió mediterrània és clarament negatiu, sobretot, en zones de muntanya on fins ara predominaven comunitats molt diverses d'espècies associades a cli-

mes freds. Així mateix, les dades del seguiment apunten a un impacte molt negatiu dels episodis de sequeres extremes dels darrers anys, especialment a la zona mediterrània, on és molt difícil per a les papallones trobar refugis climàtics que actuïn d'esmoreïdors d'aquestes condicions extremes. Les implicacions que el canvi climàtic té sobre la fenologia de les espècies i el possible desacoblament amb les plantes nectàries i les fonts de nèctar de què depenen les papallones és un altre aspecte preocupant, però ara per ara les dades no són prou clares per treure'n conclusions definitives.

En definitiva, el seguiment de les papallones diürnes a Catalunya alerta d'una pèrdua greu de la biodiversitat dels ecosistemes terrestres, les causes de la qual es relacionen clarament amb l'impacte dels usos del sòl i del canvi climàtic, és a dir, amb els principals motors del canvi global.

Bibliografia seleccionada

COLOM, P.; NINYEROLA, M.; PONS, X.; TRAVESSET, A.; STEFANESCU, C. (2022). «Phenological sensitivity and seasonal variability explain climate-driven trends in Mediterranean butterflies». *Proceedings of the Royal Society B*, 20220251.

HERRANDO, S.; TITEUX, N.; BROTONS, L.; ANTON, M.; UBACH, A.; VILLERO, D.; GARCÍA-BARROS, E.; MUNGUIRA, M. L.; GODINHO, C.; STEFANESCU, C. (2019). «Contrasting effects of precipitation on Mediterranean birds and butterflies». *Scientific Reports*, 9: 5680.

MELERO, Y.; STEFANESCU, C.; PINO, J. (2016). «General declines in Mediterranean butterflies over the last two decades are modulated by species traits». *Biological Conservation*, 201: 336-342.

STEFANESCU, C. (2021). «El declive de las mariposas mediterráneas». *Investigación y Ciencia*: 40-47.

STEFANESCU, C.; COLOM, P.; BAREA-AZCÓN, J. M.; HORSDFIELD, D.; KOMAC, B.; MIRALLES, A.; SHAW, M. R.; UBACH, A.; GUTIÉRREZ, D. (2022). «Larval parasitism in a specialist herbivore is explained by phenological

synchrony and host plant availability». *Journal of Animal Ecology*, 91: 1010-1023.

UBACH, A.; PÁRAMO, F.; GUTIÉRREZ, C.; STEFANESCU, C. (2020). «Vegetation encroachment drives changes in the composition of butterfly assemblages and species loss in Mediterranean ecosystems». *Insect Conservation and Diversity*, 13: 151-161.

Volum 75, 2025

- 2 *Editorial.* Joandomènec Ros
4 *El racó de la SCB.* Joandomènec Ros

Articles

- 5 *La biodiversitat: origen, funció i amenaces*
Joandomènec Ros
12 *La biodiversitat de les algues als Països Catalans*
Enric Ballesteros
20 *Els briòfits*
Elena Ruiz i Montserrat Brugués
22 *La biodiversitat dels fongs i els seus problemes, avui,
als Països Catalans i al món*
Jaume Llistosella Vidal
26 *La diversitat líquènica a Catalunya*
Antonio Gómez Bolea
31 *La biodiversitat de les plantes vasculars als Països Catalans*
Teresa Garnatje, Jordina Belmonte, Emmanuele Farris,
Xavier Font, Pere Fraga, Airy Gras, Emili Laguna,
Alfredo Maccioni, Llorenç Sáez i Joan Vallès
36 *Els herbassars d'angiospermes marines*
Javier Romero
40 *Els cnidaris marins de Catalunya*
Josep-Maria Gili
44 *Els aràcnids*
Marc Domènech
48 *La biodiversitat dels insectes*
Josep Maria Olmo Vidal
53 *La biodiversitat dels lepidòpters*
Jordi Dantart i Constantí Stefanescu
56 *La biodiversitat dels ecosistemes terrestres:
el cas de les papallones diürnes*
Constantí Stefanescu i Andreu Ubach

Si t'interessa la biologia i vols...

- ...conèixer els darrers avenços
...participar en l'organització de seminaris
...rebre la revista
...gaudir de descomptes en llibres, cursos i jornades...

...per què no t'hi associes?
<https://scb.iec.cat>



1912
2012

PLACA
NARCÍS
MONTURIOL
2003

CREU DE
SANT
JORDI
2012

Abast

La revista TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA (abreujat, *Treb. Soc. Cat. Biol.*), editada per la Societat Catalana de Biologia (SCB), filial de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC), publica articles de l'àmbit de les ciències de la vida en llengua catalana (i ocasionalment en altres llengües), contribuint a difondre la tasca científica i d'anàlisi que es du a terme en el si de la comunitat acadèmica.

La revista inclou un conjunt d'articles de recerca o de revisió sobre un tema monogràfic que tracta d'alguna qüestió científica concreta. Un coordinador, expert en el tema, encarrega els articles a un equip d'autors i en supervisa la redacció. Si voleu fer de coordinador d'un tema del vostre interès, poseu-vos en contacte amb la secretaria de la SCB (scb@iec.cat).

Presentació d'articles

Els articles han de tenir una extensió entre 20.000 i 40.000 caràcters (comptant els espais) i han d'incloure els apartats següents: títol; noms i cognoms dels autors; filiació de tots els autors; autor per a la correspondència (cal indicar-ne les adreces postal i electrònica, i, si escau, el telèfon); resum en català (d'una extensió màxima de 1.000 caràcters); paraules clau en català (com a màxim cinc); títol, resum i paraules clau en anglès (que han de ser fidels, en extensió i contingut, als corresponents en català); text de l'article (amb un màxim de dos nivells d'apartats); bibliografia; taules, figures i peus de figura. En cas que la llargària no s'adeqüi als criteris específics o que el nombre de taules o figures es consideri excessiu, la SCB pot proposar canvis pel que fa a aquests aspectes abans d'acceptar l'article.

Els articles s'han d'enviar en un arxiu en format Microsoft Word. Aquest arxiu ha de contenir només text (article, bibliografia, taules, peus, etc.). Les figures s'han d'enviar en arxius a part i, si contenen text (a part dels peus), han d'estar en un format que permeti editar-lo. Si la taula o la figura té *copyright*, cal indicar-ho. Cal haver demanat i obtingut els permisos corresponents a qui en tingui els drets de reproducció per a poder publicar les taules i les figures. Sense les autoritzacions corresponents les taules i figures no poden ser publicades.

La bibliografia s'ha de compondre tal com s'exemplifica tot seguit:

CODINA, C. [et al.] (1989). «Potencial biotecnològic del cultiu de cèl·lules vegetals per a l'obtenció de productes farmacèutics». *Treb. Soc. Cat. Biol.*, 40: 47-70.

MELLADO, R. P. (1987). «Vectores utilizados para la manipulación y expresión de genes». A: VICENTE, M.; RENART, J. (ed.). *Ingeniería genética*. Madrid: CSIC, 21-30.

WOLFFE, A. (1995). *Chromatin structure and function*. Londres: Academic Press.

Les referències bibliogràfiques completes han d'aparèixer ordenades alfabèticament al final dels articles i, si contenen més de dos autors, cal escriure només el primer, seguit de la indicació *et al.* entre claudàtors. Les remissions a la bibliografia dins el text han de seguir el sistema de cognom i any, no pas un sistema numèric, i, si contenen més de dos autors, cal escriure només el primer, seguit de la indicació *et al.*, en aquest cas sense claudàtors.

Procés editorial

Els articles, un cop rebuts, se sotmeten a un procés de revisió externa de forma i de contingut. En acabat, poden ser: a) acceptats sense canvis, b) rebutjats o c) acceptats amb esmenes proposades als autors. En aquest darrer cas, és un requisit indispensable per a publicar-los que els autors acceptin introduir les esmenes proposades.

Els autors rebran unes galeres perquè les revisin. En aquest procés només poden introduir-hi esmenes de caràcter lingüístic i tècnic, però no de contingut. En casos especials, la SCB pot demanar als autors revisions addicionals.

Els autors rebran sense càrrec un exemplar de la revista un cop publicada.

Drets d'autor i responsabilitats

La propietat intel·lectual dels articles és dels respectius autors.

En el moment de lliurar els articles a TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA per sol·licitar-ne la publicació, els autors accepten els termes següents:

— Els autors cedeixen a la SCB (filial de l'Institut d'Estudis Catalans) els drets de reproducció, comunicació pública (incloent-hi la comunicació a través de les xarxes socials) i distribució dels articles presentats per a ser publicats a TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA, en qualsevol forma i suport, i per qualsevol mitjà, incloses les plataformes digitals. El Comitè de Publicacions es reserva els drets d'acceptar o de refusar els treballs presentats i, igualment, es reserva el dret de fer qualsevol modificació editorial que consideri convenient. De ser acceptada pels autors, aquests hauran de lliurar l'article amb els canvis suggerits.

— Els autors responen davant la SCB de l'autoria i l'originalitat dels articles presentats. És a dir, els autors garanteixen que els articles lliurats no contenen fragments d'obres d'altres autors, ni fragments de treballs propis publicats anteriorment; que el contingut dels articles és inèdit i que no s'infringeixen els drets d'autor de tercers. Els autors accepten aquesta responsabilitat i s'obliguen a deixar indemne la SCB de qualsevol dany i perjudici originats per l'incompliment de la seva obligació. Així mateix, han de deixar constància en els articles que envii a la revista de les responsabilitats derivades del contingut dels articles.

— És responsabilitat dels autors obtenir els permisos per a la reproducció sense restriccions de tot el material gràfic inclòs en els articles, així com garantir que les imatges i els vídeos, etc., han estat realitzats amb el consentiment de les persones que hi apareixen, i que el material que pertany a tercers està clarament identificat i reconegut dins del text. Així mateix, els autors han d'entregar els consentiments i les autoritzacions corresponents a la SCB en lliurar els articles.

— La SCB està exempta de tota responsabilitat derivada de l'eventual vulneració de drets de propietat intel·lectual per part dels autors. En tot cas, es compromet a publicar les correccions, els aclariments, les retraccions i les disculpes si escau.

— Els continguts publicats a la revista estan subjectes —llevat que s'indiqui el contrari en el text o en el material gràfic— a una llicència Reconeixement - No comercial - Sense obres derivades 3.0 Espanya (by-nc-nd) de Creative Commons, el text complet de la qual es pot consultar a <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca>. Així doncs, s'autoritza el públic en general a reproduir, distribuir i comunicar l'obra sempre que se'n reconegui l'autoria i l'entitat que la publica i no se'n faci un ús comercial ni cap obra derivada.

— La revista no es fa responsable de les idees i opinions exposades pels autors dels articles publicats.

Protecció de dades personals

L'Institut d'Estudis Catalans (IEC) compleix el que estableix el Reglament general de protecció de dades de la Unió Europea (Reglament 2016/679, del 27 d'abril de 2016). De conformitat amb aquesta norma, s'informa que, amb l'acceptació de les normes de publicació, els autors autoritzen que les seves dades personals (nom i cognoms, dades de contacte i dades de filiació) puguin ser publicades en el volum corresponent de TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA.

Aquestes dades seran incorporades a un tractament que és responsabilitat de l'IEC amb la finalitat de gestionar aquesta publicació. Únicament s'utilitzaran les dades dels autors per a gestionar la publicació de TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA i no seran cedides a tercers, ni es produiran transferències a tercers països o organitzacions internacionals. Un cop publicada la revista, aquestes dades es conservaran com a part del registre històric d'autors. Els autors poden exercir els drets d'accés, rectificació, supressió, oposició, limitació en el tractament i portabilitat, adreçant-se per escrit a l'Institut d'Estudis Catalans (carrer del Carme, 47, 08001 Barcelona), o bé enviant un correu electrònic a l'adreça dades.personals@iec.cat, en què s'especifiqui de quina publicació es tracta.

Scope

The journal TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA (*Treb. Soc. Cat. Biol.*), published by the Societat Catalana de Biologia (SCB), a subsidiary of the Institut d'Estudis Catalans (IEC), presents articles in the field of life sciences in the Catalan language (and occasionally in other languages as well), helping to disseminate the scientific and analytical work carried out in the academic community.

The journal includes a set of research or review articles on a monographic topic dealing with a specific scientific aspect. A coordinator who is an expert on the subject assigns the articles to teams of authors and supervises their writing. If you would like to be the coordinator of a topic of your interest, contact the secretariat of the SCB (scb@iec.cat).

Criteris for submitting articles

Articles should be between 20,000 and 40,000 characters long (including spaces) and contain the following information: title; authors' names and surnames; personal details of all authors; corresponding author (stating email, address and, if appropriate, telephone number); abstract in Catalan (1,000 characters maximum); keywords in Catalan (maximum of five); title, abstract and keywords in English (corresponding in length and content to the Catalan version); main text of the article (with two levels of sections at the most); references; and tables and figure captions. If the article is longer than specified above or if there are too many tables or figures, the SCB may propose changes in these areas before accepting the article.

Articles should be submitted in Microsoft Office or OpenDocument format. The main file should contain text only (the main article, references, tables, figure captions, etc.). Figures should be sent in separate files and if they include text (aside from captions), the file format should allow them to be edited. It is the authors' responsibility to request and obtain permission for the reproduction of all tables, figures and graphics. Without the respective authorisation, tables, figures and graphics cannot be published.

References should be set out as shown below:

CODINA, C. [et al.] (1989). «Potencial biotecnològic del cultiu de cèl·lules vegetals per a l'obtenció de productes farmacèutics». *Treb. Soc. Cat. Biol.*, 40: 47-70.

MELLADO, R. P. (1987). «Vectores utilizados para la manipulación y expresión de genes». In: VICENTE, M.; RENART, J. (ed.). *Ingeniería genética*. Madrid: CSIC, 21-30.

WOLFFE, A. (1995). *Chromatin structure and function*. London: Academic Press.

Full bibliographic references should be set out in alphabetical order at the end of articles and, if they involve two or more authors, only the first author should be stated, followed by the indication *et al.* in square brackets. References to the bibliography within the text should follow the author-year system, rather than stating the numerical order of appearance, and, if they involve more than two authors, only the first author should be stated, followed by the indication *et al.* without square brackets.

Publishing process

Upon receipt, articles undergo a peer review of form and content. Once this process is complete, articles may: a) be accepted without changes; b) be rejected; or, c) be accepted, requesting the author to make the pertinent changes. In the latter case, authors should agree to make the proposed changes in order for the articles to be published.

Authors will be given galley proofs for their review. On reaching this stage of the process, authors may only make technical or linguistic changes but not changes involving content. Under specific circumstances, the SCB may ask authors to carry out additional reviews.

Authors will receive one copy of the journal free of charge once it has been published.

Copyright and responsibilities

The intellectual property of the articles belongs to the respective authors.

At the time of submitting the articles to TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA, authors accept the following terms:

— Authors assign to the SCB (a subsidiary of the Institut d'Estudis Catalans) the rights of reproduction, public communication (including communication through social networks) and distribution of the articles submitted for publication to TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA, in any form and medium, including digital platforms. The Publications Committee reserves the right to accept or refuse submitted articles and the right to make any editorial changes it deems appropriate. If the suggested changes are accepted by authors, they should re-submit the article with such changes.

— Authors answer to the SCB for the authorship and originality of submitted articles. In other words, authors assure that submitted articles do not contain fragments of works by other authors or fragments of their own previously published works; that the content of articles is original, and that the copyright of third parties is not infringed upon. Authors accept this responsibility and undertake to hold harmless the SCB for any loss or damage resulting from non-compliance with this obligation. Furthermore, they should include a statement in articles submitted to the journal regarding their responsibility for the content of the articles.

— Authors are responsible for obtaining permission for the reproduction of all graphic material included in articles, and they should moreover ensure that images, videos, etc., have been created with the consent of the individuals appearing in them, and that material belonging to third parties is clearly identified and acknowledged as such within the text. Likewise, authors should provide the respective consents and authorisations to the SCB when submitting articles.

— The SCB is exempt from any liability arising from the possible infringement of intellectual property rights by authors. In all cases, it undertakes to publish corrections, clarifications, retractions and apologies, if necessary.

— Unless otherwise stated in the text or in the graphic material, the contents published in the journal are subject to an Attribution - NonCommercial - NoDerivs 3.0 Spain (by-nc-nd) license from Creative Commons, the full text of which may be consulted at <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.en>. Therefore, the general public is authorised to reproduce, distribute and communicate articles as long as their authorship and publishing entity are acknowledged, and no commercial use is made of them nor derivative work produced from them.

— The journal is not responsible for the ideas and opinions expressed by the authors of published articles.

Protection of personal data

The Institut d'Estudis Catalans (IEC) complies with the provisions of the General Data Protection Regulation of the European Union (Regulation 2016/679 of 27 April 2016). In accordance with this regulation, we state that, with the acceptance of the publication rules, authors authorise that their personal data (forenames and surnames, contact data and affiliation data) may be published in the respective volume of the journal TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA.

These data will be subjected to a processing controlled by the IEC for the purpose of managing the publication. Authors' data will be used solely for managing the publication of the journal TREBALLS DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA and they will not be transferred to third parties nor will transfers be made to third countries or to international organisations. Once the journal has been published, these data will be stored as part of the historical record of authors. Authors may exercise the rights of access, rectification, erasure, objection, restriction of processing and portability by addressing themselves in writing to the Institut d'Estudis Catalans (Carrer del Carme, 47, 08001 Barcelona, Spain) or by sending an email to the address dades.personals@iec.cat, in which the publication in question should be specified.