

CBMS

Butterfly Monitoring Scheme a Catalunya

El projecte

L'any 1994 es va iniciar, amb el suport de la Generalitat de Catalunya, un projecte de seguiment de les poblacions de papallones: el Butterfly Monitoring Scheme a Catalunya (abreviat CBMS). La seva filosofia i metodologia coincidien plenament amb les del conegut BMS britànic d'on va prendre el nom: conèixer amb precisió els canvis d'abundància de les papallones a partir de la repetició setmanal de censos visuals al llarg de transectes fixos, per tal de relacionar-los posteriorment amb diferents factors ambientals. La utilització de les papallones en aquests projectes respon al seu contrastat caràcter bioindicador, a la seva popularitat i carisma, i al fet d'haver experimentat, en temps recents, regressions generalitzades arreu d'Europa.

Inicialment, la xarxa de seguiment constava d'11 estacions de mostrejat situades al quadrant nord-est de Catalunya. Aquest nombre s'ha anat incrementant anualment, de manera que l'any 2024 (un cop acabada la temporada número 31) han estat ja 252 les estacions que han aportat dades. La cobertura geogràfica també ha millorat dràsticament, i actualment es recullen dades en bona part de Catalunya, illes Balears i Andorra. En aquest darrer país existeix un programa de seguiment propi, el BMSAnd, per bé que la informació que proporciona s'integra juntament amb la del CBMS en una base de dades comuna.

Al llarg d'aquests anys, els aspectes estructurals del projecte han anat millorant també de forma sensible. S'ha dissenyat un programa informàtic per emmagatzemar i explotar la informació acumulada de manera eficient, estretament vinculat a un sistema d'informació geogràfica (SIG) aplicat a la xarxa. D'altra banda, es recull informació bàsica sobre les comunitats vegetals a les estacions que, mitjançant una actualització periòdica, permet documentar els canvis ambientals a nivell de cada recorregut de cens.

Totes aquestes millores han convertit el CBMS en una de les bases de dades més importants sobre la biodiversitat catalana i, també, sobre l'ecologia de les papallones de la zona mediterrània.



Portada del butlletí n° 17 del CBMS.

El perquè d'una xarxa de seguiment

Com a conseqüència de la forta pressió antròpica i de les profundes i ràpides transformacions que ha experimentat l'entorn en els darrers decennis, els poblaments faunístics i florístics estan patint canvis molt aparents, en molts casos clarament negatius. Encara que ningú dubta que aquests canvis s'estan produint, resulta molt més difícil precisar quina és la seva direcció i identificar les tendències que afecten les diferents espècies. Tot i així, els gestors del patrimoni natural necessiten disposar de mecanismes que els permetin diagnosticar quin és l'estat dels sistemes naturals i valorar la idoneïtat de les mesures adoptades per tal d'afavorir-los. Aquest és un dels principals objectius de l'anomenat monitoratge de grups bioindicadors.

Conèixer amb precisió els canvis d'abundància de les papallones a partir de la repetició setmanal de censos visuals al llarg de transectes fixos, per tal de relacionar-los posteriorment amb diferents factors ambientals.

Breument, es pot dir que el monitoratge serveix per obtenir dades sobre l'abundància d'un organisme (o d'un grup d'organismes) al llarg del temps i, per tant, conèixer quines són les seves fluctuacions poblacionals a l'àrea estudiada. Per tal que un conjunt d'organismes sigui considerat com a bon grup bioindicador és necessari que reuneixi una sèrie de condicions, com per exemple: ser molt sensible al seu entorn i reaccionar ràpidament amb canvis d'abundància quan les condicions del medi es modifiquen, ser de fàcil identificació, incloure un número suficient d'espècies que englobin un ampli espectre d'hàbitats diferents, etc. El grup idoni de bioindicadors varia segons el tipus d'ambient que es vulgui estudiar.

Per exemple, les comunitats d'invertebrats aquàtics reflecteixen amb molta precisió l'estat de la qualitat de les aigües d'un riu i han estat tradicionalment escollides com a bioindicadors dels ecosistemes fluvials. Els líquens són molt sensibles a la pol·lució atmosfèrica i en conseqüència s'utilitzen en alguns estudis com a grup bioindicador de la qualitat de l'aire. En el medi terrestre, a part dels ocells, cal destacar l'interès creixent per les papallones.

En efecte, les papallones diürnes (ropalòcers) reuneixen una sèrie d'avantatges que les converteixen en un excel·lent grup bioindicador:

Mostren una gran sensibilitat respecte la composició i estructura de la vegetació: en el seu estat larvari depenen exclusivament d'un reduït nombre de plantes nutrícies i si aquestes plantes desapareixen o escassegen, les poblacions de les papallones inicien una ràpida davallada. Molts cops no és necessari que les plantes nutrícies desapareguin; pot ser suficient que canviïn les condicions microclimàtiques o el tipus de gestió a què són sotmeses. Per exemple, la introducció o l'eliminació d'un element com la pastura, pot fer canviar radicalment les condicions d'un prat i la fauna de papallones que l'acompanya.

Una part important de les espècies són sedentàries i es veuen molt afectades pel fenomen de la fragmentació de l'hàbitat. La connexió entre poblacions properes disminueix ràpidament si es creen barreres o desapareix hàbitat favorable, i aquest progressiu isolament comporta, a vegades en poc temps, una elevada freqüència d'extincions locals.

Són extraordinàriament sensibles al clima i responen marcadament (amb canvis fenològics, d'abundància i de distribució geogràfica) a fenòmens com l'escalfament global i les variacions en els règims termo i pluviomètric.

Juguen un paper fonamental dins de l'ecosistema, tant com a consumidors primaris (herbívoros) com per servir de font d'aliment per a molts consumidors secundaris (depredadors i parasitoides). Per tant, tot allò que les afecta ho fa també, de retruc, a molts altres organismes.

Finalment, el seu gran valor estètic i la relativa facilitat amb què es poden identificar les ha convertit en un grup molt popular. Són molts els naturalistes que les observen regularment i són capaços de reconèixer les espècies que viuen en les àrees on centren les seves activitats, una cosa del tot impensable en altres grups d'animals invertebrats.

No és estrany, doncs, que des de l'inici de la implantació de les tècniques de monitoratge, les papallones hagin jugat un paper destacat. Ja a mitjan de la dècada dels 70, un grup d'investigadors de l'Institute of Terrestrial Ecology (Anglaterra), liderats per E. Pollard i J.A. Thomas, va desenvolupar una metodologia senzilla per valorar objectivament els canvis d'abundància de les papallones diürnes: el Butterfly Monitoring Scheme. La tècnica es basava en la repetició de censos visuals al llarg de transectes fixos, i de seguida va guanyar una gran popularitat entre científics i aficionats i va ser adoptada com un mètode estandaritzat per monitorar papallones arreu del país. Posteriorment, molts altres països europeus han incorporat xarxes de seguiment equiparables al BMS anglès (vegeu <http://www.bc-europe.eu>). A Catalunya, en particular, el BMS s'ha consolidat amb un gran èxit i, en l'actualitat, constitueix el projecte de seguiment de la biodiversitat amb una sèrie temporal més llarga al país.

Estat de conservació de les espècies

A les fitxes de les espècies s'incorpora la informació sobre l'estat de conservació a Catalunya acord amb la categoria IUCN estudiada segons dades de la Guia de Papallones diürnes de Catalunya, essent aquestes:

- RE (extinta regionalment)
- CR (críticament amenaçada)
- EN (en perill)
- VU (vulnerable)
- NT (gairebé amenaçada)
- LC (preocupació menor)
- NA (no aplicable)

Per a les espècies que es troben en les situacions de CR i EN, s'ha ocultat la informació de les espècies que fa referència als índexs d'abundància i les localitats on aquestes apareixen per garantir-ne la protecció. Així mateix, a les fitxes d'itineraris en què han aparegut aquestes espècies, s'han ocultat de la llista de les espècies presents. Per a qualsevol consulta sobre les dades que el projecte CBMS té sobre aquestes espècies podeu adreçar-vos a nosaltres contactant via mail.

Col·laboradors i patrocinadors

Col·laboradors

Per al seu funcionament estructural, el CBMS compta amb un coordinador i un conjunt de col·laboradors que recullen dades als diversos itineraris. La tasca de coordinació consisteix en el recull i anàlisi de totes les dades, així com en un seguiment de la feina que es fa a les diferents estacions. També suposa un esforç continuat per tal d'ampliar la xarxa i incorporar noves estacions. Durant el període 1994-2002, la coordinació ha estat finançada pel Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.

En bona mesura, el CBMS depèn de la col·laboració desinteressada de nombrosos voluntaris, ja siguin biòlegs o naturalistes aficionats. Aquest és també el plantejament existent a la resta de xarxes europees del BMS. Tanmateix, cal destacar també l'ajut (ja sigui de tipus logístic o econòmic) rebut per diverses institucions; en particular, els diferents parcs naturals catalans s'han interessat en tot moment pel projecte i, en la gran majoria dels casos, destinen partides del seu pressupost per subvencionar parcialment els mostrejos.

Com ja s'ha comentat, els censos els porten a terme, principalment, voluntaris, biòlegs o naturalistes. Alguns d'ells ja tenien experiència prèvia amb les papallones, però d'altres han començat amb uns coneixements molt limitats. En aquests casos, hi ha hagut un període d'aprenentatge, normalment d'un any, en el qual s'han familiaritzat amb la tècnica i amb la identificació de les espècies. En aquest punt, s'ha de dir que el BMS és un mètode senzill i, alhora, divertit, per la qual cosa l'aprenentatge es fa amb rapidesa i amb resultats molt satisfactoris.

Patrocinadors

El CBMS és un projecte coordinat pel Museu de Ciències Naturals de Granollers amb l'ajut del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya i que rep el suport de les institucions següents: Ajuntament de Barcelona, Ajuntament de Flix, Ajuntament de la Seu d'Urgell, Ajuntament de Vacarisses, Ajuntament de Viladecans, Àlta Serveis Funeraris Integral, Arxiu Municipal de Granollers, Associació de Propietaris Forestals Entorns de Montserrat, Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra, Consorci Parc Natural de la Serra de Collserola, Departament de Territori i Sostenibilitat (Parcs Naturals del Delta de l'Ebre, Serra del Montsant, Zona Volcànica de la Garrotxa, Montgrí, Illes Medes i Baix Ter), Diputació de Barcelona (Parcs Naturals del Garraf, Guàrdies-Savassona, Montseny, Montnegre-Corredor, Sant Llorenç del Munt i Serra de l'Obac, Serralada Litoral i Serralada de Marina), Escola de Natura de Ca l'Arenes, Escola de Natura de Can Miravetges, Espai protegit del Delta del Llobregat, Fundació Catalunya – La Pedrera, Grup de Natura Freixe, Institut Menorquí d'Estudis, Heretat Segura Viudas, James Evarts, LafargeHolcim, Ministerio de Medio Ambiente (Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici), Museu del Montsià, Observatori Socioambiental de Menorca (OBSAM), Parc de l'Alba, Parc Natural S'Albufera d'Es Grau, Recaredo Mata Casanovas S.A., Universitat Autònoma de Barcelona (Servei de Prevenció i Medi Ambient) i Zoo de Barcelona.

Metodologia

Transectes i recomptes

La tècnica del BMS parteix de recomptes visuals d'exemplars adults de ropalòcers al llarg d'un itinerari determinat. El transecte es recorre un cop per setmana, a una velocitat constant, i solament es compten les papallones que estan a una distància de 5 m per davant i als costats de l'observador.



L'àrea de mostreig s'estén dos metres i mig als costats i cinc metres per davant de l'observador.

L'itinerari es divideix en diferents seccions (al voltant de 7-10 seccions), cadascuna corresponent a un hàbitat particular. La majoria dels transectes del CBMS tenen una longitud de 1,5-2 km. El temps utilitzat per recórrer-lo varia segons l'època de l'any, però sol oscil·lar entre 1-3 h.



Seccions del transecte 29 a Marata, comarca del Vallès Oriental.

Els recomptes es duen a terme durant el matí, a qualsevol hora compresa entre les 10-14 h, sempre que les condicions meteorològiques siguin favorables. La nuvolositat s'expressa en forma percentual a partir de les dades de cada secció i la velocitat del vent s'estima al principi i al final de l'itinerari segons l'escala de Beaufort.

En general, els recomptes no es consideren vàlids si el vent supera una força 4 o si la nuvolositat supera un 50% (en aquest últim cas, l'activitat dels ropalòcers disminueix ostensiblement fins i tot sota una alta temperatura ambiental). En darrer terme, la decisió d'incloure o no un mostreig realitzat si les condicions ambientals no són les òptimes, es basa en la comparació amb els resultats obtinguts les setmanes anterior i posterior. Aquesta comparació permet detectar uns valors anormalment baixos (tant d'espècies concretes com de tota la comunitat) en cas que les condicions ambientals no compleixin els mínims necessaris.

Les dades es recullen en fitxes de camp especialment dissenyades, on s'anota per a cada espècie el nombre d'individus vistos per secció. Addicionalment, es poden recollir dades interessants sobre l'ecologia de les espècies (comportament i substrats d'ovoposició, fonts de nèctar dels adults, etc.), sempre que això no dificulti l'activitat principal. La fitxa de camp inclou un apartat d'observacions per anotar aquest tipus d'informació complementària (vegeu les Recomanacions per omplir les fitxes de camp).

Detall d'una fitxa de camp

DATA		INVESTIGADOR		SETMANA Nº				
19-7-07		Jordi Gual		21				
LLOC		TEMP. INICIAL		TEMP. FINAL				
Sant Daniel		26°C		30.5°C				
VENT		PERÍODE HORARI		HUMIDITAT				
1		10:25 - 11:55		100%				
SECCIO	1	2	3	4	5	6	7	Total
P. cecilia	9	8888	888888	(118)(29)		88888		
P. lythons		88	8	8		88		
Pyrgus sp.		1						
P. malacoides		1						
L. megera		8						
L. coridon			8					

El període oficial de recollida de dades comprèn 30 setmanes, des de la primera de març fins a l'última de setembre. Hi ha diferents mètodes per estimar les dades de les setmanes en què no ha estat possible recórrer el transsecte (p. ex. a partir d'una simple mitjana aritmètica entre les setmanes anterior i posterior; o bé a partir de metodologies més complexes, com ara models GAM). En tot cas, és molt recomanable no perdre dades de dues o més setmanes consecutives i, al llarg de tota la temporada, no perdre dades de més de 6 setmanes. En algunes localitats, els recomptes s'allarguen als mesos d'octubre i novembre, però aquestes dades addicionals no s'utilitzen en els càlculs estàndard dels índexs anuals d'abundància (vegeu més endavant).

Tot i que la majoria de les papallones es poden identificar a distància sense que calgui capturar-les, poden sorgir problemes d'identificació en grups d'espècies taxonòmicament properes. Són particularment difícils d'identificar alguns licènids i nimfàlids (p. ex.: dels gèneres *Melitaea* i *Argynnis*), així com la majoria de les espècies d'hespèrids. La inclusió o no d'aquestes espècies conflictives en els recomptes depèn de l'experiència de cada observador i del grau de coneixement de la fauna de la localitat estudiada. De vegades, els problemes d'identificació solament apareixen entre les femelles de certes espècies i en aquests casos la solució consisteix en restringir els recomptes als exemplars del sexe masculí i deixar a nivell de gènere les femelles (p. ex.: en *Gonepteryx rhamni* i *G. cleopatra*, i en *Lysandra bellargus*, *L. coridon* i *L. hispana*).

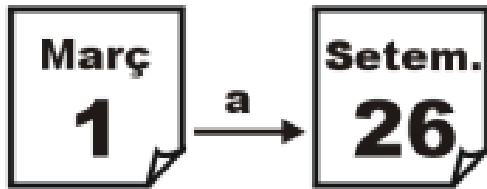
Finalment, cal indicar que el mètode aporta dades poc precises sobre l'abundància d'espècies marcadament arborícoles (p. ex.: *Favonius quercus*, *Satyrion w-album*, *Thecla betulae*). No obstant això, l'aparició d'aquestes espècies en els recomptes pot estar correlacionada amb els seus nivells poblacionals.

Recollida de variables addicionals

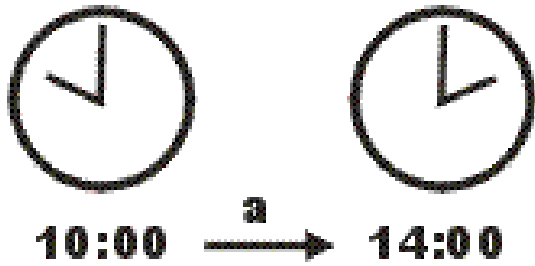
És molt important anotar els impactes ambientals que afecten la ruta de cens, ja que aquesta informació és molt valuosa per poder després interpretar correctament les oscil·lacions poblacionals de les espècies. Entre els impactes d'origen antròpic més habituals en molts dels itineraris del CBMS hi ha l'ús de pesticides i herbicides en zones agrícoles, el dall i la pastura en prats, i la desbrossada i neteja de marges de camins, entre d'altres. Entre els impactes naturals destaquen les grans tempestes amb inundacions, els episodis de nevades, etc. Les observacions dels diferents impactes es poden recollir sistemàticament amb l'ajuda de la fitxa d'impactes.

D'altra banda, des de l'any 2000 es fa una caracterització periòdica de les comunitats vegetals al llarg de les rutes de cens, per documentar els canvis que pugui haver en els hàbitats de les diferents seccions. Aquesta caracterització la duu a terme un botànic, i s'actualitza cada sis anys.

Alguns consells pràctics per fer el transecte del CBMS



Oficialment, la temporada del CBMS comença l'1 de març i acaba el 26 de setembre, és a dir, inclou un total de 30 setmanes (veure el calendari oficial). Els transectes s'han de fer un cop a la setmana, però no és necessari que sempre es facin el mateix dia de la setmana. Tot i així, sempre és preferible fer els mostratges a començaments de la setmana, per evitar córrer el risc de perdre el mostratge si les condicions meteorològiques es deterioren els darrers dies de la setmana.



És important fer els transectes amb sol durant els primers mesos de la temporada, quan la temperatura ambiental encara és baixa, perquè sinó les papallones no poden termoregular-se i assolir la temperatura corporal necessària per poder estar actives. L'activitat també disminueix ostensiblement en cas de vent fort i fred. Per tant, procureu escollir dies ben assolellats i amb bonança per fer els transectes, ja que sinó els comptatges reflectiran unes condicions ambientals desfavorables més que no pas una manca real de papallones. L'hora de començament més recomanable és al voltant de les 12-13 h. Més avançada la temporada, quan les temperatures pugen sensiblement

(p. ex. a partir de maig-juny), es pot començar més d'hora. En ple estiu és preferible fer els comptatges a primera hora del matí per evitar situacions de molta calor que també comprometen l'activitat de les papallones.

Complements per al mostreig: caçapapallones, prismàtics, guia de camp i fitxes



És també molt important fer els recorreguts amb un salabret, que us permetrà capturar els exemplars d'identificació dubtosa i examinar-los amb més deteniment abans de deixar-los anar. En cas de què no quedi clar de quina espècie es tracta, es recomana fer una fotografia de l'exemplar i enviar-la al coordinador tècnic del projecte, o bé adjuntar-la en un missatge al fòrum del projecte. En tots dos casos rebreu el suport necessari per poder identificar l'exemplar i aprendre quins són els trets distintius que caldrà tenir en compte en properes ocasions. Uns binocles que permetin enfocar a curta distància també resulten molt útils per a les identifications, si bé l'ús del salabret i la manipulació dels exemplars és el que assegura un més ràpid aprenentatge.

Quan captureu un exemplar per examinar-lo o bé l'hagueu de seguir lluny del recorregut, deixeu de comptar les papallones. Fixeu-vos en el lloc on deixeu l'itinerari per tornar-hi després i reprendre el comptatge. Recordeu que és molt important mantenir sempre la mateixa distància de comptatge i passar sempre pel mateix indret. Sempre hi ha una certa tendència a comptar fins més lluny quan la densitat de les espècies és baixa (p. ex. quan comencen a emergir les generacions), i reduir-la quan aquestes es fan més abundants. Això és un error greu, perquè d'aquesta manera s'introdueix un biaix en la detectabilitat de les espècies al llarg del

seu període de vol. D'altra banda, per facilitar el manteniment d'una distància de comptatge constant es recomana utilitzar límits naturals com a referència (p.ex. els propis marges dels camins, etc.).

Anàlisi de les Dades

La corba de vol i l'índex d'abundància

La metodologia del BMS s'ha dissenyat per estimar quantitativament i de manera senzilla els canvis numèrics en les poblacions de rosalòcers. Amb aquest objectiu, al final de cada temporada es calcula, per a cada espècie i estació, un índex anual d'abundància que inclou els valors estimats per a les setmanes en què no es disposa de comptatges.

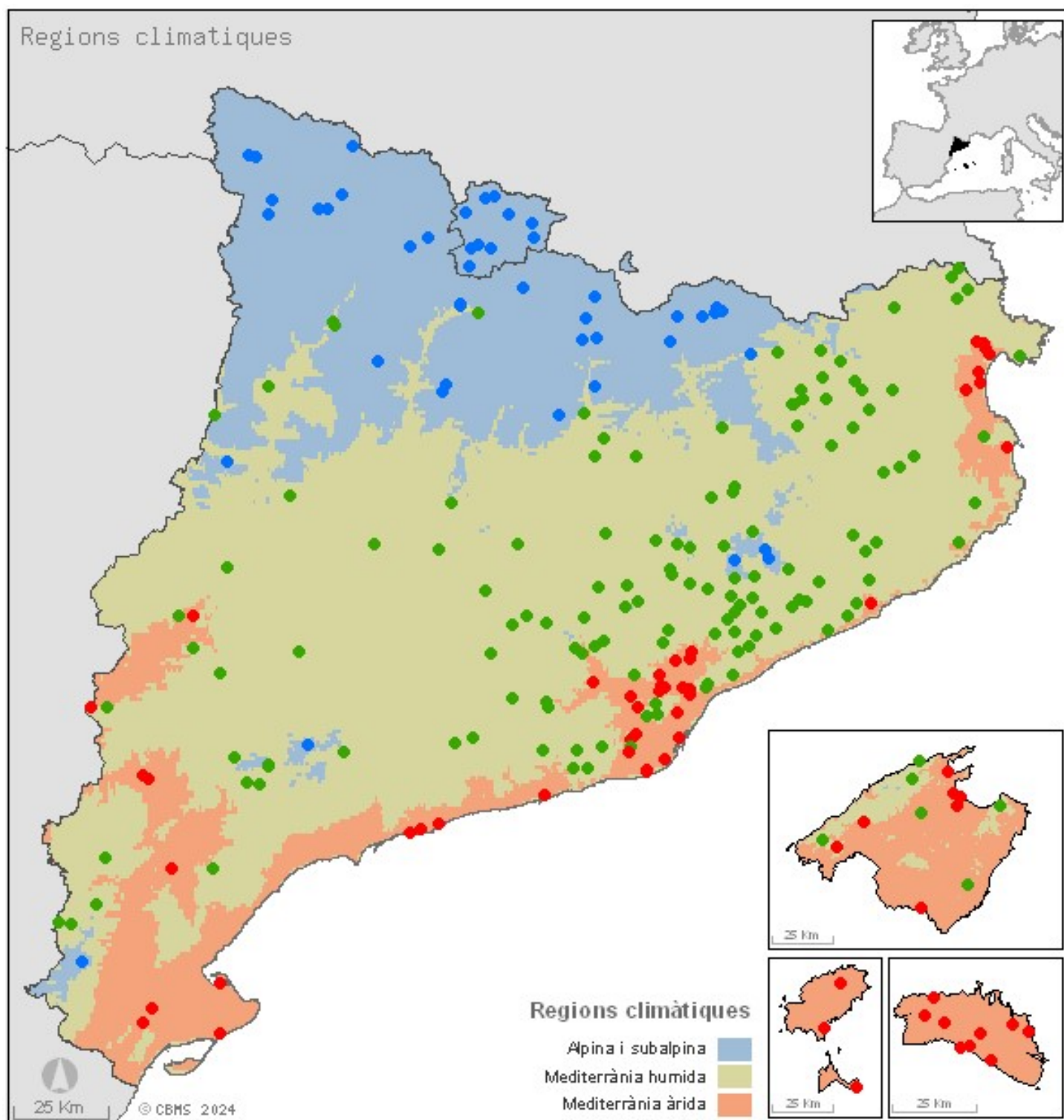
L'estimació d'aquests comptatges no existents s'aconsegueix amb màxima fiabilitat a partir de la modelització de la corba de vol de les espècies mitjançant el mètode denominat GAM regional (Schmucki et al., 2016). Aquest mètode consisteix en ajustar, cada temporada, un model general additiu als comptatges setmanals d'una espècie als diferents itineraris que pertanyen a una regió climàtica concreta. D'aquesta manera, es calcula una corba fenològica única per regió i temporada que, adaptada segons l'abundància de l'espècie a cada localitat, permet estimar els comptatges de les setmanes no mostrejades.

La suma dels mostreigs reals i estimats és el que proporciona l'índex anual d'abundància d'una espècie en una localitat. Aquests càlculs es duen a terme amb el paquet estadístic rbms (Schmucki et al., 2021).

Les regions climàtiques

Tant la fenologia com les dinàmiques poblacionals de les papallones es veuen molt influïdes pel clima. Per aquest motiu, les dades s'analitzen a nivell de tres regions climàtiques, en cadascuna de les quals s'aplica un model GAM per determinar la corba fenològica regional de l'espècie en qüestió.

La regió climàtica a la qual pertany un itinerari s'ha establert segons un criteri tèrmic. D'aquesta manera, s'han diferenciat tres regions climàtiques: regió alpina i subalpina, regió mediterrània humida, regió mediterrània àrida. Aquestes es corresponen a regions bioclimàtiques definides per Metzguer et al. (2013), actualitzades amb dades del 2018, àmpliament utilitzades en estudis de modelització ecològica. Com s'ha comentat més amunt, es considera que les poblacions d'una espècie tenen la mateixa corba de vol en el conjunt d'estacions del CBMS d'una certa regió climàtica.



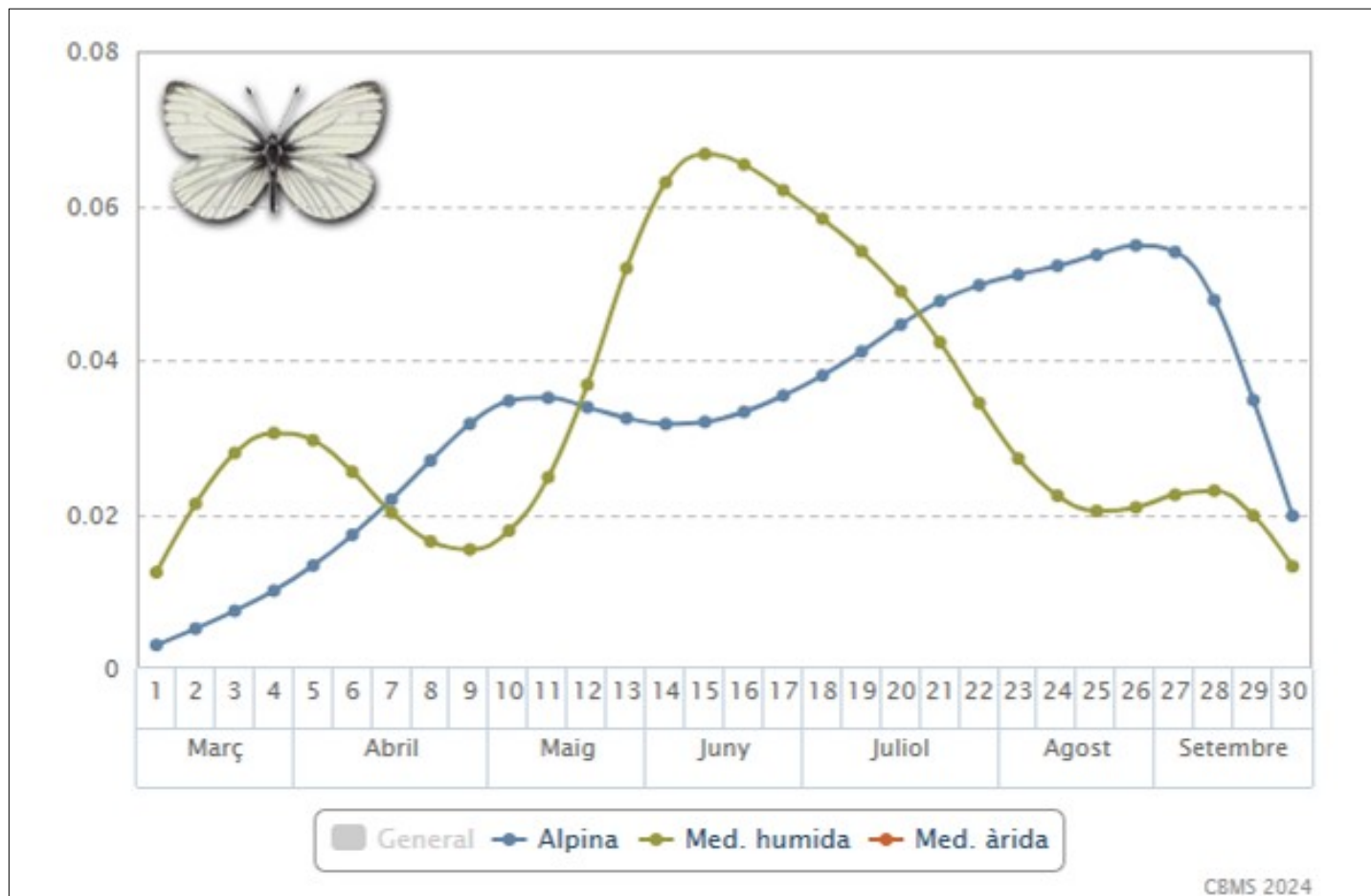
Mapa de la xarxa CBMS, mostrant les estacions de seguiment fins a 2024 i les tres regions climàtiques a les quals pertanyen segons el model climàtic de Metzguer et al. (2013).

La corba de vol

Per a estimar la corba de vol regional d'una espècie cada temporada, s'utilitzen les dades d'aquells itineraris on es considera que l'espècie hi manté poblacions viables. Hem adoptat com a criteri de població viable que almenys hi hagi dues ocurrences de l'espècie en una temporada de mostreig. Així mateix, la corba de vol només es calcula en el cas que hi hagi un mínim de cinc itineraris amb poblacions viables en almenys un dels anys de mostreig.

Encara que les corbes de vol d'una espècie per regió s'estimen anualment, a les fitxes d'espècie es mostra una corba de vol mitjana que sintetitza el patró fenològic observat pel conjunt d'anys disponibles.

La corba de vol de la blanqueta perfumada (*Pieris napi*) s'ha pogut estimar per a dues regions climàtiques, l'alpina i la mediterrània humida. La fenologia difereix en aquestes dues regions. Mentre que a la regió mediterrània humida la corba de vol presenta tres pics ben diferenciats i una màxima abundància al mes de juny, a la regió alpina la corba de vol és més tardana i presenta només dos pics i un màxim al mes d'agost-setembre. La interpretació de les corbes fenològiques pot ser complexa ja que no sempre un pic es correspon inequívocament amb una generació. Per exemple, en aquesta figura, el màxim poblacional del juny-juliol a la regió mediterrània humida podria correspondre alguns anys a dues generacions àmpliament superposades.



Les tendències poblacionals

Tendències locals

A nivell de cada itinerari, s'obtenen els índexs d'abundància que informen de l'abundància relativa anual d'una espècie en aquella localitat. Aquests índexs es calculen a partir de la suma dels comptatges a l'itinerari. En aquells casos en què ha estat possible estimar la corba de vol regional mitjançant el model GAM, els índexs anuals inclouen els comptatges reals i els imputats per a les setmanes perdudes. En cas contrari, només inclouen els comptatges reals. D'altra banda, si les dades reals corresponen a un percentatge molt baix (menor al 10%), es considera que el model no és prou fiable per a fer un càlcul d'un índex d'abundància (l'espècie, en aquest cas, apareix com a no avaluada).

A les fitxes d'espècie per itinerari es mostren els índexs anuals estandarditzats a una distància fixa de 100 m de transsecte per facilitar la comparació entre poblacions de diferents itineraris. Els valors d'abundància d'una espècie que apareixen a la taula general a les fitxes d'espècie i a les fitxes d'itinerari corresponen a mitjanes per a tots els anys disponibles.

Al CBMS es calcula un únic índex anual d'abundància per espècie, que reflecteix l'èxit de l'espècie al llarg de tot el període de vol comprès dins de les 30 setmanes oficials de la temporada. Si la fenologia és suficientment clara com per detectar generacions discretes, els índexs anuals d'abundància es podrien calcular per separat per a cada generació. No obstant, donada la complexitat que presenten les fenologies als diferents climes del territori català, es descarta aquesta opció per als càlculs actuals. Existeix, a més a més, una certa variabilitat segons les condicions meteorològiques de la temporada i són freqüents les espècies bivoltines amb una tercera generació parcial, així com les polivoltines amb un nombre variable de generacions. En altres projectes de BMS, com l'UKBMS al Regne Unit, sí que es distingeixen índexs anuals per generació, i en les espècies bivoltines s'utilitza únicament l'índex de la segona generació, generalment més abundant.

Els índexs d'abundància local s'utilitzen per calcular les tendències locals de les espècies als diferents itineraris. Aquestes tendències s'estimen a partir d'una regressió lineal entre el logaritme de l'índex local ($\log [IA+1]$) i l'any, sempre que la sèrie temporal disposi de vuit o més anys durant els quals l'espècie hagi aparegut com a mínim quatre anys seguits. En cas contrari, l'espècie apareix com a "No avaluada". A les diferents fitxes, les tendències locals apareixen classificades segons el pendent de la recta de regressió i el seu nivell de significació en les categories:

Regressió forta: declivi significatiu i amb més d'un 20% de canvi en un període de 20 anys.

Regressió moderada: declivi significatiu i amb menys d'un 20% de canvi en un període de 20 anys.

Increment moderat: augment significatiu i amb menys d'un 20% de canvi en un període de 20 anys.

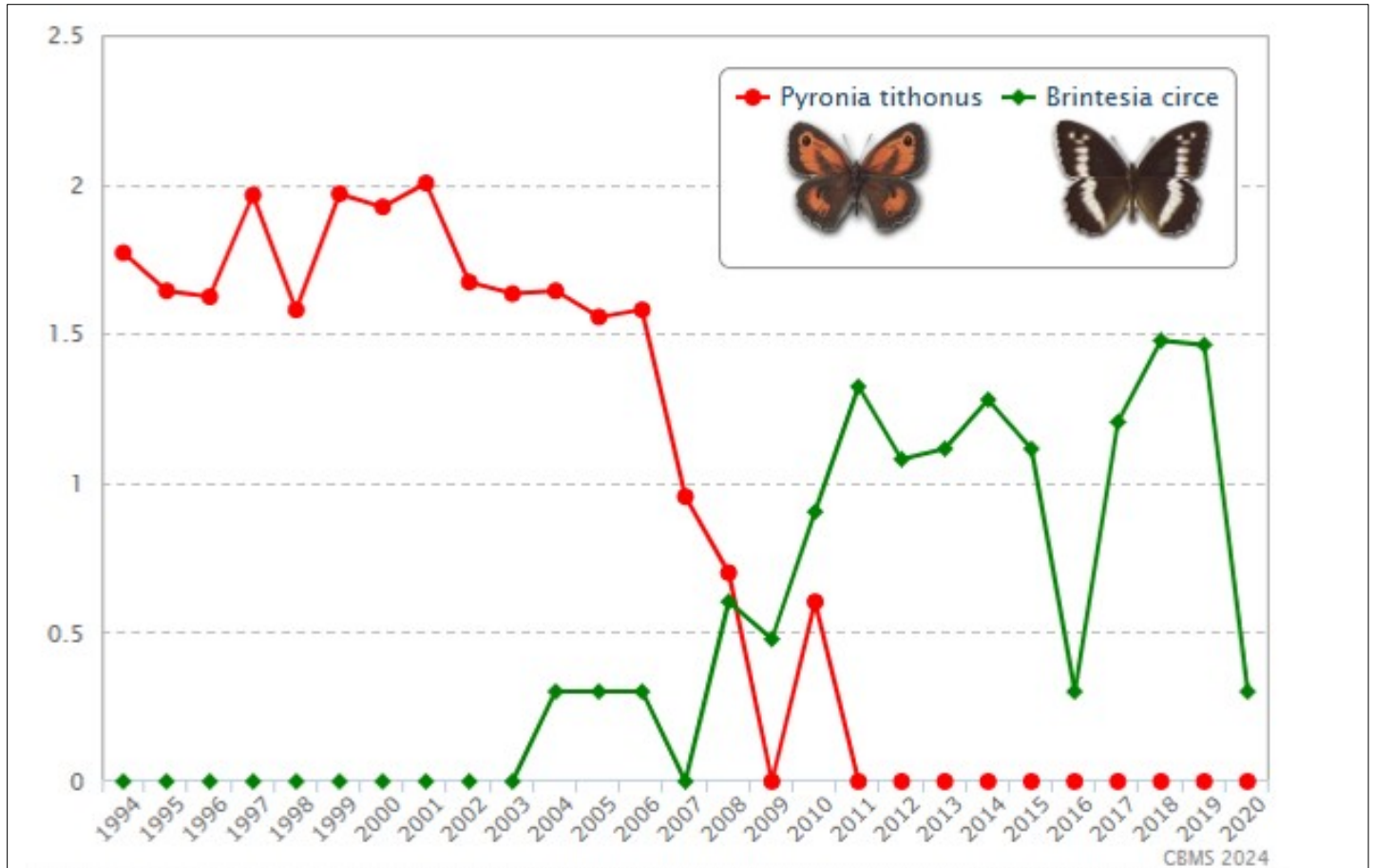
Increment fort: augment significatiu i amb més d'un 20% de canvi en un període de 20 anys.

Estable: tendència no significativa amb intervals de confiança petits que permeten afirmar que hi hauria menys d'un 20% de canvi en un període de 20 anys.

Incerta: tendència no significativa i intervals de confiança prou grans com per considerar que la tendència podria suposar un canvi major que el 20% en un període de 20 anys.

Extingida: quan s'ha enregistrat un fenomen d'extinció local sense una posterior recolonització. El criteri utilitzat per definir una extinció és la seqüència de quatre anys seguits sense l'aparició d'una espècie en una localitat, precedits per una seqüència de quatre anys amb presència d'aquella espècie en aquell indret.

Els gràfics de tendències inclouen sèries temporals no actuals quan una estació ja fa temps que no és activa. En tals casos, la tendència fa referència al període de mostreig disponible en aquella estació, sense indicar en quin estat es troba l'espècie actualment.



Tendències poblacionals de dues espècies de satirins a l'itinerari del Cortalet, PN Aiguamolls de l'Empordà. La saltabardissa europea, *Pyronia tithonus*, va patir una forta davallada la segona meitat de la dècada dels 2000, que va acabar comportant l'extinció de la població local. Contràriament, la bruixa, *Brintesia circe*, va colonitzar la zona l'any 2004, i en els darrers anys ha estat capaç d'establir una població creixent. En ambdós casos, les tendències semblen ser una resposta als factors climàtics, ja que els hàbitats on es presenten les dues espècies han patit poques alteracions en aquest transsecte.

Tendències regionals

La xarxa del BMS recull dades relatives a un nombre elevat d'estacions i, per tant, cal disposar d'un mètode que permeti el tractament simultani de tota aquesta informació. Amb aquesta finalitat, es calcula un índex anual regional que agrupa les dades de totes les estacions d'una regió climàtica i que s'utilitza per conèixer la tendència d'una espècie al llarg del temps en aquesta regió. Per a estimar un índex regional s'ha determinat el mínim de cinc itineraris amb dades de poblacions viables, de la mateixa manera que amb les corbes de vol.

Per calcular l'índex anual regional d'una espècie i la seva tendència temporal s'utilitza el paquet estadístic *rbms* (Schmucki et al., 2021) i *rtrim* (Bogaart, 2024). Per col·lapsar en un sol valor les dades de tots els itineraris on l'espècie apareix, l'índex regional anual s'estima a partir d'un model lineal generalitzat (GLM). Aquest model corregeix el biaix que comporta que alguns itineraris disposin de més dades que d'altres, repartint el pes de les dades locals segons el percentatge de la corba mostrejada en cada localitat. Alhora, el model també estima indirectament el valor que correspondria als anys en què no s'arriba al mínim de cinc itineraris pel càlcul de la corba de vol.

Les tendències poblacionals regionals es mostren només quan es disposa d'un mínim de 8 anys seguits amb dades calculades o estimades segons els següents criteris:

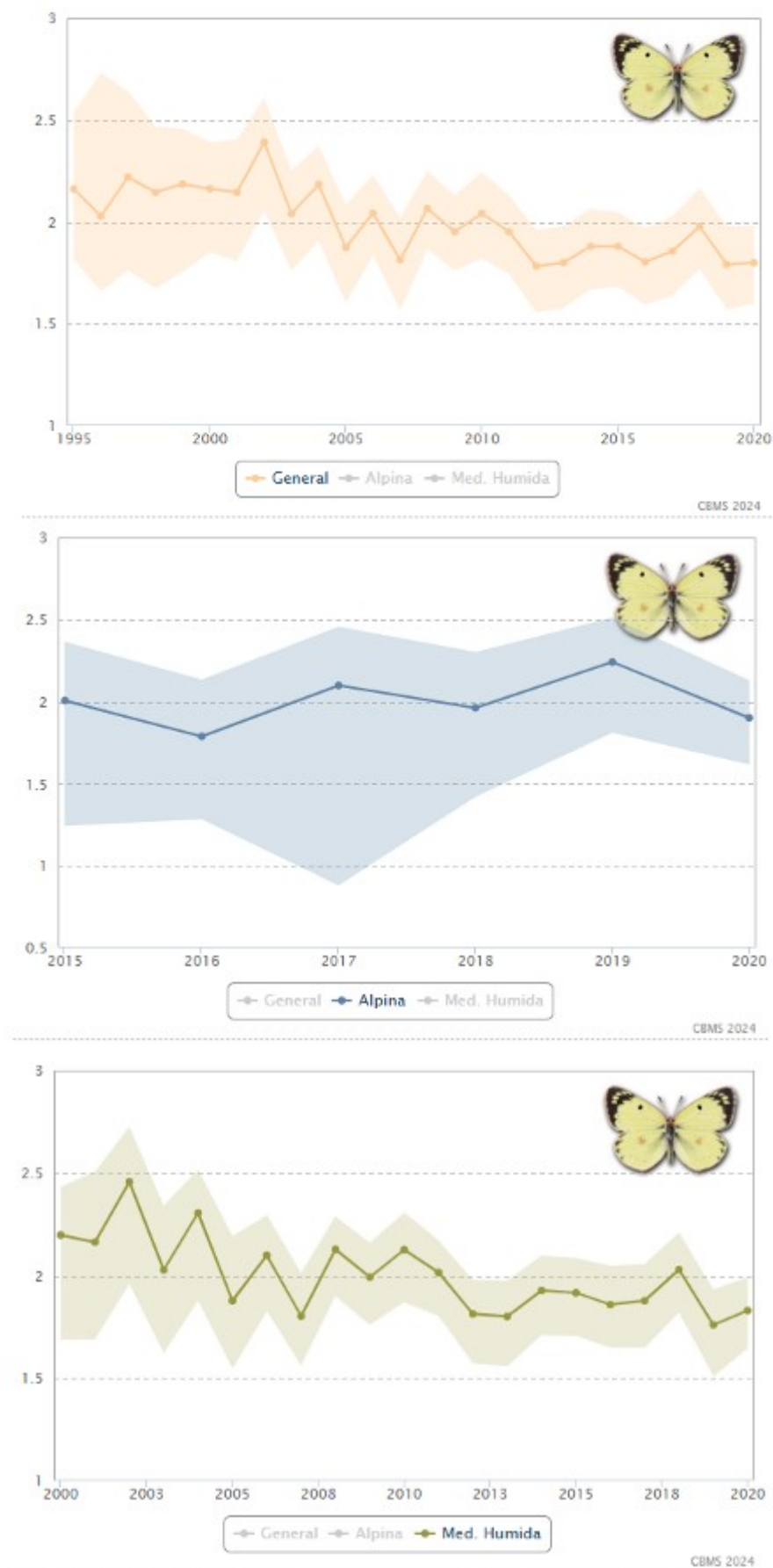
El primer any de la sèrie de l'índex regional s'ha de calcular amb un mínim de tres itineraris.

Els anys posteriors també han de superar aquest mínim o, en cas contrari, no hi pot haver més de dos anys seguits amb dades insuficients.

Quan les sèries temporals queden interrompudes més de dos anys, el primer any de la sèrie passa a ser el que assegura que a partir d'aquell punt no hi haurà discontinuïtats més grans de dos anys.

En el cas de sèries temporals incompletes (en les quals falten dades d'alguns anys), les tendències poblacionals es calculen sempre i quan hi hagi més anys calculats que anys estimats.

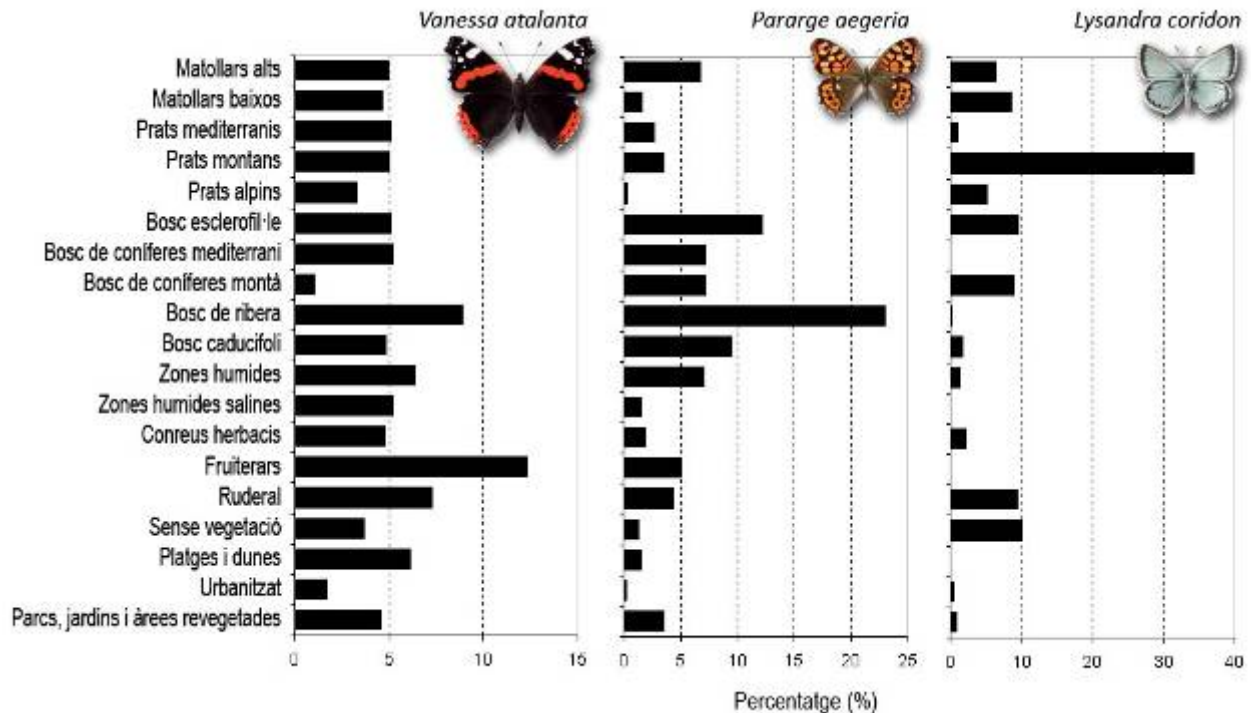
Les tendències poblacionals es calculen per separat per a les tres regions climàtiques definides (vegeu l'apartat Les regions climàtiques) però també per al conjunt de totes les estacions estudiades.



La safranera pàl·lida (*Colias alfacariensis*) es troba actualment en regressió moderada al conjunt de la xarxa CBMS. A nivell de regió climàtica, en canvi, s'observa una regressió moderada a la regió mediterrània humida però no a la regió alpina, on la tendència (disponible per a un nombre d'anys més curt) resta incerta.

Preferències i indicadors d'hàbitat

El CBMS recull informació precisa de l'abundància de les espècies en diferents tipus d'hàbitat, ja que els comptatges es diferencien a nivell de secció dins d'un itinerari. Aquestes dades permeten calcular diversos índexs que detallen les preferències d'una espècie per a cada ambient i que, després, formen la base per al càlcul dels indicadors multispecífics d'hàbitat.



La figura mostra tres espècies ben diferents pel que fa les seves preferències d'hàbitat. L'atalanta, *Vanessa atalanta*, és una espècie generalista que trobem indistintament a gairebé a qualsevol tipus d'ambient per la seva gran capacitat dispersiva. La bruna de bosc, *Pararge aegeria*, és una papallona que apareix sobretot en la majoria d'hàbitats de tipus forestal, on és molt ben representada. En canvi, la griseta de muntanya, *Lysandra coridon*, és una espècie especialista dels prats montans de Pirineu i Prepirineu.

L'índex d'especialització d'hàbitat (SSI)

Els comptatges distingeixen entre seccions que estan dominades per comunitats vegetals que es poden assignar a grans tipus d'hàbitats. Això permet explorar quins són els ambients on les poblacions d'una determinada espècie assoleixen les màximes densitats. La caracterització de les comunitats vegetals de les seccions dels itineraris (que es fa segons el codi CORINE), es va iniciar l'any 2000 i es revisa a cada itinerari cada 6 anys. Aquesta informació és essencial per després calcular indicadors d'hàbitat i detectar problemàtiques que afectin el conjunt de la biodiversitat en determinats tipus d'ambients.

Les comunitats vegetals originals classificades segons el codi CORINE s'han agrupat en 19 categories d'hàbitat més àmplies per a establir una classificació útil per a l'estudi dels ropalòcers. Aquestes són:

- Matollars alts
- Matollars baixos
- Prats mediterranis
- Prats montans
- Prats alpins
- Bosc esclerofil·les
- Bosc de coníferes mediterranis
- Bosc de coníferes montans
- Bosc de ribera
- Bosc caducifolis
- Zones humides
- Zones humides salines
- Zones humides de muntanya
- Conreus herbacis
- Fruiterars
- Ruderal
- Sense vegetació
- Platges i dunes
- Urbanitzat
- Parcs, jardins i àrees revegetades

A l'apartat resultats per hàbitat trobareu una descripció detallada de cadascuna de les categories.

La preferència d'una espècie per un hàbitat es calcula a partir de la densitat que presenta en aquest hàbitat al conjunt de la xarxa del CBMS, comparada amb les densitats a la resta dels hàbitats. A efectes gràfics, les densitats per hàbitats es mostren com un percentatge respecte la suma total de densitats als 20 hàbitats definits.

El procés de càlcul és el següent. Primerament s'ha obtingut la densitat mitjana (mitjana anual del nombre d'exemplars en 100 m de transecte) als diferents hàbitats que hi ha en un itinerari concret. Aquesta densitat s'ha calculat a partir de les dades per secció, multiplicant la mitjana de la densitat anual en aquella secció pel percentatge de recobriment dels hàbitats que hi són presents. S'ha establert un llindar de cobertura mínima del 25% d'un tipus d'hàbitat per secció, eliminant així de l'anàlisi hàbitats que són minoritaris i que molt possiblement no expliquen la presència d'una determinada espècie en aquella secció.

En una segona fase, es tenen en compte tots els itineraris on apareix l'espècie, per a fer un càlcul de la seva densitat mitjana en cadascun dels 20 hàbitats en el conjunt de la xarxa del CBMS. En aquest procés s'assigna una densitat de zero en aquells hàbitats on l'espècie no ha aparegut, de manera que finalment les densitats s'expressen en forma percentual per a un total fix de 19 hàbitats.

Aquests valors mostren la distribució de tots els individus d'una espècie detectats al CBMS entre les 19 categories d'hàbitats. Quan una espècie té una preferència molt acusada per un hàbitat concret, la majoria dels exemplars apareixen lligats a aquest hàbitat, mentre que els percentatges d'aparició a la resta dels hàbitats són molt baixos. En canvi, els percentatges de les aparicions queden molt més repartits entre les diferents categories quan una espècie és generalista. Per quantificar aquestes preferències es calcula l'índex d'especialització d'hàbitats (SSI), com el coeficient de variació ($CV = \text{desviació estàndard/mitjana}$) de la distribució de les densitats (expressades en percentatge) en els 20 hàbitats. Quan més especialista és una espècie, més heterogènia és la distribució de les densitats i més alt és el SSI. Contràriament, les espècies generalistes tenen densitats similars entre molts hàbitats i, per tant, el seu SSI és baix. Posteriorment, per a les fitxes de les espècies, s'han reescalat els valors per obtenir visualment un nombre categòric on assignar l'espècie. Aquesta va de l'1 (les més generalistes) al 10 (les més especialistes).

Els càlculs de preferències d'hàbitat i l'índex SSI només s'han dut a terme per a aquelles espècies que apareixen en un mínim de 5 itineraris. Així mateix, no s'han tingut en compte les dades d'una espècie en un tipus d'hàbitat determinat quan aquest hàbitat només apareix en un sol itinerari. Amb aquests llindars s'aconsegueix reduir les associacions poc realistes entre espècies de papallones i determinats hàbitats. Tot i així, cal tenir en compte que els valors de preferència d'hàbitat encara poden presentar biaixos deguts a la mida de la mostra emprada i a característiques particulars de les dades del CBMS (p. ex. concentracions en abeuradors, comportament d'encimballament, etc.), i trobar així abundàncies inusuals d'una espècie per motius aliens a l'hàbitat. La qualitat de les dades augmenta, doncs, a mesura que les sèries temporals dels itineraris són més llargues, i quantes més estacions hi ha disponibles per a una determinada espècie.

Índex Tancat – Obert (TAO)

L'índex TAO situa el conjunt d'espècies que apareixen a la xarxa en un gradient de preferència per hàbitats més tancats o oberts. El valor atorgat a cada espècie se situa en un rang de valors pròxims al -1 per a les espècies amb preferència d'hàbitats tancats i amb valors més pròxims a l'1 per a la preferència per hàbitats oberts (Ubach et al., 2020).

Per a calcular-lo, es realitza primer de tot una classificació binària de totes les comunitats vegetals representades a la xarxa segons si són obertes, a les quals s'assigna el valor de 1, o tancades, a les quals s'assigna el valor de -1. Seguidament, per a cada secció es calcula un valor final multiplicant els percentatges de cobertura de les comunitats vegetals presents pel valor binari que els correspon (-1 o +1). Les seccions que tenen un valor final positiu es consideren obertes, mentre que les que tenen un número final negatiu es consideren tancades. Per tal d'evitar el problema de què seccions amb valors molt pròxims al 0 es classifiquin com obertes o tancades essent un entremig de les dues situacions, hem aplicat un filtre: només s'han considerat aquelles seccions en què el valor final és $\geq |0.1|$. Per tant, s'han descartat les seccions amb valors compresos en el rang (-0.1, 0.1).

Un cop feta la reclasseficació de totes les seccions en obertes o tancades, per a cada itinerari s'han calculat dues mitjanes de densitats de l'espècie: una en el conjunt de les seccions obertes (Dobert), i l'altra en el de les seccions tancades (Dtancat). L'índex TAO es calcula aleshores a partir d'aquests dues mitjanes segons la fórmula desenvolupada per Suggitt et al. (2012).

$$I_{TAO} = \frac{2 \times D_{obert}}{D_{obert} + D_{tancat}} - 1$$

El valor final de l'índex TAO d'una espècie és la mitjana dels índexs TAO obtinguts en cadascun dels itineraris.

Altres consideracions que s'han tingut en compte per al càlcul inclouen el criteri del mínim de 5 itineraris en els que una espècie ha de ser present (igual que es fa en el càlcul de l'índex SSI i les preferències d'hàbitat).

A la fitxa de les espècies l'índex TAO es reescala atorgant un valor entre 1 i 10, que determina que les espècies amb valors més pròxims a l'1 són aquelles amb preferència per hàbitats més tancats i les més pròximes al 10 les que tenen preferència per hàbitats més oberts.

Altres indicadors d'hàbitat

La informació sobre la preferència d'hàbitat de les espècies es pot utilitzar per desenvolupar indicadors d'hàbitat, que combinen les dades poblacionals d'un grup d'espècies característiques per conèixer el comportament de la biodiversitat en relació amb un cert ambient. Alguns dels indicadors d'hàbitat que es generen amb les dades del CBMS i BMSAnd són l'indicador europeu de papallones de prats, l'indicador dels efectes del tancament forestal i l'indicador d'hàbitats del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya.

Línies de recerca

La base de dades del CBMS s'utilitza per investigar diferents aspectes relacionats amb la biodiversitat i l'ecologia de les papallones. A l'apartat de Publicacions trobareu una llista cronològica completa dels treballs científics que genera el projecte. Seguidament s'exposen molt breument les principals línies de recerca en què es treballa actualment, així com alguns dels articles més destacats.

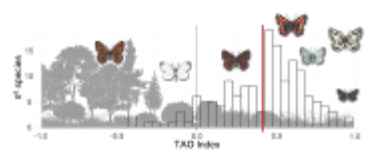
Impacte del canvi climàtic sobre la biodiversitat

Les papallones són organismes idonis per detectar els efectes del canvi climàtic en els nostres ecosistemes perquè (1) com a organismes ectotèrmics tenen cicles biològics molt dependents de la temperatura ambiental; (2) com la majoria dels insectes tenen temps generacionals molt curts, que es manifesten en ràpides respostes en front a canvis en el règim de temperatures i de pluges; (3) l'existència de programes de seguiment permet obtenir informació molt precisa dels períodes de vol i l'abundància de les espècies, i analitzar com varien en relació amb els factors climàtics; (4) existeixen nombroses dades històriques en col·leccions entomològiques que permeten reconstruir canvis en la distribució de les espècies relacionats amb canvis en el clima.



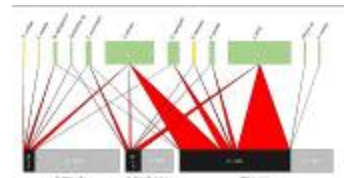
Impacte dels canvis del paisatge sobre la biodiversitat

El canvi global està afectant de forma molt directa els usos del sòl i, per tant, el paisatge que ens envolta. Les papallones responen ràpidament a aquestes alteracions dels hàbitats i, en conseqüència, les dades del CBMS ens indiquen com la modificació del paisatge afecta la biodiversitat, tant a nivell regional com local. Això té implicacions importants en la conservació de la biodiversitat, a través de la gestió dels espais naturals i del territori en general.



Ecologia de les papallones

Des del CBMS es realitzen estudis detallats per aprofundir en l'ecologia i comportament de moltes espècies de papallones. Des de l'inici del projecte s'han establert nombroses col·laboracions amb investigadors que treballen en diferents aspectes, com ara les relacions mutualístiques i antagonistes tenen lloc entre les papallones i les seves plantes nutrícies i els seus depredadors (p. ex. parasitoides).



Biologia de la migradora dels cards, *Vanessa cardui*

El CBMS lidera des de fa molts anys la recerca sobre la migració a gran escala de la papallona migradora dels cards, *Vanessa cardui*, les poblacions de la qual anualment realitzen un espectacular moviment entre els continents africà i europeu.



Conservació i espècies amenaçades

Al MCNG es treballa en projectes de conservació de papallones amenaçades a Catalunya, per conèixer millor el seu estat poblacional i les mesures que cal implementar per afavorir-les. L'àrea de lepidòpters col·labora amb diferents entitats del territori per efectuar accions concretes en benefici de les papallones i els hàbitats a partir de mesures de gestió.



Revisions de col·leccions faunístiques i història natural

Al MCNG hi ha un reservori important de col·leccions entomològiques de diferents punts del territori català, especialment de la zona del Montseny. Aquestes col·leccions es van elaborar majoritàriament al llarg del segle passat i serveixen com a eina per al coneixement de la distribució de les espècies al passat, necessari per a entendre l'estat i les problemàtiques de les espècies al present.



Hem confeccionat aquest document sobre el Catalan Butterfly Monitoring Scheme amb les informacions de la seva web.

Aquest projecte de seguiment de les poblacions de papallones diürnes a Catalunya, les Illes Balears i Andorra és liderat pel Museu de Ciències Naturals de Granollers.

La xarxa catalana del CBMS com a tal va començar a funcionar l'any 1994. Fins el 2024 s'havien recollit dades en 252 itineraris, 175 dels quals durant el 2024.

Concretament hem recollit les informacions generals sobre el projecte, els objectius, la xarxa de col·laboradors, els patrocinadors i els mètodes utilitzats en els censos.