



## Marta Domènech i Ferrés

Enginyera de forests, cap de la unitat de Biòtica del Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra



Marta Domènech i Ferrés

## Montserrat Mases i Coberó

Doctora en geologia i directora del Cenma



Montserrat Mases i Coberó

## El Cenma i el canvi climàtic

*Figura 1.*  
*Algunes línies de recerca del Cenma*

El Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya d'Andorra (Cenma) és un organisme de l'Institut d'Estudis Andorrans; com a tal està integrat dins l'estructura del ministeri del Portaveu del Govern, de Desenvolupament Econòmic, Turisme, Cultura i Universitats. Neix amb la voluntat de fer recerca, sobretot aplicada, en aquells temes que envolten la muntanya tant hivernal com estival. El Centre és el resultat de la unió dels antics Centre de Ciències Naturals de l'Institut d'Estudis Andorrans (IEA); el Centre de Biodiversitat (CBD) i el Centre de Recerca en Ciències de la Terra (Crecit). Fruit d'aquesta unió s'ha format un equip multidisciplinari de persones que permet abastar diverses àrees de les ciències naturals.

Deixant de banda la recerca, el Cenma té un altre objectiu important: la divulgació. En aquest sentit organitza de forma semestral un cicle d'activitats que inclou conferències, tallers, exposicions, sortides de camp, etc., també edita una revista semestral sobre les ciències de la neu i la muntanya, i alhora monografies de caràcter més tècnic i científic. L'objectiu és arribar al màxim de persones possible de la nostra societat i per això les activitats i productes que ofereix el Cenma entorn de la divulgació de la ciència són d'allò més variats, tant en contingut com en nivell de especialització.

|                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Activitats de muntanya</li> <li>• Cartografia</li> <li>• Centralització i servei de dades</li> <li>• Ciències forestals</li> <li>• Climatologia de muntanya</li> <li>• Control de l'erosió</li> <li>• Ecologia</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geologia i geomorfologia</li> <li>• Flora i fauna</li> <li>• Instrumentalització i obtenció de dades</li> <li>• Nivologia</li> <li>• Meteorologia</li> <li>• Riscos naturals</li> <li>• Pastoralisme</li> </ul> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## El Cenma i el canvi climàtic

La nova creació del Cenma implica canvis en les línies de recerca que s'adapten als nous reptes que ens presenta el nostre entorn. En els últims anys, el planeta està experimentant canvis sobtats relacionats amb l'escalfament global però també amb el canvi de l'activitat econòmica i en l'ús del sòl. Totes aquestes transformacions tenen una estreta relació entre elles; moltes s'estan donant a petita escala i tenen conseqüències a escala global, però també passa a l'inrevés. Sens dubte, el canvi més conegut, de més ressò i preocupant actualment és el canvi climàtic (en endavant, CC), i les zones de muntanya semblen un dels espais més compromesos.

Entre els canvis esperats en el clima s'inclou l'augment de les temperatures mitjanes, canvis en el règim de les precipitacions, elevació del nivell del mar, i creixent freqüència i intensitat dels fenòmens climàtics extrems. Aquests són alguns dels efectes publicats en el darrer informe de l'IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) sobre el CC. Des d'aquest punt s'obre un ventall d'enormes incerteses per saber i conèixer com es traduiran aquests efectes sobre la biosfera i per consegüent a totes les activitats humanes. És fàcil entendre la dificultat d'aquesta predicció si amb prou feina coneixem amb exactitud el que està passant actualment. Si ens hi fixem, fins i tot en el camp científic s'està parlant sempre de probabilitats i tendències i molt poques vegades de precisió en les dades.

No obstant això, alguns dels efectes que es poden esperar als Pirineus i per tant al nostre país són: la desaparició d'espècies autòctones (migracions i extincions), la invasió d'espècies al·lòctones, la introducció de noves malalties, plagues i extensió de les presents (per exemple, la processonària del pi, *Thaumetopoea pytiocampa*); en definitiva pel que fa a la biòtica, can-



*Medicions en una de les estacions nivometeorològiques*

vis en la composició, abundància i distribució de les espècies i en la producció dels ecosistemes. També existeixen altres canvis que no tenen a veure amb la biòtica i que són d'especial interès per al país, com el possible desplaçament en altitud de la cota isozero o l'augment de la freqüència i la severitat dels riscos naturals, entre d'altres.

És d'interès general avaluar i estudiar els canvis, ja siguin progressius o sobtats, per poder fer-hi front i mitigar-los en la mesura del possible. Algunes de les propostes que fa el quart informe de l'IPCC davant del CC són: millora del coneixement del medi, monitorització i seguiment del clima, monitorització i seguiment d'estacions biològiques i de bioindicadors, millora del coneixement de la resposta de la biodiversitat als canvis climàtics, millora del coneixement dels impactes a escala regional sobre el medi i de les opcions de reduir i mitigar-los, etc.

Seguint les recomanacions de l'IPCC, el Cenma, des d'inicis del 2008, s'ha endinsat en la recerca sobre el CC i ha iniciat diferents treballs; us en presentem els següents exemples:

- Implantació d'una infraestructura de seguiment del clima. Instal·lació de cinc estacions automàtiques nivometeorològiques que permetran fer un seguiment del clima i alhora iniciar estudis de patrons climàtics a escala sinòptica i a mesoescala; també de recerca de patrons sinòptics que generen risc (allaus, avingudes torrencials, incendis forestals...). Aquestes estacions tanmateix ens ajudaran a monitoritzar estacions de control biològic. En aquest sentit s'instal·laran estacions de control biològic d'alta muntanya per fer un seguiment de la flora i de les variables ambientals. Aquest estudi respon a la necessitat de conèixer l'evolució de l'ecologia del conjunt d'espècies que viuen en ambients més sensibles als canvis ambientals, com són les comunitats quionòfi-

les o les comunitats de pi negre (*Pinus uncinata*) situades a la *timberline* (interfície entre el bosc i les pastures supraforestals).

- Estudi dels riscos naturals del país, com és el cas dels incendis forestals. Davant l'abandonament dels boscos els últims anys, que comporta la consegüent densificació i continuïtat de la massa forestal i la possibilitat d'augmentar els períodes de sequera acumulada, fa que el risc d'incendi sigui major. Per aquesta raó estem iniciant el que serà el mapa de risc diari d'incendis forestals d'Andorra.
- Avaluació i increment dels recursos hídrics en zones de muntanya a partir de dipòsits provocats a partir del transport de la neu pel vent. L'aigua és un bé escàs i cal estudiar noves possibilitats per optimitzar-ne l'aprofitament.
- Estudi de les forests de protecció nival d'Andorra: cartografia, estructura i estabilitat de la forest. Els boscos de protecció són molt importants per al país, ja que ens protegeixen del fenomen de les allaus i a més estabilitzen el mantell edàfic.
- Cartografia de les zones d'erosió activa d'Andorra. A partir de la cartografia es detectaran les zones més problemàtiques que podran ser objecte de seguiment i estudi i alhora servir de base per la seva gestió.
- Monitorització i seguiment de la lepidofauna d'Andorra. Aquesta línia de recerca implica l'estudi i el seguiment d'estacions on es fan inventaris de ropalòcers (papallones diürnes).
- Elaboració de catàlegs de flora i fauna i avaluació de les categories d'amenaça de les espècies segons criteris de la IUCN (Unió Internacional de Conservació de la Natura). L'estat de conservació de les espècies és molt important a l'hora de conèixer l'estat de conservació dels hàbitats i viceversa, però també ens serveix de punt de partida per avaluar canvis futurs.

És evident que l'estudi del CC és la base del seu coneixement, però també és important poder comparar els mètodes i resultats dels treballs en altres zones geogràfiques i formar part de grups d'estudi més amplis. És en aquest sentit que en l'actualitat dos membres del Cenma formen part del Grup d'Experts en Canvi Climàtic a Catalunya (Geccc).

A part de tots aquest treballs seguim amb la tasca de divulgació per conscienciar la societat del paper que juguen els nostres ecosistemes en la conservació del planeta, conèixer les diferents parts que formen l'entrellat de la natura per entendre aspectes sobre el medi que ens envolta.

En aquesta xerrada ens centrarem a explicar només un dels nostres projectes que desenvolupem relacionats amb el CC (*projecte BMSAnd*), ja que és el que fa més anys que està en funcionament; explicar-los tots seria massa extens. Aquest es troba inclòs en la línia de recerca de biodiversitat i CC. Permeteu que abans fem un breu sobre la relació entre biodiversitat i CC.

### **Biodiversitat i canvi climàtic**

Primer de tot, i per enquadrar el tema, és important definir la importància de la biodiversitat<sup>1</sup>, els impactes del CC sobre la biodiversitat i alhora els impactes de la pèrdua de biodiversitat sobre el CC.

La biodiversitat per si mateixa té un valor intrínsec al marge dels interessos humans. Alhora representa un reguitzell de béns i serveis essencials per a la supervivència humana (aliments, aigua i aire net, energia, pol·linització...).

Sense tenir en compte el CC, actualment, i de fet ja fa uns anys, que la humanitat està exercint pressió sobre la biodiversitat.

Els impactes del CC sobre la biodiversitat són molts i variats. Esdevenen in comptables els aspectes de la biodiversitat que queden alterats en canviar les condi-

cions del medi circumdant, com pot ser la temperatura, la distribució dels dies de pluja, la insolació, l'alteració del règim i intensitat dels incendis, de les plaques, de les allaus i un llarg etcètera.

Hi ha sistemes i espècies més vulnerables que la resta, són aquells i aquelles que s'espera que s'adaptin menys al canvi. Aquestes espècies, comunitats i hàbitats més sensibles són els que hauran de ser prioritaris en l'ordre d'estudi i seguiment. Per exemple: espècies amb un rang ambiental determinat i molt limitat de distribució (moltes pertanyen a reserves naturals d'alt valor biològic i alta sensibilitat i vulnerabilitat), o bé espècies que no es poden desplaçar (perquè no tenen les característiques suficients biològiques per fer-ho o bé perquè tenen barreres que ho impedeixen) o bé espècies molt sensibles al canvis ambientals (espècies bioindicadores) etcètera. Més endavant farem al·lusió a algunes d'aquestes espècies i en el cas particular d'Andorra.

Fent la volta a la truita, és evident que els canvis produïts en els ecosistemes per extensió poden produir desajustaments que alterin el clima mundial i regional. Aquests canvis biòtics generalment poden tenir un origen doble: alteracions humanes i CC. Esmentem alguns exemples de canvis en els ecosistemes que produeixen canvis en el clima planetari, per exemple: alteració de l'albedo, deforestació (implica, entre altres, disminució de l'evapotranspiració<sup>2</sup>), etcètera. Així, el funcionament de totes les parts de la terra (biosfera, criosfera, geosfera, atmosfera...) estan interrelacionades i formen un entrellat de causes-efectes complex que dificulta la previsió i que emfatitza la necessitat de control i d'estudi de la biodiversitat i el CC.

Tal com s'ha dit anteriorment, la modelització dels camins de resposta de les espècies a les variables climàtiques és clau per estudiar la relació entre biodiversitat i CC. Aquest és un dels objectius del projecte

BMSAnd que seguidament us expliquem.

### **El BMSAnd: programa de seguiment de papallones diürnes d'Andorra**

Els inicis de la metodologia BMS daten dels anys setanta, a Anglaterra. Els estudiosos i naturalistes de l'època es van adonar que les papallones diürnes d'Europa eren cada cop més escasses. Va ser aleshores quan es van plantejar idear un mètode que els permetés traure aquesta sensació en fets contrastables. Van elaborar el *Butterfly Monitoring Scheme* (BMS), el seguiment de papallones que permet valorar objectivament les poblacions de papallones de forma senzilla però amb rigor científic. A partir de llavors diversos països i regions l'han posat en pràctica (Catalunya, Holanda, Bèlgica, Finlàndia...).

És evident la importància que té l'estudi dels éssers vius per si mateix, però l'estudi de les papallones ens permet anar més enllà. Per què? Doncs perquè les papallones diürnes són excel·lents bioindicadors<sup>3</sup> i això les fa encara més interessants (per exemple, són animals poiquiloterms<sup>4</sup> i són molt fràgils a canvis de temperatura). A més les papallones tenen una sèrie de característiques que les fan molt properes al públic en general (populars, relativament fàcils d'identificar...), fet que es tradueix a facilitar-ne l'estudi per persones no especialitzades en l'entomologia.

Els objectius del BMSAnd són els següents:

- Proporcionar informació de les fluctuacions que experimenten les poblacions de papallones diürnes i detectar les tendències que podrien afectar l'estatus d'una determinada espècie.
- Estudiar la relació de les papallones amb les variables ambientals i amb el CC.
- Monitorar els canvis en una localitat concreta i determinar l'impacte dels factors locals sobre les poblacions de papallones.



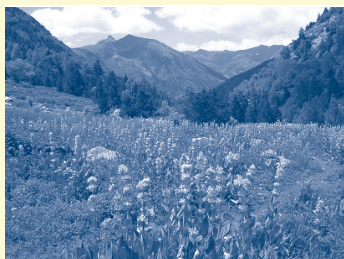
*Itinerari d'Enclar.*

- Confirmar la presència de determinades espècies de papallones diürnes al país.
- Aportar noves dades sobre la biodiversitat d'Andorra.

La metodologia del BMS consisteix a realitzar itineraris al camp i fer comptatges d'exemplars adults de ropalòcers (vegeu [www.bmsand.ad](http://www.bmsand.ad)). L'itinerari està dividit en diferents seccions en funció dels hàbitats.

Aquest itinerari es recorre un cop per setmana durant trenta setmanes a l'any, que van des de l'1 de març fins al 30 de setembre. Aquest projecte té un valor afegit; la participació social. La metodologia està dissenyada perquè qualsevol persona pugui realitzar-la amb una mica de pràctica i esforç. Així les persones que realitzen els inventaris són col·laboradors, que *a priori* no són especialistes en la matèria i que a força de temps esdevenen imprescindibles per a l'estudi.

Actualment existeixen set itineraris BMS en funcionament a Andorra. Per triar-ne la ubicació s'han prioritzat aquelles zones les quals tenien un valor biològic especial, com els parc naturals o els vedats de caça; també situar-ne algun en els *Prime Butterfly Areas*, és a dir les zones definides per Andorra que tenen un cert interès per les papallones (Stefanescu i Dantart a Van Swaay et al., 2003) i sempre tenint en compte representar les diferents influències climàtiques i grans hàbitats del país. En altres ocasions simplement els itineraris es disposen a prop a les zones on viuen els col·laboradors per facilitar-los la presa de dades.



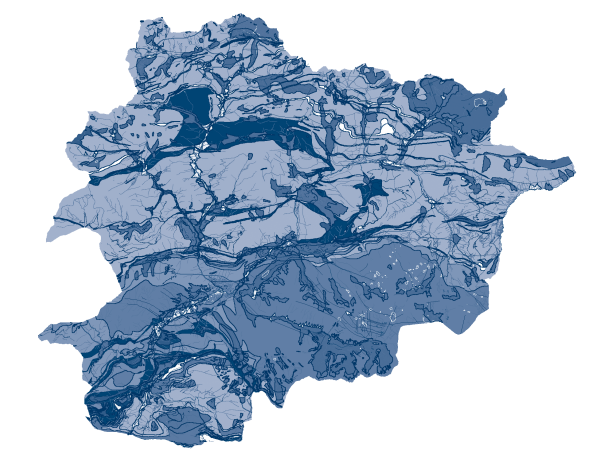
*Itinerari de Sorteny.*

Taula 1.  
Llista dels itineraris que estan  
en funcionament a Andorra i  
les seves característiques.

| Localitat itinerari          | Parròquia          | Col·laboradors                                                            | Característiques                                                                  |
|------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Parc natural de Sorteny      | Ordino             | Servei de guies del Parc natural de Sorteny (Carles Mújica i Josep Palau) | Estatge subalpí, pastures, molleres i bosc de pi negre                            |
| Camí de Sant Vicenç d'Enclar | Andorra la Vella   | Cenma                                                                     | Estatge montà, rouredes, carrascar, bosc de planifolis, prats i horts             |
| Camí de Fontaneda            | St. Julià de Lòria | Ann Matschke                                                              | Estatge submediterrani, carrascar                                                 |
| Camí del rec de l'Obac       | Andorra la Vella   | Centre Andorra Sostenible (Meritxell Saldes)                              | Estatge montà, rouredes amb boix                                                  |
| Parc natural del Comapedrosa | La Massana         | Jordi Nicolau                                                             | Estatge subalpí, pinedes de pi negre i pi roig, avetoses i boscos de planifolis   |
| Grau-Roig Pessons            | Encamp             | Cenma                                                                     | Estatge subalpí i alpí, pinedes de pi negre, prats, pastures, tarteres i molleres |
| Camí del Solà                | Andorra la Vella   | Eric Sylvestre                                                            | Estatge montà, carrascar, prats i horts                                           |

Cada itinerari es troba dividit en seccions. Cada secció té un hàbitat diferent a la secció contigua.

Figura 2.  
Itineraris actuals, itineraris  
que es proposen per al futur,  
espais protegits i zones d'in-  
terès de ropalòcers (Prime  
Butterfly Areas: PBA).



Cada any s'obtenen les llistes i les localitzacions de totes les espècies trobades i els valors de diversitat i abundància en cada secció. Totes aquestes dades es creuen amb les variables ambientals (climàtiques, canvis en l'ús del sòl, impactes antròpics...) del llarg de la temporada i se n'extreuen els resultats.

D'aquest projecte esperem obtenir dades que ens ajudin a preveure algunes de les respostes biològiques al canvi climàtic, als canvis en l'ús del sòl i també avaluar la influència que tenen determinades activitats humanes que causen impactes en el medi. Per poder concloure resultats determinants calen anys de seguiment, i a Andorra la implantació de la xarxa de seguiment encara és recent. De moment es poden observar relacions directes entre la fenologia de les papallones amb el clima anual. Properament publicarem alguns resultats.

La xarxa catalana de seguiment de papallones diürnes (CBMS) ja té més de dotze anys de seguiment. Els resultats són sumament interessants. S'han trobat relacions directes entre l'augment de les temperatures i l'inici del vol d'alguns ropalòcers (entre altres aspectes fenològics que s'avancen amb l'augment de temperatures). Alguns d'aquests resultats es troben publicats en articles de revistes d'impacte, com ara:

- Stefanescu, C.; Peñuelas, J. et al. (2003). "The effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin." *Global Change Biology*, 9, 1494-1506 pp.
- Parmesan et al. (1999). "Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming". *Nature*, 399, 579-583 pp.

Esperem que la perseverança d'aquest estudi permeti obtenir resultats interessants per contribuir a millorar el coneixement sobre el CC i la resposta dels éssers vius.

De moment, i com a conclusió final, apuntem uns

## Bibliografia

- Dantart, J., 2004. Diversitat de papallones diürnes d'Andorra. *Hàbitats*, 8: 20-33.
- Dantart, J i Jubany, J., 2005. El Butterfly Monitoring Scheme d'Andorra. Centre de Biodiversitat, ed. Document intern del Centre de Biodiversitat de l'Institut d'Estudis Andorrans.
- Dennis, R.L.H., 1993. *Butterflies and climate change*. 302 pp. Manchester University Press, Manchester.
- Karsholt, O. i Razowski, J., 1996. *The lepidoptera of Europe. A distributional Checklist*. Apollo Books. Stenstrup.
- Kremen, C., 1992. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecol. Appl.*, 2(2): 203-217.
- Kudrna, O., 1986. *Butterflies of Europe*, 8. *Aspects of the conservation of butterflies in Europe*. 323 pp. Aula Verlag, Wiesbaden.
- New, T. R., 1991. *Butterfly conservation*. 224 pp. Oxford University Press, Melbourne.
- Oostermeijer, J. G. B. i Van Swaay, C. A. M., 1998. The relationship between butterflies and environmental indicator values: a tool for conservation in a changing landscape. *Biol. Conserv.*, 86: 271-280.
- Pollard, E., 1988. Temperature, rainfall and butterfly numbers. *J. Appl. Ecol.*, 25: 819-828.
- Pollard, E. i Yates, T.J., 1993. *Monitoring butterflies for ecology and conservation*. 256 pp. Chapman & Hall, London.
- quants aspectes que cal tenir en compte pel que fa a les papallones i al CC i que ja coneixem actualment amb les dades de què disposem. Apuntem que:
- Alguns dels hàbitats de papallones a Andorra són fràgils i en seria recomanable el seguiment i estudi. En són un exemple els prats de dall i prats humits vora els rius, hàbitats que s'estan perdent. Dues espècies de papallones exclusives d'aquests hàbitats són: *Boloria eunomia* i *Lycaena hippothoe*. Altres hàbitats sensibles són aquells en els quals es troben espècies de plantes que són l'única planta nutrícia d'alguna papallona poc abundant, com és el cas de la papallona *Aricia morronensis*, que s'alimenta d'una planta anomenada *Erodium foetidum* ssp. *Glandulosum*, que es troba únicament a les crestes de roca calcària assolellades (prop del poble d'Ordino).
  - Les espècies la distribució de les quals es troba restringida al cims muntanyosos es veuran amenaçades (per exemple *Erebia gorge*, *Erebia gorgone*, *Pontia callidice*, *Plebejus glandon*, *Polyommatus eros*, *Euphydryas aurinia debilis*...). L'augment de temperatures podria propiciar una migració en altitud d'algunes d'aquestes espècies sense que trobin més espai en alçada.
  - Es pot esperar una entrada de noves espècies que actualment té una distribució més meridional. Igualment un augment de l'abundància de les existents, com podria ser el cas de la papallona *Zerynthia rumina*. L'entrada d'espècies noves suposa un procés d'adaptació de la biòtica actual i de vegades pot suposar un desplaçament de les espècies existents.
  - La rapidesa del canvi climàtic i la genètica de les poblacions seran determinants en l'evolució de les poblacions de papallones.
  - Calen més estudis i dur a terme seguiments de mitja i/o llarga durada per tal de fer prediccions més acurades.

rades. Aquests estudis han de permetre fer-se una idea del que els pot passar a altres grups taxonòmics de similars característiques.

## Agraïments

Volem agrair a totes les persones que d'una manera o una altra ens faciliten informació i ens donen suport per contribuir a l'estudi del medi. De manera molt especial donem les gràcies als col·laboradors i col·laboradores del projecte BMSAnd (Josep Palau, Carles Mújica, Ann Matschke, Meritxell Saldes, Eric Sylvestre, Jordi Nicolau i Jordi Dalmau). No ens cansarem de dir que sense ells aquest projecte seria totalment impossible de dur a terme i que la seva feina és molt valuosa. També un agraïment al *Catalan Butterfly Monitoring Scheme* i a la Societat Catalana de Lepidopterologia, en especial a Jordi Jubany i a Jordi Dantart.

---

Stefanescu, C., 2000. El Butterfly Monitoring Scheme a Catalunya: los primeros cinco años. *Treballs de la Societat Catalana de Lepidopterologia*, 15: 5-48.

Van Swaay, C.A.M. i Warren, M.S., ed. (2003). Prime Butterfly Areas in Europe: Priority sites for conservation. National Reference Centre for Agriculture, Nature and Fisheries, Ministry of Agriculture, Nature and Management and Fisheries, The Netherlands.

---

## Notes

1- Entenem biodiversitat com la referida a les espècies, als hàbitats i als gens.

2- Aproximadament el 50% de la precipitació que cau a la conca amazònica s'origina per la seva pròpia evapotranspiració.

3- Són bioindicadors tots aquells éssers vius molt sensibles als canvis ambientals i per tant poden indicar quina és la qualitat dels ecosistemes i també la del planeta Terra.

4- Significa que la seva temperatura corporal depèn de l'ambient i no tenen capacitat d'autorregular-la com podem fer els mamífers o les aus.