

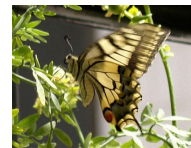
# Papallones i canvi climàtic



# Índex

<b>Apartats</b>	<b>Pàgines</b>
<b>1. Introducció</b>	<b>1 - 2</b>
<b>2. Abstract</b>	<b>2</b>
<b>3. El canvi climàtic</b>	<b>3 - 15</b>
<b>3.1. Causes</b>	<b>3 - 11</b>
• <b>Gasos atmosfèrics</b>	<b>3 - 8</b>
- <b>Paper del cicle del carboni: regulació del CO<sub>2</sub> al nostre planeta</b>	<b>6 - 8</b>
• <b>Variacions orbitàries</b>	<b>8 - 9</b>
• <b>Erupcions volcàniques</b>	<b>9</b>
• <b>Variacions solars</b>	<b>10</b>
• <b>Circulació d'oceans</b>	<b>10</b>
• <b>Canvis antropogènics</b>	<b>11</b>
• <b>Canvis en el magnetisme terrestre</b>	<b>11</b>
<b>3.2. Com es mesura</b>	<b>11 - 12</b>
<b>3.3. Efectes generals</b>	<b>13 - 15</b>

<b>4. El canvi climàtic i l'efecte que té en les papallones</b>	<b>16 - 25</b>
<b>4.1. Les papallones com a organismes bioindicadors</b>	<b>16 - 17</b>
<b>4.2. La influència del clima en les papallones</b>	<b>17 - 19</b>
<b>4.3 Respostes de les papallones al canvi climàtic</b>	<b>20 - 25</b>
- Canvis en la fenologia	20 - 22
- Canvis en la distribució de les espècies	22 - 25
<b>5. Part pràctica</b>	<b>26 - 30</b>
<b>5. 1. El projecte CBMS</b>	<b>26 - 29</b>
- Aspectes a tenir en compte	28 - 29
<b>5.2. Observació del cicle biològic de les papallones</b>	<b>29 - 30</b>
<b>6. Conclusions</b>	<b>31 - 32</b>
<b>7. Bibliografia (pàgines web i llibres)</b>	<b>33 - 34</b>



## **1. INTRODUCCIÓ**

Aquest treball el vaig fer amb la intenció d'esbrinar els canvis que s'han produït en les papallones, pel que fa a distribució de les espècies i les alteracions en el seu cicle biològic.

El canvi climàtic és un tema del qual se'n parla molt en aquests moments. És un fenomen preocupant, ja que s'està produint cada vegada amb una major velocitat, i la principal causa som nosaltres, els humans. Em sorprèn que quasi bé sempre que es parla d'espècies que es veuen afectades pel canvi climàtic, només es fa referència a mamífers (com l'ós polar, la guineu àrtica, les foques i molts altres) i, en canvi, no s'esmenten altres éssers vius, tals com els insectes, que se'n veuen també greument afectats.

El cert és que sembla ser que no és té consciència d'aquest aspecte, fet que és bastant preocupant, puix que els insectes són una comunitat important, amb molta diversitat, i es veuen molt marcats pel clima.

En el meu cas, m'agrada estar en contacte amb la natura i és des de sempre que m'han captivat les papallones. Per això volia investigar quin impacte tenia el canvi climàtic en les papallones. Tinc unes plantes de ruda, una de les plantes nutrícies de la *Papilio machaon*, i cada any vénen papallones d'aquesta espècie a posar-hi els ous. Així que, des de sempre he vist de primera mà la metamorfosi que duen a terme, un procés fascinant.

També cal remarcar que a Anglaterra se'ls dóna molta més importància a les papallones que a aquí, a Catalunya. Fins i tot es podria parlar d'una obsessió; van ser els anglesos els que van dur a terme un projecte (el BMS, Butterfly Monitoring Scheme), per a saber les oscil·lacions (d'abundància, de repartició...) que patien les espècies de papallones i les seves causes, és a dir, es volia aconseguir relacionar els canvis produïts amb diferents factors ambientals. Aquest projecte va ser dut a terme llavors a Catalunya, anomenant-lo CBMS, i tenia els mateixos objectius que el BMS britànic.



Bàsicament, m'he basat en establir connexions entre tots els canvis esdevinguts en l'àmbit de les papallones i les seves possibles causes. És molt difícil fer prediccions sobre les possibles futures conseqüències, ja que el futur és incert, però sí que es poden fer raonaments científics, els quals tinguin sentit i siguin acceptables.

## **2. ABSTRACT**

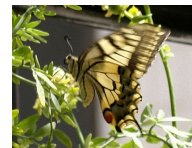
In this project I have carried out a research on the extent of the impact of climate change on butterflies. Insects are very vulnerable to climate, so it could be said that they are the first to feel it and to suffer its consequences.

I have made a summary of the principal causes and consequences of climate change. However, the consequences are mostly focused on the effects produced on the trophic chain butterflies take part in.

Since there have been changes in the population of butterflies over the past few years, I have taken part into recounts led by the CBMS (Catalan Butterfly Monitoring Scheme) project. This project has been undertaken every year from March to September (30 weeks approximately) since 1994. It has recorded a lot of important information that can be used to figure out the possibles effects of climate change on butterflies. Certainly, my project is based on its results, the change in the numbers of butterflies, which can have an explanation related to climate change.

Butterflies are a very important element in the food chain; they are primary consumers (herbivores) and they are an important source of food for secondary consumers (predators and parasitoids) as well. In the form of a caterpillar, they are persecuted by many animals too, like birds, which hunt them in order to feed their brood. Consequently, if there is a drop in the population of these living beings, it can affect some other organisms.

I have also observed the vital cycle of a butterfly, in particular, the *Papilio Machaon's* biological cycle. All I really want to say is that a butterfly's metamorphosis is a very complicated process. Actually, I have only been able to appreciate this process externally, but I am sure it would be an enjoyable experience to be able to watch the changes undergone in their internal structure when they are in the stage of pupa.



### **3. EL CANVI CLIMÀTIC**

El canvi climàtic és, avui en dia, un tema de gran importància, ja que ens afecta a tots, tant a nosaltres, els humans, com a la resta d'organismes. Cal dir, que aquest és un fenomen que ha anat succeint al llarg de la història del nostre planeta, però la veritat és que els humans l'estem accelerant a causa dels gasos produïts en les indústries. Aquests gasos, que es troben sobre la superfície de la Terra, retenen la calor (energia) a l'atmosfera i no la reflecteixen cap a l'espai, fet que fa augmentar la temperatura de la Terra. Aquest fenomen és conegut amb el nom d'efecte hivernacle, que seria una de les causes del canvi climàtic.

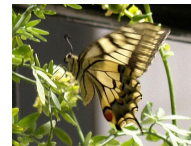
El canvi climàtic és un fenomen que comporta la variació global del clima de la Terra, com bé diu el seu nom. S'experimentarien canvis en els paràmetres climàtics següents: temperatura, precipitacions, vents i nuvolositat. Aquests canvis són provocats per causes naturals i per les activitats humanes, que van començar a prendre força a partir del període de la Revolució Industrial.

#### **3.1. CAUSES**

- **GASOS ATMOSFÈRICS**

El canvi climàtic és produït, a grans trets per: certs gasos atmosfèrics (tals com el **diòxid de carboni** (CO<sub>2</sub>), el **metà** (CH<sub>4</sub>), l'**òxid de nitrogen** (N<sub>2</sub>O), el **vapor d'aigua**, l'**ozó** (O<sub>3</sub>), l'hexafluorur de sofre (SF<sub>6</sub>) i els **halocarbons**: els hidrofluorocarburs (HFC), els perfluorocarburs (PFC)), variacions orbitàries, variacions solars i la circulació d'oceans.

Els gasos atmosfèrics anomenats prèviament, són capaços de retenir la calor a prop de la superfície terrestre. A mesura que augmenten a l'atmosfera, la calor que retenen contribueix a l'escalfament global, que, al seu torn, influeix en el sistema climàtic de la Terra, per tant, al canvi climàtic. El **CO<sub>2</sub>** té un paper crucial en el manteniment de l'equilibri necessari per tot tipus de vida; és un producte residual dels combustibles fòssils.



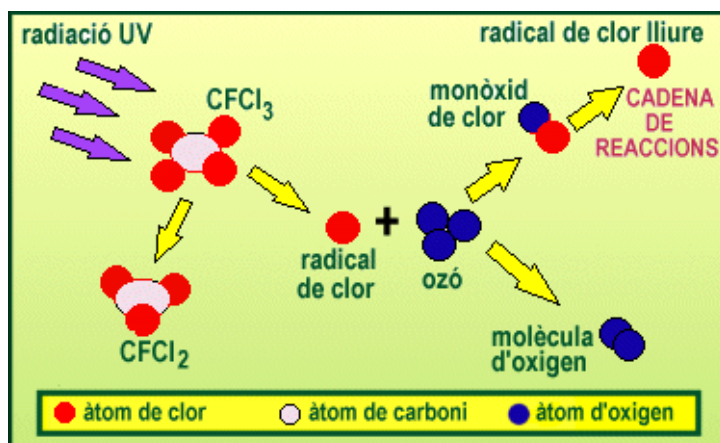
L'atmosfera regula la temperatura del nostre planeta. El Sol s'ha tornat més intens amb el temps. La intensitat dels seus raigs ha augmentat un 30%, tot i que la temperatura de la superfície del nostre planeta s'ha mantingut relativament constant. L'atmosfera està composta, principalment, per nitrogen (78%), oxigen (20,9 %) i argó (0,9 %). Aquests tres gasos formen quasi tot l'aire que respirem (més del 95,95 %), i la seva capacitat per retenir aigua depèn de la seva temperatura.

Però són els gasos que formen aquell 0,05% restant els quals són vitals per a la vida en aquest planeta. D'entre aquests destaca l'**ozó** ( $O_3$ ), cada molècula està composta per tres àtoms d'oxigen, el qual forma la **capa d'ozó**, que té una funció de protecció: absorbeix la radiació ultraviolada provinent del Sol, que és perjudicial per a la salut humana (danys en la pell, els ulls i el sistema immunitari) i per a la vida vegetal animal.



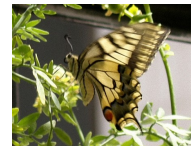
Fig. 1: situació de les capes de l'atmosfera terrestre

La contaminació atmosfèrica provoca el debilitament de la capa d'ozó, que es troba



aproximadament dels 20 als 40 km d'altitud. La destrucció de la capa d'ozó es deu al clor atmosfèric provinent dels gasos CFC; els gasos CFC, a l'arribar a l'estratosfera, són dissociats per la radiació UV, i es forma el clor lliure, el qual reacciona amb l'ozó, destruint-lo (reaccions de la imatge de l'esquerra).

Fig. 2: reaccions en cadena a l'atmosfera



Aquest fet comporta un augment de la radiació violeta que arriba a la superfície de la Terra. La radiació ultravioleta té un efecte directe sobre les molècules fonamentals per a la vida: desnaturalitza proteïnes, pigments fotosintètics i DNA, i altera les bases i els enllaços d'aquest DNA, impedit, així, la seva replicació o causant efectes mutàgens (que poden ser de tipus cancerós).

També s'haurien de destacar els gasos amb efecte hivernacle, en concret el **diòxid de carboni**, que és el més abundant. Té un paper molt important a l'hora d'impedir que la Terra es congeli i, degut a la seva escassetat, que s'escalfi considerablement. Aquests gasos d'efecte hivernacle són escassos, però el seu impacte és enorme: al retenir la calor que hi ha a prop de l'atmosfera, escalfen la Terra i això explica que el gradient<sup>1</sup> de la troposfera vagi "al revés": la seva part inferior és més càlida i es va refredant uns 6,5 °C per cada km vertical viatjat.

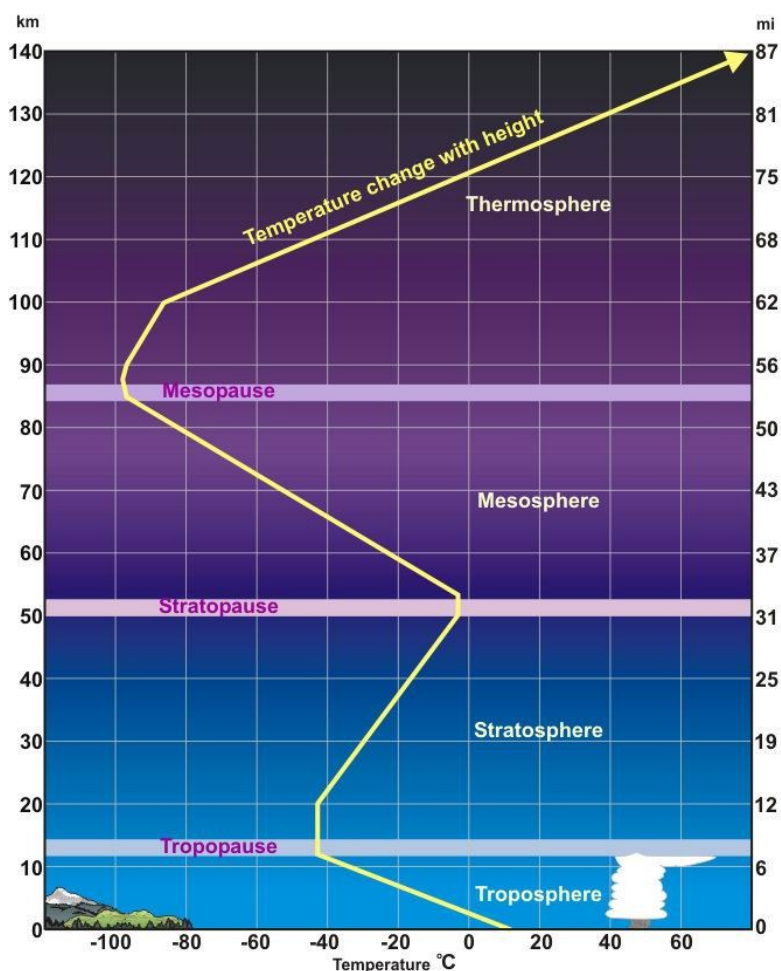


Fig. 3: gradient vertical de l'atmosfera





Es podria dir que el diòxid de carboni actua com a catalitzador del vapor d'aigua: el primer, escalfa l'atmosfera només una mica, permetent l'absorció i la retenció de més humitat (vapor d'aigua), fet que encara escalfa més l'atmosfera. El  $\text{CO}_2$  és la causa d'un 80% de tot l'escalfament global.

El **vapor d'aigua** també és un gas d'efecte hivernacle, però forma núvols, els quals reflecteixen la llum i retenen la calor al mateix temps. Els núvols fins i alts, si retenen més calor que reflexen, tendeixen a escalfar el planeta, en canvi, amb els núvols baixos i espessos passa el contrari.

Després del diòxid de carboni, el gas amb efecte hivernacle més important és el **metà** ( $\text{CH}_4$ ). La seva concentració s'ha doblat durant els últims segles. El metà és setanta vegades més poderós que el  $\text{CO}_2$  a l'hora de retenir calor, tot i que dura menys anys a l'atmosfera. És creat per organismes que viuen en ambients anaerobis (sense oxigen), tals com els termòfils, uns arqueobacteris que es troben en pantans, o bé en zones embassades que contenen grans quantitats de matèria orgànica en descomposició.

L'**òxid de nitrogen** ( $\text{N}_2\text{O}$ ) és 270 vegades més eficaç a l'hora de retenir calor que el  $\text{CO}_2$  i la seva permanència a l'atmosfera és de 150 anys.

Els gasos d'efecte hivernacle més escassos formen part de la família dels halocarbons: **HFC** i els **CFC**. Alguns d'aquests són deu mil vegades més poderosos en retenir l'energia calorífica que el  $\text{CO}_2$ , i poden romandre molts segles en l'atmosfera.

#### - Paper del cicle del carboni: regulació del $\text{CO}_2$ al nostre planeta

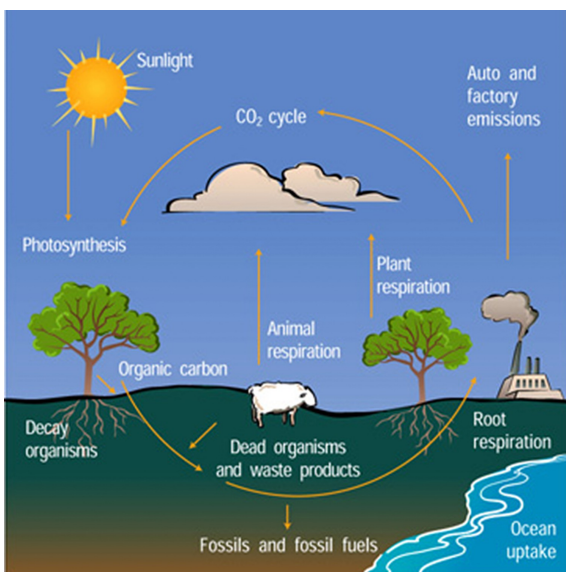


Fig. 4: Esquema del cicle del carboni



De no ser per les plantes, aviat el  $\text{CO}_2$  augmentaria exponencialment i ens quedariem sense oxigen.

Els productors capten el carboni en forma de  $\text{CO}_2$  i l'incorporen a la seva biomassa com a matèria orgànica (generalment com a glúcid), i també alliberen  $\text{O}_2$ , per mitjà de la fotosíntesi. Els consumidors incorporen el carboni quan s'alimenten dels productors i els descomponedors l'incorporen quan metabolitzen les restes vegetals, els cadàvers i els productes de rebuig dels animals.

Els processos respiratoris dels productors, els consumidors i els descomponedors retornen la major part del carboni incorporat en forma de  $\text{CO}_2$ . Si les restes orgàniques queden acumulades en condicions anaeròbiques (sense oxigen, perquè han quedat enterrades i cobertes d'aigua) es carbonitzen: augmenten la proporció de carboni a causa de la pèrdua d'hidrògens i d'oxígens.

Una part del carboni dels organismes es troba en forma de precipitats, els quals passen al sediment quan l'organisme mor i donen lloc a roques sedimentàries calcàries per diagènesi. Si les roques calcàries són afectades per fenòmens de magmatisme, retornen a l'atmosfera en forma de  $\text{CO}_2$ .

Els abocadors de carboni són els llocs als quals el carboni es dirigeix quan abandona l'atmosfera. Com a exemples tindriem: els éssers vius, els oceans, algunes roques... Durant milions d'anys, el  $\text{CO}_2$  s'ha emmagatzemat a l'escorça terrestre. Això passa mesura que les plantes mortes queden enterrades sota el sòl, on es converteixen en combustibles fòssils. Els oceans són els abocadors de carboni de més importància, emmagatzemen gran part del  $\text{CO}_2$ . L'aigua freda pot retenir més diòxid de carboni que l'aigua calenta, per tant, si l'oceà s'escalfa, aquest absorbeix menys gas.

Existeix una relació entre la capacitat d'absorbir  $\text{CO}_2$  i la concentració de carbonat càlcic que hi ha en l'oceà. El carbonat que arriba als oceans és procedent de l'aigua dels rius que ha passat per un llit que contenia roques calcàries, les quals reaccionen amb el  $\text{CO}_2$  que els oceans han absorbit. En aquests instants, hi ha un equilibri entre la concentració de carbonat i el  $\text{CO}_2$  absorbit.



A mesura que la concentració de diòxid de carboni augmenta, el carbonat es consumeix. Aquest fet provoca que els oceans es tornin cada vegada més àcids, i com més àcid és un oceà, menys  $\text{CO}_2$  pot absorbir.

El diòxid de carboni dels oceans també l'absorbeixen els éssers vius, alguns dels quals es moren i s'enfonsen, transportant carboni al fons del mar, formant sediments calcaris (per diagènesi), en els quals el carboni queda retirat del cicle durant molts anys. Aquest carboni es reincorpora al cicle lentament a mesura es van dissolent els carbonats càlcics.

- **VARIACIONS ORBITRÀRIES**



Fig. 5: excentricitat orbital

L'òrbita de la Terra canvia entre el·líptica i circular en períodes d'uns 100.000 anys, segons la variació de la seva excentricitat<sup>2</sup>. Quan l'excentricitat equival 0.00, l'òrbita és circular i quan equival 0.06 l'òrbita és el·líptica. El valor actual és 0.0167.



Fig. 6: variació en l'angle d'inclinació

La seva inclinació respecte a l'eix polar també varia, i ho fa en cicles de 40.000 anys entre els  $22^\circ$  i  $24^\circ$ . Actualment, l'angle d'inclinació és de  $23,4^\circ$ .



Quan l'òrbita és el·líptica, per tant, la radiació solar rebuda és menor, i l'angle d'inclinació disminueix, a la zona subpolar es produeix un estiu fred i la neu no es fon. La persistència de la neu sobre extensos territoris afavoreix un increment de l'albedo<sup>3</sup> i, per tant, la temperatura disminueix.

Una glaciació s'inicia per un estiu fred sobre les terres septentrionals<sup>4</sup> i no pas per un hivern gèlid. Per sortir d'una glaciació cal que hi hagi una major radiació solar sobre les terres septentrionals, això comporta que hi s'hagi de produir un augment en l'angle d'inclinació i que hi hagi una òrbita circular.

L'efecte de la rotació del planeta Terra i les diferències de temperatura entre els oceans i la terra provoquen els moviments d'aire atmosfèrics.

- **ERUPCIIONS VOLCÀNIQUES**

Les erupcions volcàniques alliberen cendra i gasos rics en compostos de sofre a l'atmosfera. El diòxid de sofre ( $\text{SO}_2$ ) es pot combinar amb aigua per produir gotetes minúscules (aerosols<sup>5</sup>) d'àcid sulfuric, que reflecteixen la llum solar, fet que provoca la disminució de la radiació solar, que al seu torn fa disminuir la temperatura del planeta.

Les erupcions grans arriben a l'estratosfera mitjana (a uns 30 quilòmetres d'altitud), on són dipositats els aerosols, els quals es poden estendre al voltant del planeta. Gradualment la precipitació elimina aquests aerosols de l'atmosfera.



Fig. 7: efectes d'una erupció volcànica



- **VARIACIONS SOLARS**

El Sol és la font d'energia per al sistema climàtic de la Terra. Tot i que la producció d'energia del Sol sembla constant des d'un punt de vista diari, es produeixen petits canvis durant períodes llargs de temps, els quals poden conduir a canvis climàtics.

Se sospita que gran part de l'escalfament en la primera part del segle XX va ser degut a l'augment en la producció d'energia solar.

- **CIRCULACIÓ D'OCEANS**

La circulació atmosfèrica (vents) i els corrents oceànics transmeten calor dels tròpics cap als pols. Als pols l'aigua freda, que més densa, s'enfonsa i viatja a través dels oceans cap a zones més càlides. Gradualment s'escalfa, es torna menys densa i es barreja amb les aigües de la superfície (càlides). Aquestes aigües càlides es mouen cap als pols, i durant el trajecte es van refredant. I torna a començar el cicle. Molts processos poden canviar aquest patró de circulació de les aigües, canviant així el clima regional o, fins i tot, mundial.

Les interaccions entre l'oceà i l'atmosfera també poden produir fenòmens com *El Niño* (un cicle que dura entre 2 i 8 anys i porta a condicions extremes a gran part del món). Els canvis en la circulació profunda d'oceans poden produir variacions en el clima que duren de dècades a segles. Els cicles de glaciació poden haver estat influïts per canvis en la circulació d'oceans que sorgeixen de canvis en l'òrbita de Terra al voltant del Sol.

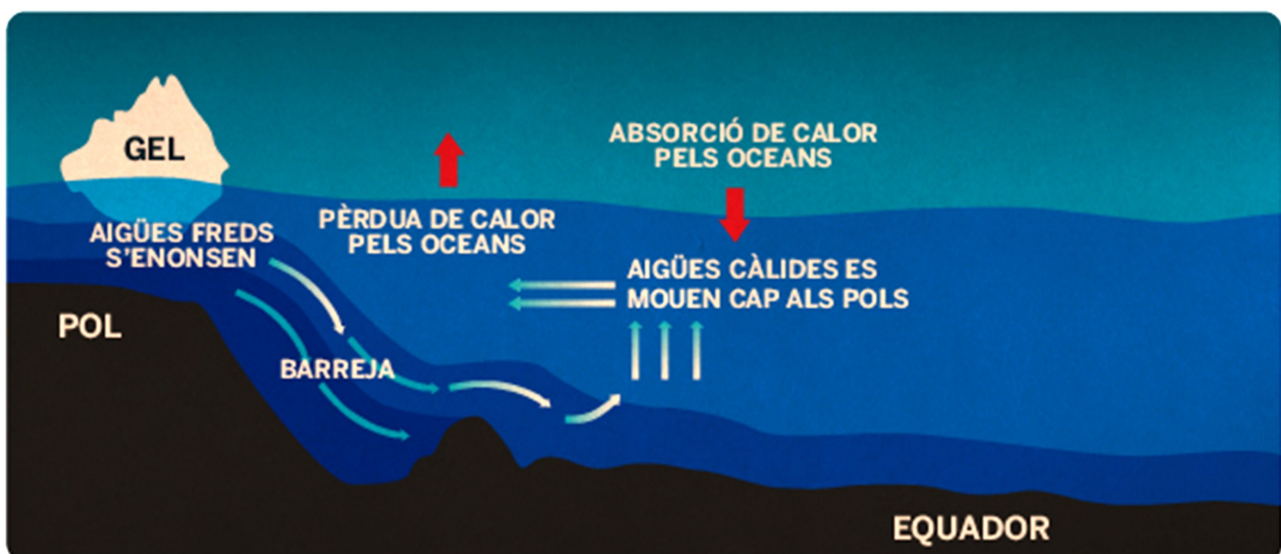


Fig. 8: circulació de les aigües dels oceans



- **CANVIS ANTROPOGÈNICS**

Les activitat humanes, especialment durant el s.XX, han alterat la composició de l'atmosfera: s'ha produït un augment en la concentració de CO<sub>2</sub>, fruit de l'ús de combustibles fòssils, i l'alliberament d'altres gasos contaminants (ozó, òxids de sofre i de nitrogen). En relació amb els efectes globals, sembla que l'augment de la temperatura mitjana de la Terra que s'ha observat al llarg del darrer segle podria estar directament relacionat amb aquestes emissions de gasos, els quals augmenten l'efecte hivernacle de l'atmosfera terrestre.

- **CANVIS EN EL MAGNETISME TERRESTRE**

El camp magnètic de la Terra canvia d'intensitat i de polaritat amb freqüència. Els períodes en què no hi ha camp magnètic (perquè s'inverteix la polaritat) s'han relacionat amb períodes més freds a causa d'un major bloqueig de la radiació solar pels raigs còsmics que no poden ser interceptats per l'escut magnètic terrestre.

### **3.2. COM ES MESURA**

Nombroses proves (flora i fauna fòssil, tipus d'erosió i sedimentació) demostren que al llarg de la història del nostre planeta s'han produït nombrosos canvis climàtics d'abast mundial.

Les condicions del clima a la prehistòria poden interpretar-se a partir dels anells de creixement dels arbres vells, les capes del sediment, els blocs de gel i els coralls. Cada un d'aquests elements conté capes o senyals que revelen les condicions del clima existent durant la seva formació. Les condicions climàtiques es revelen a través de la composició química, el color, la textura, i el gruix de les capes. Que

- **Anells de creixement dels arbres.** Els arbres poden donar pistes sobre la història del clima: cada any es forma un anell, i segons el gruix que aquest té, es pot reconstruir el registre temporal de les condicions climàtiques favorables o desfavorables durant la vida d'aquest arbre. Els espais amples entre els anells de creixement dels arbres indiquen que la temperatura i la precipitació van afavorir un creixement ràpid per a aquesta espècie. Mentre que els anells finament espaiats indiquen condicions més dures que van inhibir el creixement.



- **Mostres de sediments.** El sediment dipositat al sòl dels oceans proporciona pistes útils sobre el canvi climàtic. Les closques de foraminífers<sup>6</sup> es conserven en el sediment. L'abundància de determinades closques són indicadores de les condicions climàtiques del passat. La química de les closques enregistra la temperatura i proporciona informació sobre la composició de l'aigua en la qual creixien. Els diversos tipus de roca i sorra trobada al sòl dels oceans també proporcionen pistes sobre períodes de glaciació, ja que els fragments molt grans de roca només poden haver estat transportats a l'oceà pels icebergs. Les mostres de sediments dels llacs sovint contenen restes de fulles, llavors, fusta i pol·len. Els diversos tipus de vegetació en aquest sediments és indicador de les condicions climàtiques durant el temps que les plantes vivien. Les mostres de gel i de glaceres proporcionen molt bones dades sobre el clima. L'espessor de les capes pot mostrar la història de les nevades. Les bombolles d'aire atrapades al gel proporcionen les mostres més directes de la composició atmosfèrica en el passat.
- **Mostres de coralls.** Els coralls que creixen als esculls, a prop de la superfície dels oceans, proporcionen informació sobre els climes tropicals del passat. Com en el cas dels arbres, el corall també deixa bandes de creixement anual. L'espessor relativa de les bandes depèn de temperatura d'oceans i de la seva salinitat. L'aigua més calenta determina un creixement ràpid dels coralls i a la formació de capes amples i poroses; l'aigua més fresca deixa capes més denses. Tanmateix, quan l'aigua esdevé massa calenta, els coralls poden morir (veure l'apartat 1 de l'annex) o el creixement pot, en gran manera, disminuir. La composició química dels coralls també es veu afectada per la temperatura d'oceans.



### **3.3. EFECTES GENERALS**

Els efectes d'aquest fenomen serien, a grans trets, els següents:

- L'augment en el nivell del mar, degut al desglaçament dels pols. Aquest fet comportaria la consegüent inundació de deltes, platges i zones properes al mar.
- L'augment de les temperatures.
- Les alteracions als ecosistemes terrestres amb risc d'augment de plagues.
- La reducció de la productivitat de les aigües marines, per tant, de la pesca, ja que es produiran canvis en la distribució, el creixement i la reproducció de la fauna marina i, per tant, les ubicacions de pesca canviaran.
- Períodes de sequera més llargs.
- El desglaçament dels pols, que té com a conseqüència una disminució de krill<sup>7</sup> (mireu l'apartat 1 de l'annex). Aquest fet amenaça que, d'aquí a poc temps, les espècies dependents d'aquest crustaci, seran incapaces d'alimentar-se. Les balenes, les foques i els pingüins se'n veuran molt afectats.
- Les pèrdues en la vegetació d'alta muntanya, boscos caducifolis i la vegetació litoral.
- L'extinció de certes espècies: disminuirà la diversitat biològica al desaparèixer aquells éssers vius que no puguin sobreviure al seu hàbitat natural. En el cas de les aus, les seves possibilitats de supervivència es veuran reduïdes per les alteracions en les seves migracions.
- Moltes terres, també de cultiu, patiran un procés de desertificació, és a dir, passaran a ser terres àrides.
- Les superfícies dels llacs de tot el món s'estan començant a escalfar, impedit que es mesclin les seves aigües i amenaçant la base de la seva productivitat.
- L'augment del risc de contagi de malalties subtropicals, ja que els organismes causants d'aquestes malalties, que gràcies a l'increment de temperatures, podrien sobreviure en zones no pròpiament tropicals. Una d'aquestes malalties subtropicals seria la malària o pal·ludisme, produïda per la picada del mosquit *Anopheles* femella, la qual transmet el paràsit *Plasmodium* a l'organisme que ha rebut la picada. Els símptomes d'aquesta malaltia són molt variats, febre entre els 8 i 30 dies posteriors a la infecció i pot estar acompanyada, o no, de dolor (de cap o musculars), diarrea, decaïment i tos.





Cal destacar que **no totes les espècies reaccionen de la mateixa manera davant el canvi climàtic**. Les diferents espècies utilitzen diferents indicadors per a iniciar la reproducció i la migració. Degut a això, es podrien produir possibles extincions: quan un aliment clau arriba massa tard per a què l'utilitzi un depredador, o bé quan la presa emigri cap al nord.

L'efecte de l'ascens de les temperatures en els **hàbitats muntanyosos** pot provocar l'extinció de gran part de les espècies que habiten en aquests paratges.

A mesura que el clima es va escalfant, les espècies que viuen en aquests hàbitats no poden fer res més que anar pujant, anar a indrets de més altitud, on el clima s'adequa a les seves necessitats. Els éssers vius que hi viuen (animals i plantes) recorren una distància de 6,1 metres cada dècada, ja que les condicions en els marges inferiors de la seva zona de distribució s'havien tornat intolerables (massa caloroses o seques) o per l'arribada d'espècies noves amb les quals no podien competir.

Els canvis en l'ambient provocats per l'home estan obstaculitzant la migració i la reubicació de les diferents espècies que busquen les seves condicions òptimes per a viure. Quasi bé totes les regions més fèrtils del món estan ocupades pels humans.

El fet que l'**activitat primaveral comenci prematurament** és una clara manifestació del canvi climàtic. Moltes espècies d'ocells han començat a pondre els ous una mitjana de vint dies abans cada dècada; i moltes aus migratòries arriben a Europa entre 1,3 i 4,4 dies abans per dècada. A Europa, moltes espècies vegetals han estat brotant i florint d'1,4 a 3,1 dies abans per dècada, mentre que a Amèrica del Nord ho han fet entre 1,3 i 2 dies abans.

Els insectes són fonamentals en la cadena tròfica: són consumidors primaris, per tant, són herbívors, s'alimenten de plantes, i aquests, al mateix temps, són essencials per altres consumidors secundaris, depredadors com els ocells, els quals a la seva vegada són consumits per altres depredadors que ocupen un lloc més alt en la cadena tròfica.



A certes regions, les proporcions d'arbres que componen aquests indrets estan variant degut a l'augment de diòxid de carboni present en la zona: les plantes de creixement ràpid s'estan imposant a les de creixement lent. Això significa que la distribució dels arbres està canviant.

En altres zones s'ha observat que les plantes utilitzades pels herbívors creixen més depressa, però les seves fulles no són tant nutritives, ja que tot i l'elevat nivell de CO<sub>2</sub>, les plantes són incapaces d'obtenir més quantitat dels altres nutrients fundamentals. El valor nutritiu decreix tant ràpidament que s'ha predit que alguns mamífers que s'alimenten de fulles, seran menys abundants com a conseqüència d'aquest canvi.

Queda confirmat que la biodiversitat està disminuint, a més, els ocells i altres animals que depenen de les espècies d'arbres de creixement lent per a alimentar-se, desapareixen juntament amb els seus recursos.

Per tant, el canvi climàtic comporta l'alteració dels ecosistemes, que al seu torn, provoca l'alteració de les espècies que hi viuen. Així que si hi ha espècies vegetals que canvien la seva ubicació, el més normal, és que les papallones també ho facin. I això comportaria que els depredadors d'aquests insectes també s'haguessin de redistribuir en el territori, de manera que poguessin trobar l'aliment necessari per a sobreviure. Fins i tot, si es produeix un canvi en l'abundància d'alguna d'aquestes comunitats, els humans en podem patir les conseqüències. En definitiva, això repercutiria en una menor disponibilitat de recursos per a un bon nombre d'espècies.

Segons la informació anterior, les papallones també són afectades pel canvi climàtic, el qual n'està alterant els vols migratoris, les distribucions de moltes espècies i altres aspectes que seran comentats més endavant.



## **4. EL CANVI CLIMÀTIC I L'EFECTE QUE TÉ EN LES PAPALLONES**

### **4.1. LES PAPALLONES COM A ORGANISMES BIOINDICADORS**

Els lepidòpters són uns bons indicadors de la salut d'un ecosistema: quanta major diversitat tinguem de lepidòpters més quantitat de depredadors se'n podran alimentar. Però, també és un indicador de tota la flora i vegetació que habiten aquesta zona, la qual cosa reflecteix una climatologia adequada, un grau d'humitat bo, un sòl en condicions per al



Fig. 9: exemplar de *Papilio machaon*

desenvolupament de les plantes, un sistema pluviomètric adequat. En definitiva, tot allò que és necessari per a què la flora sigui variada.

Els ropalòcers, papallones diürnes reuneixen una sèrie d'avantatges que les converteix en un excel·lent grup bioindicador:

- Mostren una gran sensibilitat respecte la composició i l'estructura de la vegetació: hi ha moltes espècies que, en el seu estat larvari, depenen exclusivament d'un reduït nombre de plantes nutrícies. 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. En efecte, 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<sup>8</sup>, d'abundància i de distribució geogràfica) a fenòmens com l'escalfament global i les variacions en les temperatures i pluges.



- Al llarg d'aquest segle un nombre elevadíssim d'espècies europees han experimentat regressions alarmants, principalment per la destrucció i modificació dels hàbitats.
- 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 parasitoids). Les erugues, per exemple, són la millor manera que tenen els ocells de dur aigua a les seves cries, ja que el seu organisme conté més d'un 20% d'aigua. 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.

#### **4.2. LA INFLUÈNCIA DEL CLIMA EN LES PAPALLONES**

El clima afecta molt a les papallones, i no pas de la mateixa manera a cada una, ja que cada papallona consta d'unes condicions òptimes de vida. Per tant, depenent del clima (fred, calor, humitat, sequera...) unes papallones en sortiran beneficiades, i d'altres perjudicades. Com ja s'ha comentat, degut al canvi climàtic s'està produint un desplaçament en la distribució de les espècies i un avançament en l'activitat especialistesprimavera que afecta directament a les papallones.

La **reubicació de les espècies** es veu afectada pels canvis que l'home ha provocat en l'entorn, que dificulten les migracions. Un bon exemple és la papallona *Euphydryas editha*, una subespècie de la qual habita al nord de Mèxic i al sud de Califòrnia, i l'augment de les temperatures ha provocat que la planta que alimenta les seves erugues es marceixi abans, la qual cosa significa la mort de les larves, que no es poden desenvolupar i créixer si no tenen la seva planta nutrícia.

El **començament prematur de l'activitat primaveral** també perjudica a les papallones. Les plantes nutrícies de les quals les erugues s'alimenten, poden no estar en condicions per ser consumides quan les larves neixen. Aquest fet es deu a que les plantes i les papallones es guien per diferents indicadors per a saber que la primavera ha arribat.



Com que les larves només poden sobreviure uns pocs dies sense menjar, n'hi ha moltes que moren, per tant, no hi ha tanta competència a l'hora d'aconseguir l'aliment i, per això, les que sobreviuen creixen més ràpidament; donant menys possibilitats als seus depredadors principals, els ocells, de trobar-les.

Les erugues de les papallones no s'adapten al clima gaire ràpidament. S'observen variacions en el seu cicle de creixement, moren abans d'acabar-lo, l'avancen o l'endarrereixen, o fins i tot l'enrareixen.

S'observa principalment en les espècies termòfiles, com per exemple la papallona "processionària del pi", *Thaumetopoea pityocampa*. Els invertebrats són els primers que es veuen afectats, no els dóna temps a canviar de biòtop, i això és el que més influeix en la seva existència.

L'augment de temperatures i la pèrdua dels espais oberts associats amb el canvi global poden provocar una pèrdua important d'espècies, sobretot d'especialistes<sup>9</sup>.

La riquesa de papallones augmenta linealment amb la **precipitació** i disminueix amb l'aridesa, amb una ràpida pèrdua en el nombre d'espècies a mesura que augmenta el **grau d'aridesa**. També augmenta amb la temperatura quan aquesta se situa en l'extrem de valors més baixos (és a dir, els que s'observen en zones d'alta muntanya), però a partir d'un llindar al voltant de 10 °C exerceix una influència negativa. Finalment, es detecta una influència de l'estructura del paisatge, amb una disminució en el nombre d'espècies en paisatges més humanitzats.

Per al conjunt de totes les espècies, els condicionants de la riquesa de papallones són la temperatura, la intensificació del paisatge i l'aridesa. La combinació d'aquests factors té un paral·lel amb un clar gradient altitudinal de la riquesa, amb el màxim nombre d'espècies a la muntanya mitjana. En aquesta zona la temperatura no és un factor limitador i, a més, tant l'aridesa com la intensificació del paisatge són baixes, cosa que es tradueix en una riquesa elevada.

Les espècies amb una màxima especialització d'hàbitat i les espècies amb la màxima capacitat dispersiva presenten relacions lineals amb la temperatura, encara que de signe diferent. Les especialistes d'hàbitat es veuen afectades molt negativament per la temperatura, la qual cosa s'explica per la seva gran predominància en zones elevades.



Per contra, les espècies més mòbils es veuen positivament afectades per la temperatura, una relació que està d'acord amb la seva disminució progressiva amb l'altitud.

Per als generalistes<sup>10</sup>, l'aridesa és molt important i sempre té un efecte negatiu sobre la riquesa d'espècies. La intensificació del paisatge també té un efecte negatiu clar sobre aquest grup, més potent encara quan l'aridesa és alta (com es desprèn de la interacció significativa entre ambdues variables). Per als especialistes s'observa, a més de la forta relació amb la temperatura, una influència important de la disponibilitat de l'hàbitat.

El nombre d'especialistes augmenta juntament amb la proporció de zones de prats i ambients oberts, cosa que no sembla important en el cas de les espècies generalistes.

Les espècies amb una màxima especialització d'hàbitat i les espècies amb la màxima capacitat dispersiva presenten relacions lineals amb la temperatura, encara que de signe diferent. Les especialistes d'hàbitat es veuen afectades molt negativament per la temperatura, la qual cosa s'explica per la seva gran predominància en zones elevades. Per contra, les espècies més mòbils es veuen positivament afectades per la temperatura, una relació que està d'acord amb la seva disminució progressiva amb l'altitud.

Un nombre important dels especialistes restringits a zones de muntanya han desenvolupat adaptacions genètiques a un ambient fred, un fet que possiblement ja està contribuint a la desaparició de les poblacions que ocupen els límits altitudinals inferiors.

Les zones baixes menys diverses i amb menor presència d'especialistes tampoc estan exemptes d'una problemàtica associada al canvi global. En aquest cas, estem parlant d'espècies generalistes i comunes que, tanmateix, es veuen afectades negativament per l'aridesa creixent combinada amb la intensificació del paisatge. Malgrat que tenen més flexibilitat ecològica, els resultats de la modelització permeten pronosticar una pèrdua d'espècies comunes si ambdós factors es tornen més extrems en un futur. Això podria repercutir en una pèrdua de riquesa fins i tot en aquestes zones baixes dominades per espècies comunes. Situacions similars ja s'observen en altres països europeus on la intensificació del paisatge és molt gran.



### **4.3. RESPOSTES DE LES PAPALLONES AL CANVI CLIMÀTIC**

Les papallones són organismes idonis per detectar els efectes del canvi climàtic en els nostres ecosistemes perquè:

- Com a organismes poiquiloterms<sup>11</sup>, el seu cicle biològic és molt dependent de la temperatura ambiental.
- Els temps generacionals són molt curts i permeten respostes en l'espai d'una dècada o menys.

#### **• CANVIS EN LA FENOLOGIA**

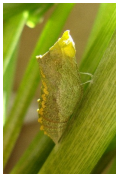
Una de les conseqüències ecològiques més directes del canvi climàtic és l'alteració de la fenologia dels organismes, és a dir, es produeix l'avançament o el retard amb què tenen lloc processos recurrents del cicle biològic. Per poder completar cadascuna de les diferents etapes del cicle biològic (les fases d'ou, larva i pupa), les papallones necessiten acumular una certa quantitat d'energia, unitats tèrmiques (graus dia), que s'assoleix més ràpidament a una temperatura més alta.

Aquesta modificació del temps en què es produeix el seu cicle vital, ha comportat també la modificació dels períodes de vol. A Catalunya, la papallona *Melanargia lachesis* va avançar notablement les dates de vol des de finals del 1980 fins al començament de l'any 2000 degut a l'augment de les temperatures primaverals.

Es va dur a terme un estudi a la zona de Cardedeu, a partir de les dades recollides per l'observador meteorològic P. Comas, en el qual es va confirmar un avançament d'11,4 dies en el període de vol de la papallona de la col, *Pieris rapae*.



Fig. 10: *Pieris rapae*



També es va fer un anàlisi de les dades de l'itinerari del Cortalet entre 1988-2002 mostra, en efecte, l'existència d'un avançament generalitzat en un conjunt de 18 espècies comunes. Durant aquest període, la majoria de les espècies van avançar els períodes de vol de forma significativa, en alguns casos fins a 3 setmanes.



Fig. 15: *Anthocharis cardamines*

La papallona ***Anthocharis cardamines*** és un senyal inequívoc de l'arribada de la primavera i el seu període de vol està estretament lligat a les condicions meteorològiques de cada temporada.

Quan les condicions d'aridesa augmenten, desapareix totalment, fet que explica que no es trobi en cap itinerari de la franja litoral meridional i de la depressió de l'Ebre.

Aquesta espècie no es troba a les illes Balears. *A. cardamines* és una espècie típica de prats i marges de boscos i de camins en ambients de caràcter centreeuropeu, propis de la muntanya mitjana plujosa, submediterrània i medieuropea. També es troba a l'alta muntanya subalpina i la terra baixa mediterrània, on es presenta més lligada a indrets humits tals com els boscos de ribera i la vora de les rieres.

*A. cardamines* és una papallona univoltina<sup>14</sup> i típicament primaveral, però el període de vol depèn de les condicions climatològiques particulars de cada localitat. En els ambients mediterranis de la serralada Litoral, els primers adults emergeixen al març, coincidint amb l'inici de la temporada del CBMS, el pic poblacional té lloc al mes d'abril, i els exemplars més tardans estan en vol fins al maig. En els ambients centreeuropeus, en canvi, tant l'emergència com el màxim poblacional es retarden un parell de setmanes i el període de vol va de final de març a principi de juny. Finalment, en els prats subalpins del Pirineu, encara es retarda molt més i és possible veure adults al juliol. De tota manera, les condicions meteorològiques d'una determinada temporada també influeixen, i molt, en el període de vol. Així, a l'itinerari del Puig (Montseny), l'any 1997, amb una primavera excepcionalment càlida, la segona setmana de març ja es va detectar el primer exemplar, mentre que el 2004, amb una primavera excepcionalment freda, els primers adults es van observar a finals d'abril.





En el conjunt de Catalunya, les dades del CBMS han permès formalitzar aquesta relació com un avançament de 14 dies en la data mitjana del període de vol per un augment d'un grau centígrad en la temperatura mitjana dels mesos de gener-març.

Aquests canvis fenològics poden tenir repercussions molt importants en els ecosistemes si comporten una pèrdua de sincronia entre els diferents elements de les cadenes tròfiques.

### • CANVIS EN LA DISTRIBUCIÓ D'ESPÈCIES

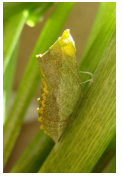
El canvi climàtic també està provocant canvis notables en la distribució de les espècies. Entre aquests destaquen tant els desplaçaments latitudinals cap el nord com els desplaçaments altitudinals. El ritme de desplaçament de les papallones més sedentàries és més lent, i en molts casos es veu dificultat pel problema que suposa la fragmentació dels hàbitats. En canvi, les papallones més mòbils responen de manera molt més ràpida, essent notòries les observacions recents d'una sèrie d'espècies d'origen africà, que fins ara mai no havien estat detectades a Catalunya.



Un exemple de papallona que ha patit un canvi en la seva distribució és el cas de la blaveta *Lycaena tityrus*. A principi de segle aquesta papallona era comuna a Catalunya des de Barcelona fins als Pirineus. A mesura que va anar avançant el segle passat les poblacions meridionals es van anar extingint progressivament, seguint un patró geogràfic molt clar i sense que aparentment hi hagués una relació directa amb l'alteració de l'hàbitat.

Fig. 11: *Lycaena tityrus*

L'any 1970, l'espècie encara es mantenia en un estat saludable al Montseny, on assolia ja el seu límit meridional a Catalunya. A partir d'aleshores, però, les poblacions del massís van anar desapareixent progressivament fins a extingir-se del tot. Actualment, aquesta espècie apareix pràcticament confinada a la serralada dels Pirineus.



En l'àmbit europeu la retracció, de la blaveta *Lycaena tityrus*, cap al sud de la seva àrea de distribució ha coincidit amb una expansió al nord, amb la colonització de països com ara Estònia, on l'espècie mai no havia estat present.

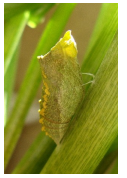
Canvis similars també han estat observats al llarg de gradients altitudinals; en aquest cas, les espècies s'han desplaçat cap a zones més elevades a la recerca del seu òptim climàtic a mesura que el clima s'escalfa. Per exemple, a la serra de Guadarrama (Madrid), on 16 espècies han augmentat la seva altitud mitjana en 212 m en els darrers 30 anys.

El canvi climàtic està afavorint unes poques espècies de papallones de caràcter subtropical i marcada mobilitat.

*Gegenes nostradamus* és un hespèrid<sup>12</sup> migrador, que manté també poblacions sedentàries al delta del Llobregat i en àrees properes. Tot i ser una espècie escassa, al llarg d'aquests anys se n'han detectat prop de 150 exemplars en 14 estacions de la xarxa del CBMS.



Fig. 12: *Gegenes nostradamus*



A Catalunya també s'han detectat, en comptatges del CBMS, tres espècies noves de papallones d'origen africà: *Danaus chrysippus*, *Colotis evagore* i *Euchloe belemia*.



Fig. 13: papallona tigre (*Danaus chrysippus*)

Les migracions de la **papallona tigre**, *Danaus chrysippus*, s'observen cada cop amb més freqüència a Catalunya, fins i tot en zones interiors i de muntanya. La notable pujada de les temperatures ha afavorit a que cada cop es produeixin amb més freqüència les arribades migratòries al llarg de la costa catalana, amb el consegüent establiment de poblacions reproductores temporals a

les zones d'aiguamolls. Normalment, les primeres arribades es detecten al Delta de l'Ebre a principi d'estiu, i a mitjans d'estiu al delta de Llobregat i als aiguamolls de l'Empordà. En aquestes àrees s'inicia un període de reproducció contínua sobre les asclepiadiàcies<sup>13</sup> *Cynanchus acutum* (al delta de l'Ebre i als aiguameolls de l'Empordà) i *Gomphocarpus fruticosus* (al delta del Llobregat i a la platja de Castelldefels), de manera que la papallona pot assolir uns nivells poblacionals molt notables a començaments de tardor. És aleshores quan s'observen la majoria de les expansions cap a zones de l'interior de Catalunya.

Amb l'arribada de l'hivern, aquestes poblacions s'extingeixen. Sembla probable que les migracions tinguin l'origen en les colònies inestables que l'espècie manté en certs punts del litoral andalús.

Però si és tal i com es prediu i els hiverns es suavitzen degut al canvi climàtic, és possible que aquesta espècie s'estableixi de manera permanent a Catalunya.

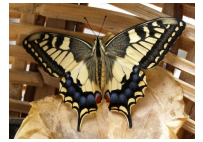
Exemplars de la **papallona monarca**, *Danaus plexippus*, han arribat els dos darrers estius al Delta de l'Ebre. Caldrà veure si, com ha passat amb *D. chrysippus*, aquestes migracions es converteixen a partir d'ara en un fenomen regular degut a l'augment de temperatures.



Des del començament dels anys vuitanta, les migracions de *Danaus chrysippus* són habituals a Catalunya. Molts estius, l'espècie estableix nuclis reproductors importants al delta de l'Ebre, i a partir d'aquí es dispersa per la costa catalana i colonitza algunes àrees dels aiguamolls de l'Empordà, del delta del Llobregat i, a vegades, de l'interior. Amb l'arribada de l'hivern, aquestes poblacions s'extingeixen. Sembla probable que les migracions tinguin l'origen en les colònies inestables que l'espècie manté en certs punts del litoral andalús. A més de *D. chrysippus*, des del final de la dècada dels vuitanta hi ha també força dades sobre la presència de *D. plexippus* al sud de la península Ibèrica. Aquesta papallona espectacular, famosa per les seves extraordinàries migracions al continent americà, manté nuclis reproductors temporals al llarg d'una franja costanera que va des de Cadis fins a Granada. Aquestes àrees es recolonitzen a partir d'exemplars d'origen americà o bé, com sembla més probable, d'altres que procedeixen de les poblacions sedentàries de les illes Canàries. Per a gran sorpresa dels lepidopteròlegs catalans, al juliol i agost de 2003 *D. plexippus* va aparèixer al delta de l'Ebre. En aquest indret, se'n va fer un seguiment sistemàtic durant l'agost i el setembre i es va poder constatar la presència de l'espècie fins al 5 de setembre, sempre en densitats molt baixes. Les observacions anteriors s'han vist reforçades amb altres de noves aquesta temporada: diverses persones van tornar a veure *D. plexippus* al delta de l'Ebre al final de setembre i octubre. Cal remarcar que la presència de la papallona monarca al delta de l'Ebre ha coincidit amb una inusual abundància de l'espècie a la zona de Tarifa, on tant el 2003 com el 2004 s'han vist molts adults i s'han trobat nombrosos ous i erugues sobre l'asclepiadàcia *Gomphocarpus fruticosus*. És molt probable, doncs, que sigui aquesta la zona d'origen dels exemplars catalans.



Fig. 14: papallona monarca (*Danaus plexippus*)



## **5. PART PRÀCTICA DEL TREBALL**

### **5.1. EL PROJECTE DEL CBMS**

Com a part pràctica, vaig anar a uns quants comptatges de papallones de la temporada passada (el 2011) a l'itinerari de Marata de la xarxa del CBMS (mireu l'apartat 6 de l'annex).

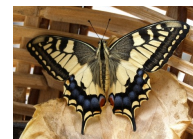


Fig. 16: fotografiant una papallona

Les alteracions en les poblacions de papallones produïdes pel canvi climàtic han estat detectades i recollides gràcies a l'estudi de papallones diürnes dut a terme a Catalunya: el **CBMS (Catalan Butterfly Monitoring Scheme)**.

L'objectiu principal del CBMS és: obtenir informació a escala regional dels canvis que experimenten les poblacions de papallones i relacionar-los amb les pertorbacions del medi i dels hàbitats que s'hagin detectat. Gràcies a aquest projecte es poden detectar les tendències que podrien afectar l'estatus d'una espècie determinada i fer-ne un seguiment dels seus canvis numèrics en una localitat concreta. Aquest projecte consta en la repetició setmanal de censos visuals al llarg de transectes fixos, per tal de relacionar-los posteriorment amb diferents factors ambientals.

El CBMS és un projecte que consta d'unes setanta d'estacions repartides per tot Catalunya, a cada una de les quals es fan 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'itinerari es divideix en diferents seccions (al voltant d'unes 10), cadascuna corresponent a un hàbitat particular, i en la major part dels casos té una longitud d'uns 2-4 km. El temps utilitzat per recórrer-lo varia segons l'època de l'any, però sol oscil·lar entre 1-3 hores.

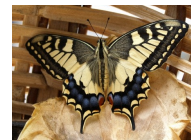
Els recomptes es duen a terme durant el matí, a qualsevol hora compresa entre les 10-14 hores, sempre que les condicions meteorològiques siguin favorables. La nuvolositat s'expressa en forma percentual a partir de les dades de cada secció i la velocitat del vent s'estima al principi i al final de l'itinerari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

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

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.). A l'annex s'inclouen dues fitxes de camp dels dies 2 i 25 de setembre.

El període oficial de recollida de dades comprèn 30 setmanes, des de la primera de març fins a l'última de setembre. Per a les setmanes en les quals no ha estat possible recórrer el transecte, les dades s'estimen a partir de les mitjanes aritmètiques de les setmanes anterior i posterior; en principi no es consideren vàlides les dades d'un itinerari si les estimacions s'han fet per a períodes de dues o més setmanes consecutives. En algunes localitats, els recomptes s'allarguen als mesos d'octubre i novembre, però en cap cas aquestes dades addicionals són utilitzades en els càlculs dels índexs anuals d'abundància.



Tot i que la majoria de les papallones poden identificar-se 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, així com una gran proporció 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 (com en el cas de *Gonepteryx spp.* i de *Polyommatus bellargus*).

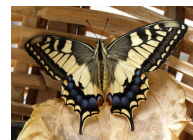
### **- Aspectes a tenir en compte**

Oficialment, el BMS es comença l'1 de març i s'acaba el 26 de setembre, és a dir, inclou un total de 30 setmanes. 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. Sempre és preferible fer els mostratges a començaments de la setmana (dissabte, diumenge o dilluns). D'aquesta manera s'evita córrer el risc de perdre el mostratge si les condicions meteorològiques no són les adequades els darrers dies de la setmana.

**És important fer els transectes amb sol durant els primers mesos**, perquè la temperatura ambiental pot ser fàcilment inferior als 20°C i les papallones necessiten escalfar-se directament amb el sol. Quan hi ha núvols, la seva activitat pràcticament disminueix fins a zero. També disminueix apreciablement en cas de vent fort i fred. L'hora de començament més recomanable és al voltant de les 12-13 h. Més endavant, quan les temperatures pugen sensiblement (al maig-juny), es pot començar més d'hora. En ple estiu, als ambients més àrids, es pot començar fins i tot a les 9 h.

**Cal apuntar la temperatura ambiental a l'inici i al final del recorregut**, ja que aquesta pot influir en els resultats dels transectes.

**Complements per al mostreig:** caçapapallones, prismàtics, guia i fitxes de camp. És també molt important fer els recorreguts amb un salabret, que 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, s'haurien de matar (apretant el tòrax lleugerament amb els dits uns pocs segons) i guardar en un sobre de paper, tot indicant la secció d'on provenen i el dia de la captura.

Quan es capturi un exemplar per examinar-lo i l'hagueu de seguir lluny del recorregut, deixeu de comptar les papallones. Fixar-se en el lloc on es deixa l'itinerari per tornar-hi després i reprendre el comptatge. És molt important mantenir sempre la mateixa distància de comptatge i passar sempre pel mateix indret.

L'escala de vent que s'utilitza és la de Beaufort, que va del zero al 12. Els itineraris cal fer-los sempre amb valors compresos entre 0-4 (a partir de 5/6 el vent és excessiu per permetre l'activitat normal de les papallones). A nivell orientatiu, els valors de l'escala es poden identificar per:

0	El fum s'eleva verticalment
1	El moviment del fum indica amb prou feines la direcció del vent. Quasi no es mouen les fulles.
2	El vent se sent a la cara. Branques i fulles es poden sentir lleugerament.
3	Fulles i branques es mouen constantment. Fulles seques són aixecades del terra
4	Es mouen les branques petites. S'aixeca pols i papers del terra.
5	Es mouen arbres petits i branques grans. Es formes ones petites en aigües interiors.
6	Branques grans es mouen amb facilitat i constantment.

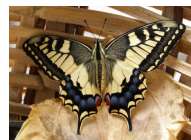
Fig. 17: escala de vent de Beaufort

## **5.2. CICLE BIOLÒGIC DE LES PAPALLONES**

A més de participar activament en el projecte del CBMS, he contemplat el cicle biològic de les papallones, en concret, el de la *Papilio machaon*, que està explicat a l'apartat 3 de l'annex.

Com ja he comentat abans, al balcó de casa tinc una planta de ruda, ja en tenia una la meva àvia, que deia: "Qui té ruda, Déu l'ajuda". Cada any, pels voltants d'abril, apareixen papallones d'aquesta espècie a pondre els ous en la seva planta nutrícia. La ruda (*Ruta graveolens*) és de la família de les rutàcies. Habita en terres seques mediterrànies i es caracteritza pel fet de tenir unes fulles molt petites, les quals tenen unes glàndules que li proporcionen la seva particular olor no gaire agradable.





En la figura 18 es veu com una *Papilio machaon* es dirigeix, batent les ales, cap a aquesta planta, la qual l'atreu per la seva olor característica.



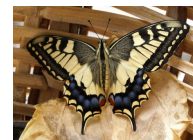
Fig. 18: papallona que s'acosta a la planta per pondre-hi els ous



Fig. 19: *Papilio machaon* enfilada a una branca de la ruda



Fig. 20: eruga en la planta de ruda que tinc al balcó



## 6. Conclusions

El canvi climàtic està provocant modificacions en els ecosistemes, els quals al seu torn provoquen canvis en la composició de les seves comunitats. Les papallones varien la seva distribució i la seva fenologia també es veu alterada.

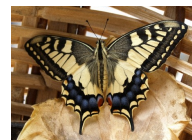
Els canvis fenològics poden tenir repercussions negatives molt importants en els ecosistemes si comporten la pèrdua d'organismes essencials de les cadenes tròfiques. Aquest fet pot comportar un reducció considerable en l'eficiència pol·litzadora de molts insectes.

En els canvis en la distribució de les espècies de papallones s'ha detectat una tendència d'expansió cap a latituds més septentrionals. Per compensar les temperatures, les papallones augmenten els seus límits altitudinals, com s'ha vist que ha passat en altres muntanyes mediterrànies. A mitjà i a llarg termini, però, és previsible que moltes d'aquestes espècies desapareguin, ja que els desplaçaments altitudinals van associats amb una reducció de l'àrea total ocupada, amb una reducció de la mida absoluta de les poblacions i amb un augment de risc d'extinció.

L'augment de les temperatures està afavorint un cert nombre d'espècies pròpies de latituds més baixes, caracteritzades per una gran mobilitat i, fins i tot, per una marcada tendència migratòria. Aquest fenomen comporta un risc per la societat: aquestes espècies subtropicals poden convertir-se en plagues agrícoles importants.

La màxima diversitat de papallones s'associa amb climes relativament freds i humits. De fet, s'ha pogut identificar el grau d'aridesa com el factor més negatiu per explicar la pèrdua de biodiversitat que s'observa des de la zona pirinenca fins a les terres de ponent. Les prediccions del canvi climàtic en l'àrea del Mediterrani apunten a un augment del grau d'aridesa com un dels trets fonamentals, per tant, es produirà una disminució en el nombre d'espècies.

Les papallones són, doncs, un bon grup bioindicador que ens pot ajudar a l'hora de predir l'impacte d'aquest canvi climàtic.



Tot i que l'elaboració d'aquest treball m'ha requerit molt temps i esforç, he de reconèixer que m'agradaria continuar aprofundint en aquest tema, ja que em captiva des de sempre. Personalment, he gaudit molt fent aquest treball perquè m'apassiona el món de les papallones. Les sortides de comptatge del CBMS em van posar de contacte amb la natura, que a part de descobrir nous indrets, vaig tenir la sort de veure espècies que no les havia vist anteriorment. Cal destacar que reconèixer una espècie no és feina fàcil: una sola taca en les ales d'una papallona la diferencia d'una altra.

De petita no podia entendre que d'una cosa que trobava tant repulsiva com les erugues, es convertís en una altra de bellesa excepcional, com és la seva forma, el seu vol singular i el gran ventall de colors que el seu cos exhibeix.

A més, si moltes espècies de papallones desapareguessin degut al canvi climàtic no podríem, per exemple, veure aquesta fabulosa imatge, com és la migració de la papallona monarca, des de Canadà fins a Mèxic.



## 7. Bibliografia

- **Pàgines web**

[http://www.ersilia.org/canvi\\_climatic/causescanvi\\_climatic.htm](http://www.ersilia.org/canvi_climatic/causescanvi_climatic.htm)

<http://ca.wikipedia.org/wiki/Albedo>

<http://www.catalanbms.org/ca/cynthia/>

[http://www.forestales.net/archivos/forestal/pdfs%2024/entrevista\\_gomez\\_izpurua.html](http://www.forestales.net/archivos/forestal/pdfs%2024/entrevista_gomez_izpurua.html)

<http://climaticocambio.com/mariposas-amenazadas/>

<http://www.ecologiablog.com/post/3054/la-mariposa-de-california-victima-del-cambio-climatico>

<http://www.eluniversal.com.mx/notas/666560.html>

<http://www.catalanbms.org/ca/metodologia/>

<http://www.botanical-online.com/alcaloidesruda.htm>

[https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=explorer&chrome=true&srcid=0BzwhBtR24Ni-NDAYoGUxMWYtNWU1NS00NjlkLWIyOWUtODkyZTNjNTI5NTQ5&hl=en\\_US](https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=explorer&chrome=true&srcid=0BzwhBtR24Ni-NDAYoGUxMWYtNWU1NS00NjlkLWIyOWUtODkyZTNjNTI5NTQ5&hl=en_US)

<http://welovebutterflies.com/2010/12/butterflies-a-very-british-obsession/>

<http://aquiariofilabcn.wordpress.com/2009/08/29/157/>

[http://www.grahamhatherley.com/show\\_n02.html](http://www.grahamhatherley.com/show_n02.html)

[http://www.ersilia.org/canvi\\_climatic/comesmesura.htm](http://www.ersilia.org/canvi_climatic/comesmesura.htm)

<http://perdidoenelamazonas.blogspot.com/2007/07/taxonomia-y-caracteristicas-de-los.html>

- **Llibres i revistes**

Mariposas en libertad, Juan Ramón Córdoba León, José Manuel Sesma Moranas i Gabino Martín Toral.

Guía de campo de las orugas de las mariposas y polillas de España y Europa, D.J. Carter i B. Hargreaves.

Mariposas, Ivo Novák i František Severa (il·lustracions).

Ponències. Anuari del Centre d'Estudis de Granollers 2010. Associació Cultural.

La amenaza del cambio climático, Tim Flannery, Ed. Taururs,

Cambio global. diversos autors, Ed. CSIC.

Lauro, revista del Museu de Granollers núm. 14.

Biologia 1 Batxillerat, diversos autors, Ed. Grup Promotor Santillana.

Ciències de la Terra i del medi ambient 2 Batxillerat, diversos autors Ed. Grup Promotor Santillana.

Biologia 2 Batxillerat,diversos autors, Ed. Grup Promotor Santillana.

Gran enciclopèdia catalana, diversos autors, de. Enciclopèdia Catalana S.A.

# **Annex**

**I. Impacte del canvi climàtic en altres espècies i ecosistemes**

**II. Classificació taxonòmica de les papallones**

**III. *Papilio machaon* (fitxa tècnica i cicle biològic)**

**IV. Parasitoids**

**V. CBMS: xarxa de distribució**

**VI. CBMS a l'itinerari de Marata**

- **Característiques generals**
- **Mapa de les seccions**
- **Variables ambientals**
- **Hàbitats**
- **Comptatges de papallones**

**VII. Glossari**

## **I. Impacte del canvi climàtic en altres espècies i ecosistemes**

Els **esculls coralins** és l'ecosistema oceànic amb més biodiversitat, la qual és deguda per dos fets: la complexa arquitectura dels coralls, que proporcionen molts llocs on amagar-se, i uns nivells baixos de nutrients. La **decoloració del corall** es produeix quan la temperatura de l'aigua supera un cert límit. Allà on l'aigua calenta s'estanca, el corall adquireix una certa palidesa. Si el període de calor és transitori, el corall pot recuperar-se lentament, però quan la calor és persistent, aquest mor. La mort de corall també representa la mort dels organismes que hi viuen.



Fig. 1: decoloració de corall

Els **pòlips** tenen una relació simbiòtica amb un cert tipus d'alga (*zooxantels*), la qual els dóna el seu color, que pot ser verdós, morat o vermell. En circumstàncies normals, el pòlip del corall proporciona un lloc per a viure i aliment a l'alga, i aquesta, mitjançant la fotosíntesi, també li proporciona menjar al pòlip. Però, a mesura que augmenta la temperatura del mar, la capacitat de l'alga per dur a terme la fotosíntesi es veu perjudicada, i al pòlip li costa més mantenir a l'alga, ja que aquest obté menys beneficis dels que ell proporciona. Normalment, el pòlip expulsa l'alga, però sense aquesta, si la temperatura es manté alta durant un mes o dos, el pòlip mor de gana. La mort dels pòlips provoca la formació d'un escull esquelètic, el qual es veu envaït per algues verdes.

“Els increments pronosticats de CO<sub>2</sub> i temperatura durant els propers cinquanta anys acabaran amb les condicions que han permès el creixement del corall en l'últim mig milió d'anys”. (article de *Science*).

Al tròpic i a les regions temperades, el ritme del canvi climàtic no és excepcionalment ràpid, i relativament poques espècies han patit els seus afectes. Als pols, però, el canvi climàtic s'està produint al doble de velocitat que a qualsevol altre punt del món.

El 2004 van començar a aparèixer grans extensions verdes a l'**Antàrtida**: la *Deschampsia antarctica* és una planta superior que habita al sud dels 56 graus de latitud, i estava formant grans prats. Fet que corroborava que els pols estaven desapareixent. La vora semigelada que queda entre l'aigua salada i el gel flota promou un extraordinari creixement del plàncton microscòpic, que és la base de la cadena tròfica. El plàncton es desenvolupa sota el gel, permetent que el **krill** (crustaci que s'alimenta de plàncton) completi el seu cicle de set anys de vida. El krill, al seu torn, serveix d'aliment per a peixos, pingüins, foques, balenes... La reducció de la quantitat de krill coincideix amb la reducció del gel, causada pel canvi climàtic. Aquest fet amenaça que, d'aquí a poc temps, les espècies dependents del krill, seran incapaces d'alimentar-se. Les balenes, les foques i els pingüins se'n veuran molt afectats.

Els **ossos polars** moren de gana a mesura que cada hivern és més càlid que l'anterior. L'estació en la qual s'alimenten s'ha tornat tant curta, que no troben el menjar necessari, i perden un 15% de grassa corporal abans d'hivernar. Amb els anys, les femelles donen a llum a menys cries, i les poques que donen a llum, s'han d'enfrontar a situacions desconegudes en el passat: en algunes zones, l'augment de les pluges hivernals pot provocar la destrucció dels caus on donen a llum( i així, la mort de la mare i les cries), i si el gel es trenca massa aviat, les zones on tenen el seu cau i les zones on s'alimenten poden quedar separades, i com que les cries no poden nadar llargues distàncies, no són capaces de trobar menjar i moren de gana.

Si el canvi climàtic continua produint-se incontrol·lablement, els pols seran envaïts per boscos de taigà (que són boscos de coníferes caracteritzats pel fet de trobar-se en un clima fred). A les zones on no hi hagi boscos, si les temperatures són cada vegada més altes, (fet que incrementa l'evaporació) donaran lloc a deserts polars, amb molt poca precipitació.



L'escalfament global amenaça de manera més directa a alguns **rèptils**, ja que la proporció entre mascles i femelles ve determinada per la temperatura en la qual s'incuben els ous. Ja s'observen desequilibris en aquesta proporció en la tortuga pintada (*Chrysemys picta*), i s'ha predit que si les temperatures hivernals augmentessin una mica més, tota la població d'aquesta espècie seria femenina. Els cocodrils i caimans també podrien estar en perill, ja que els ous del caimà americà produeixen només mascles quan s'incuben a més de 32 °C, i nòmes femelles quan s'incuben a menys de 31°C.

Fa poc, es va detectar un impacte del canvi climàtic molt diferent al **llac Tanganica**, situat a Àfrica). Les seves aigües estan estratificades, i les més temperades estan adalt. Aquest fet, pot impedir que es mesclin les capes superiors, riques en oxigen, amb les inferiors, riques en nutrients. Per tant, les plantes que estan a les capes on toca la llum del Sol, estan privades de nutrients, i les quals estan a les capes inferiors, d'oxigen. Temps enrere, l'estratificació del llac quedava trencada de manera estacional gràcies a l'acció dels monsons del sud-est, que agitaven les aigües i afavorien la seva espectacular biodiversitat. L'escalfament global ha reforçat tant l'estratificació del llac (escalfant les capes superficials) que els monsons ja no són prou forts com per barrejar l'aigua. Com a conseqüència, els nutrients ja no arriben a la superfície, i l'oxigen ja no penetra a les seves profunditats. De manera inevitable, el plàncton, que és la base de quasi bé tota la vida del llac, ha disminuït notablement. El cargol espinós *Tiphobia horei*, que només es troba en aquest llac, ha perdut dos terceres parts del seu territori i habita a profunditats de cent metres o menys, mentre que bans vivia a uns 300 metres de profunditat. Els científics adverteixen que aquests canvis poden provocar la destrucció de tot l'ecosistema del llac.

Les superfícies dels llacs de tot el món s'estan escalfant, impedint que es mesclin les seves aigües i amenaçant la base de la seva productivitat.

## **II. Classificació taxonòmica de les papallones**

### **Regne animal**

#### **- ARTRÒPODES**

##### **• INSECTES**

##### **◦ LEPIDÒPTERS**

###### **▪ ROPALÒCERS:**

- Hespèrids
- Licènids
- Ninfàlids
- Papiliònids
- Pièrids
- Satírids

###### **▪ HETERÒCERS<sup>15</sup>:**

- Limàntrids
- Artcids
- Esfíngids...

### **III. *Papilio machaon***

#### **Fitxa tècnica de la papallona**

##### **Descripció**

La seva longitud va de 32 a 80 mm, i les femelles acostumen a ser més grans que els mascles.

Es caracteritza pel fet de tenir franjes de colors vius, groc i negre. Duu també unes taques (nebuloses) blaves als marges de les ales inferiors i dues taques rojes al costat d'unues prolongacions, també anomenades "cues". Aquestes prolongacions de les ales són característiques de les papilionidae. S'alimenta de flors d'anís i de fonoll.

##### **Distribució geogràfica**

Àmpliament extesa per Europa. És present en totes les regions de la Península Ibèrica. Normalment viu en prats florits fins a 1800 m d'amplitud.

##### **Biologia**

Aquesta papallona té d'una a dues generacions l'any (abril-maig i juny-agost). Les papallones que es troben en fase de larva poden hivernar i generar papallones quan torna a arribar la calor, o bé, poden emergir l'estiu del mateix any.

Després de la còpula i un cop els ous ja han madurat, les femelles baixen dels arbres i comencen a buscar llocs adequats per l'ovoposició. Els ous els dipositen a les fulles de la planta nutrícia durant maig o juny, i de vegades, de nou a finals d'estiu. Les larves neixen al cap d'una setmana i s'alimenten durant un mes (aproximadament), abans de completar el seu creixement.

La **larva** té una longitud de fins a 41 mm i és de color verd, negre i amb punts vermells; i va adquirint diverses formes segons les setmanes de vida en les què es troba, primerament és tota negra i amb una franja dorsal blanca, amb unes punxes molt marcades, però a mesura que passa el temps, el seu cos esdevé majoritàriament verd, amb unes bandes transversals verdes i amb punts rojos.

Consta d'un òrgan conegut com a "**osmeterium**", que extén quan es veu amenaçat: emet un líquid d'una olor molt forta per a defensar-se dels seus depredadors (però només dissuadeix als insectes, no als ocells).

S'alimenta preferentment de les fulles de les plantes apiàcies o umbel·líferes, com la pastanaga borda, l'anet, el fonoll, la xirivia i el comí de prat. Però també es pot alimentar de ruda.

Les **pupes** s'adhereixen a la planta i es transformen en papallones després d'unes tres setmanes, o bé, hivernar i produir-les de l'abril-maig o del juny-agost de l'any següent.

## **Cicle biològic de les papallones**

### **Metamorfosi de la papallona *Papilio machaon***

La metamorfosi de les papallones és un desenvolupament postembrionari indirecte, en el qual l'individu sofreix una sèrie de transformacions estructurals i fisiològiques fins a adquirir la conformació d'adult (imago). En aquest cas, es tractaria d'una metamorfosi complexa o holometàbol, ja que durant la fase de pupa l'individu pateix una certa immobilitat, no s'alimenta i travessa un procés d'històlisi, durant el qual es formen nous teixits.

#### **Fases:**

**1. Ou:** és dipositat a les fulles de la planta nutrícia i és el recinte on es desenvolupa l'embrió, fruit de la combinació genètica dels seus progenitors. Quan ja s'ha format la larva es produeix l'eclosió: aquesta trenca l'envoltori de l'ou, el qual serà el seu primer aliment. La qualitat dels nutrients d'aquest envoltori marcarà en gran mesura el desenvolupament posterior de la larva.

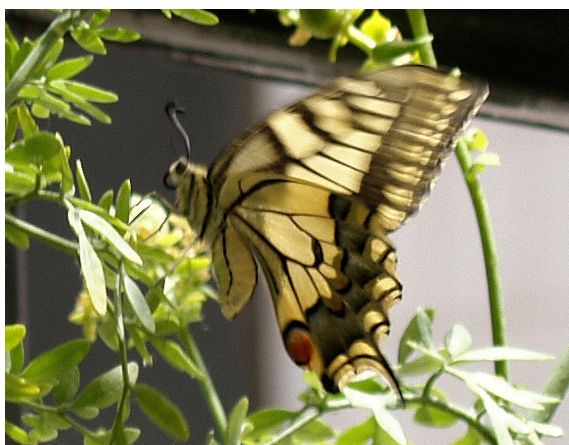


Fig. 2: *Papilio machaon* posant els seus ous a les fulles d'una planta de ruda



Fig. 3: ou de *Papilio machaon* en una planta de ruda

**2. Larva:** és una de les fases mòbils del cicle dels lepidòpters. S'alimenta de la planta nutrícia fins a adquirir l'aspecte de la foto de la dreta, després del qual comença la fase de pupa. Consta d'un cap esclerificat seguit de tretze segments, tres toràccics amb les potes i deu d'abdominals. També té pilositat al seu cos, amb funcions tant sensorials com protectores.

El límit del seu desenvolupament el marca el seu exoesquelet de quitina, que han de canviar per créixer (muda). Després de dur a terme les mudes necessàries, l'eruga pateix un cert nerviosisme i busca un lloc adequat per fer la següent fase.



Fig. 4: eruga als primers dies de vida



Fig. 5: eruga poc abans de fer la pupa

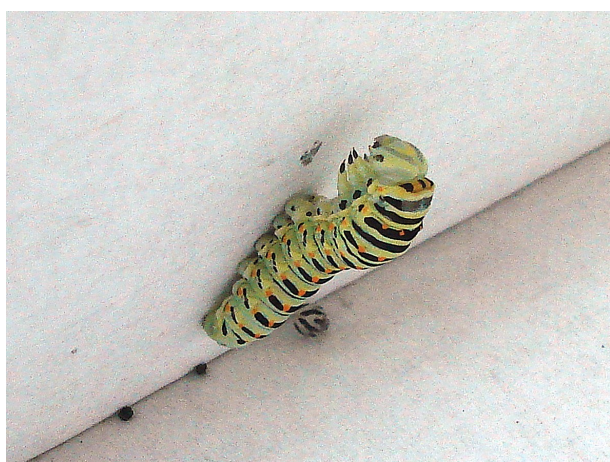


Fig. 6: eruga abans de fer la pupa

Quan les erugues estaven a punt de fer el capoll les posava en una caixa de sabates, per tal de veure la seva evolució. Vaig poder comprovar que tot aquest procés (des de la posta d'ous, a la planta que tinc al balcó, fins l'eclosió de la papallona) va ser un èxit.

**3. Pupa:** la larva pateix una certa immobilitat, no s'alimenta. Pateix d'històlisi, pel qual perd alguns teixits larvaris, seguit per un procés d'histogènesi, durant el qual es formen nous teixits.

Els colors de les crisàl·lides és críptic amb l'ambient en què es troben, aquesta capacitat de mimetisme és la seva única defensa. Aquest fenomen es pot observar en les fotos de sota: en una, la crisà·lide ha adquirit un to verdós, igual que el de la tija on s'ha subjectat, i en l'altra té un to grisós, similar al de la paret on es troba. Just abans que l'adult surti, la pupa s'enfosqueix i es poden veure els colors de les ales a través de la cutícula semitransparent. La papallona ja formada pot continuar dins de la crisà·lide fins que hi hagi les condicions externes òptimes.



Fig. 7: capoll en una tija



Fig. 8: capoll en una caixa de sabates

**4. Imago o adult:** quan la larva ja ha patit la transformació, surt del capoll ja en forma d'adult (imago), que té com a funció la reproducció. Quan la papallona ja està formada a dins de la crisà·lide emergeix (és a dir, la trenca i abandona el seu recinte, anomenat exuvia). Després de sortir, la primera cosa que fa és estirar les ales, que ho aconsegueix bombejant hemolinfa per les seves venes. I llavors es desfà de les restes de la metamorfosi: el meconi (un fluid rogenic).



Fig. 9: exemplar de *Papilio machaon* adult

La via reproductiva dels mascles està encaminada a trobar una femella amb la qual reproduir-se, i per això utilitzen el sentit de la vista i el de l'olfacte (amb el qual detecten les feromones). Quan ja han trobat la seva parella, alliberen els espermatozoides. Culminat el procés de copulació, el mascle mor.

Les femelles alliberen unes feromones per atraure els mascles. Després de la copulació acumula els espermatozoides rebuts a la "bursa copulatrix" i al mateix instant de posar els ous els anirà fecundant un a un, buscarà la planta nutrícia i començarà el cicle biològic d'unes altres papallones.

Cal remarcar que totes les fotos de l'evolució de la *Papilio machaon* utilitzades en aquest treball van ser realitzades al balcó de casa.

#### **IV. Parasitoids**

A la foto de la pupa hi apareix un petit punt negre, el qual ha estat produït per un **parasitoid**. El parasitoid és, en aquest cas, un insecte que va dipositar un ou dins de la pupa (encara que aquesta s'hagués mimetitzat en l'ambient on es trobava), el qual es va desenvolupar i alimentar de la larva que hi havia a dins. A la foto de l'esquerra, es veu clarament com un insecte s'està a la superfície de la crisàl·lide, i és aquest el que va perforar-la (foto de la dreta) per dipositar-hi els seus ous.

Els parasitoids no només poden parasitar les papallones en fase de pupa, sinó que també les poden parasitar quan estan en fase de larva i també en fase d'ou. Per tant, podríem dir que aquests organismes són un gran enemic de les papallones.



Fig. 10: parasitoid perforant la pupa



Fig. 11: perforació del parasitoid per posar-hi els ous

## V. Catalan Butterfly Monitoring Scheme

### Xarxa de distribució

El mapa mostra la distribució geogràfica de les estacions indicant les que han estat actives durant la darrera temporada així com el nombre d'anys amb dades disponibles per cadascuna d'elles.

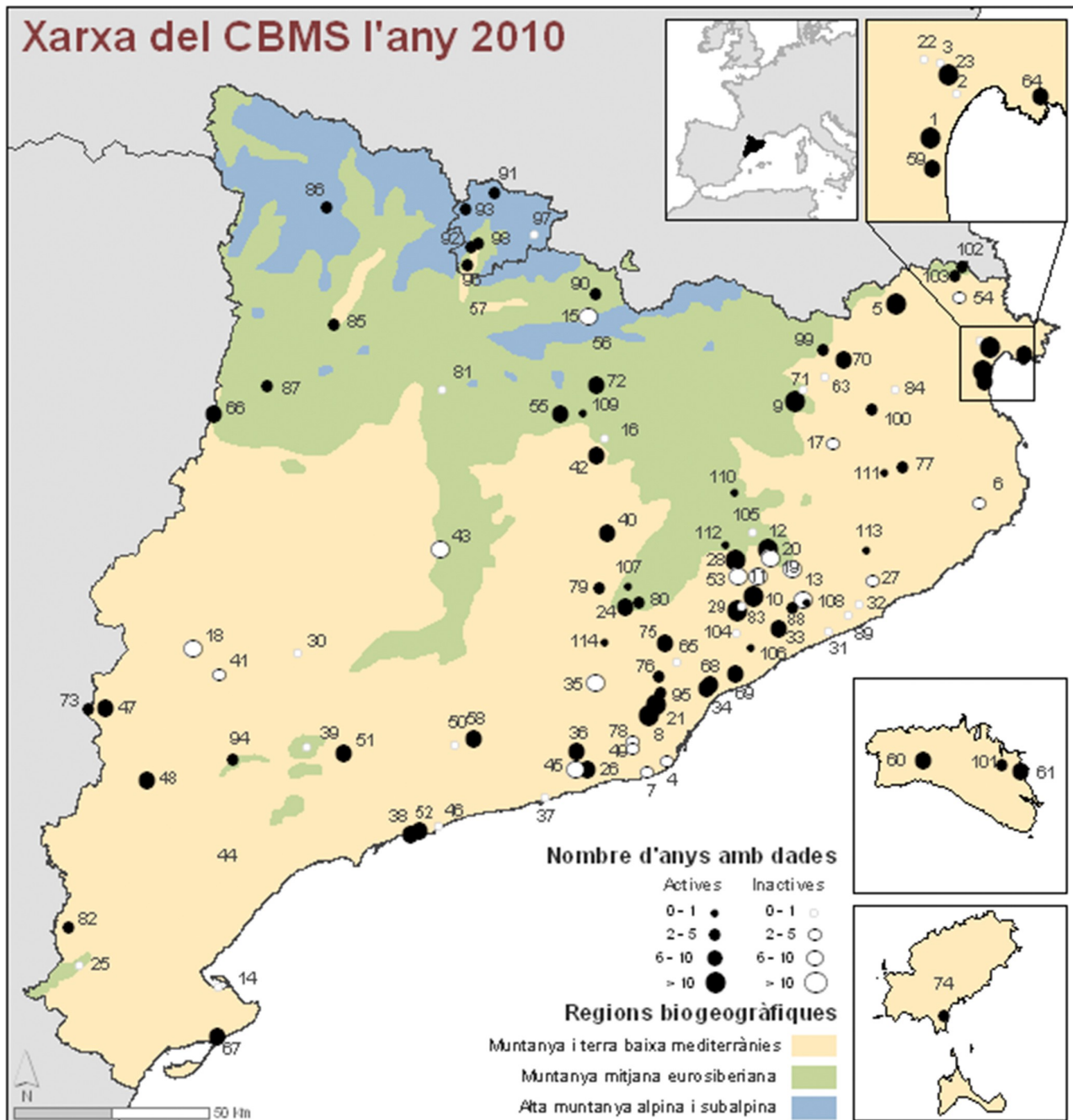


Fig. 12: mapa de la xarxa del CBMS



## VI. CBMS a l'itinerari de Marata (núm. 29 del mapa)

### - Característiques generals

**Número de seccions:** 9

**Longitud total:** 2123 m

**Longitud mitjana de la secció:** 235 m

### - Variables ambientals

**Alçada mitjana:** 265 m

**Temperatura mitjana anual:** 14 °C

**Temperatura mínima de gener:** 2 °C

**Temperatura màxima de juliol:** 29 °C

**Precipitació anual:** 720 mm

### -Biomes

El gràfic mostra el conjunt de biomes dels quals consta l'itinerari.

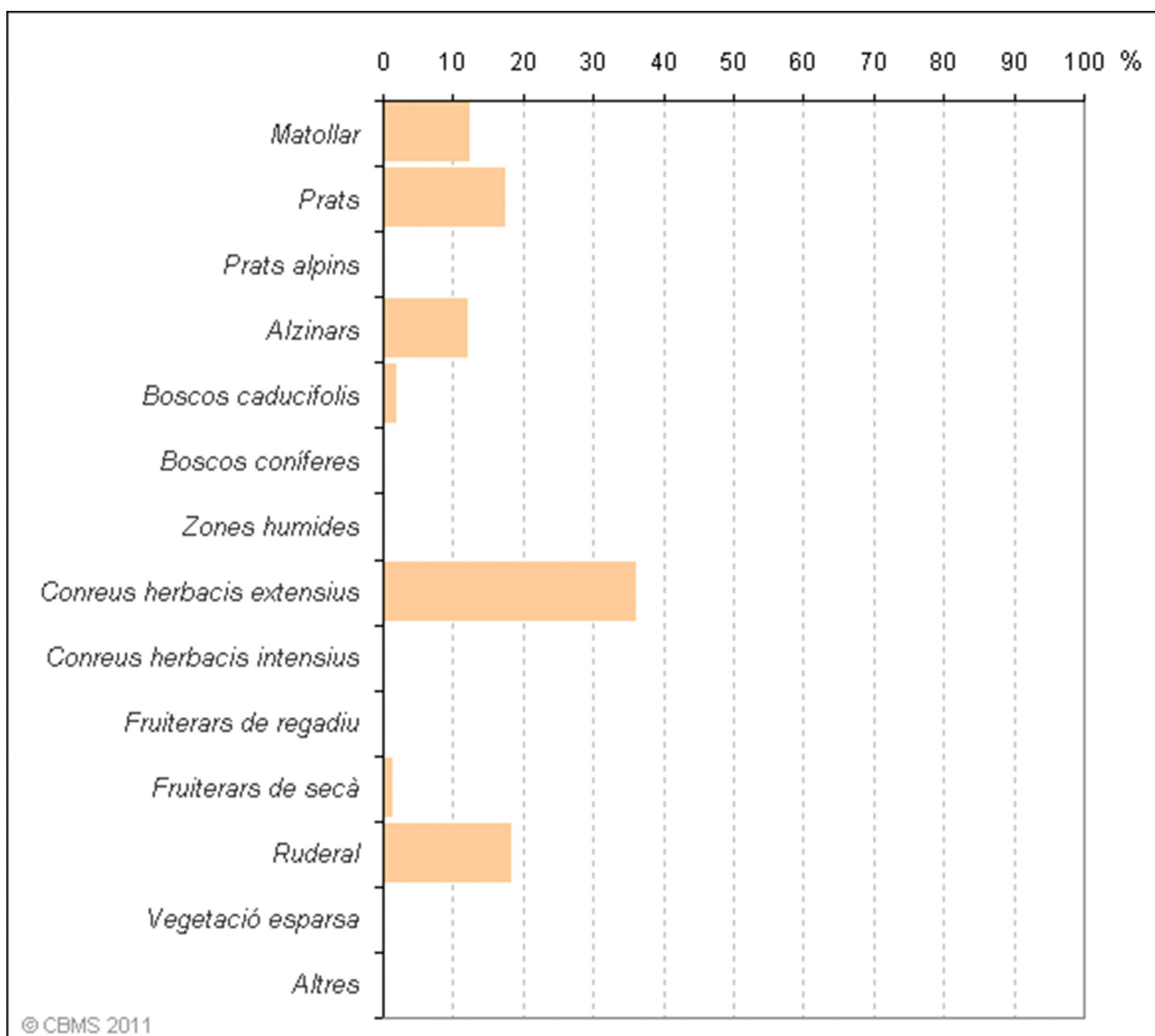


Fig. 13: biomes de l'itinerari

## - Mapa de les seccions

En la següent imatge es mostra el traçat de l'itinerari i la disposició de les diferents seccions.

Itinerari 29 - Marata



Fig. 14: mapa de les seccions en l'itinerari de Marata

## **- Comptatges de papallones**

A continuació hi ha dos exemples de comptatges de papallones, en els quals es poden veure els paràmetres ambientals que es tenen en compte i les espècies de papallones identificades en cada secció. Aquest procediment ja és explicat anteriorment a l'apartat del CBMS.

En la primera fitxa de camp, feta el 2 de setembre, es van comptar 31 espècies en total. La temperatura va ser considerablement alta, amb temperatures per sobre dels 25°C (al final del transecte es van assolir els 28°C de temperatura).

En la segona fitxa, feta el 25 de setembre, es van obtenir uns millors resultats que no pas en la primera: la xifra de lepidòpters identificats va ser de 35. La temperatura era considerablement més freda, estava per sota dels 20°C.

En tots dos casos, el vent no va ser gaire intens i hi va haver sol en tot el recorregut, fet que va beneficiar el comptatge, ja que amb aquestes condicions hi ha més papallones actives. Com que aquests recomptes es van fer durant les últimes setmanes del CBMS, no hi va haver gaire abundància de papallones, ja que durant aquestes setmanes de setembre es comencen a notar que l'ambient té certes característiques tardorals (el sol no escalfa tant, les temperatures baixen). Així que els lepidòpters s'amaguen en escletxes o qualsevol lloc que els protegeixi de les possibles paràmetres adversos propis de la tardor.





## **VII. Glossari**

1. Gradient: variació que experimenta un paràmetre al llarg d'una distància.
2. Excentricitat: paràmetre que determina el grau de desviació d'una secció cònica respecte una circumferència (en el cas de les òrbites planetàries, l'excentricitat orbital es calcula mitjançant la desviació que hi ha respecte una òrbita circular).
3. Albedo: és la quantitat, expressada en percentatge, de radiació que incideix sobre qualsevol superfície que s'absorbeix o és reemesa. Influeix en la temperatura que assoleix un cos exposat a una font de radiació (el color blanc, amb un albedo alt, s'esclafa menys que el color negre).
4. Terres septentrionals: regions localitzades al nord.
5. Aerosol: suspensió col·loidal de partícules líquides o sòlides en un gas.
6. Foraminífers: pertanyen al grup dels protozous, són microcòpics i constitueixen el plàncton animal.
7. Krill: crustaci que s'alimenta de plàncton.
8. Fenològics (fenologia): relatiu o pertanyent a les manifestacions estacionals (floració de les plantes, migracions...) dels éssers vius.
9. Especialistes: papallones amb uns requeriments tròfics i d'hàbitat estrictes i una baixa capacitat dispersiva.
10. Generalistes: papallones amb més capacitat mòbil que les especialistes, ja que no són tant especialitzades, és a dir, no consten d'uns requeriments tròfics ni d'hàbitat estrictes.
11. Poiquiloterm: organisme la temperatura interna del qual depèn completament de la del medi ambient, ja que no posseeix cap mecanisme per a regular-la.

12. Hespèrid: família d'insectes diürns, de l'ordre dels lepidòpters , del grup dels ropalòcers. Són macrolepidòpters petits, amb les antenes ben separades a la base, de vol ràpid i zigzaguejant. Les erugues s'alimenten habitualment de gramínies.

13. Asclepiadàcides: planta herbàcia perenne de ditribució tropical i subtropical.

14. Univoltí-ina: organismes el cicle vital dels quals té una durada d'un any, de manera que l'any següent són substituïts per la nova generació.

15. Heteròcers: papallones nocturnes.