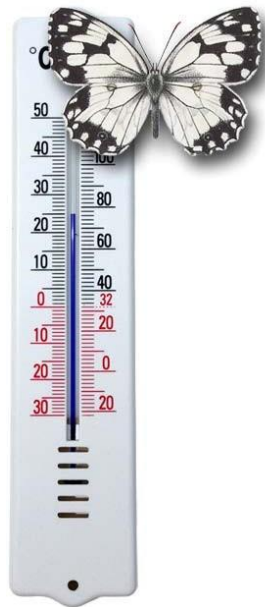


# Papallones i canvi climàtic

Taller pràctic amb dades del projecte CBMS



**CBMS**

Catalan Butterfly Monitoring Scheme

**Materials didàctics del projecte CBMS**

**2023**

# CONTINGUT

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓ</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OBJECTIUS</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>5</b>
3.1	DADES CLIMÀTIQUES .....	5
3.2	COMPTATGES DEL CBMS.....	6
3.3	CÀLCUL DE LA DATA MITJANA DE VOL (DMV).....	7
3.4	COMPARACIÓ ENTRE SETMANA MITJANA DE VOL I TEMPERATURA.....	9
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>13</b>

# 1 Introducció

Des dels inicis de la investigació del canvi climàtic i la seva repercussió sobre la biodiversitat, les papallones hi han jugat un paper destacat. Són molts els grups de recerca que han escollit les papallones com a organismes model per a l'estudi d'aquest fenomen. Aquesta elecció no és casual i respon tant a la seva condició bioindicadora com a certes particularitats de la seva biologia, que hom podria resumir en els següents punts: (1) com a organismes ectotèrmes, les papallones tenen un cicle biològic molt dependent de la temperatura ambiental; (2) els temps generacionals són molt curts, la qual cosa dona lloc a respostes poblacionals ràpides i fàcilment detectables en l'espai d'una dècada o menys; (3) gràcies a l'existència de nombroses col·leccions entomològiques, es poden comparar canvis en la distribució i relacionar-los amb canvis en el clima; (4) existeixen programes de seguiment, com el BMS, que recullen dades idònies per estudiar com la fenologia (per exemple, els períodes de vol) i l'estructura de les comunitats es veuen alterades per les variacions climàtiques.

Sens dubte, una de les conseqüències ecològiques més directes del canvi climàtic és l'alteració de la fenologia dels organismes (Peñuelas & Filella, 2001). De fet, aquesta és una de les respostes més freqüents i fàcils de percebre tant en animals com en plantes, i no és d'estranyar, doncs, que un bon nombre de treballs científics s'hagin centrat en documentar i quantificar aquestes alteracions. El factor limitant per poder dur a terme bons estudis sobre les alteracions fenològiques és la disponibilitat de dades completes, que documentin amb precisió l'evolució de les fenofases considerades (en el cas de les papallones, les corbes de vol dels adults) al llarg d'una sèrie temporal prou extensa. Les primeres anàlisis es basaven, sobretot, en les dades puntuals recollides per observadors de xarxes meteorològiques, però més recentment s'ha començat a explotar la gran quantitat d'informació acumulada en diversos programes de seguiment de la biodiversitat, d'entre els quals destaquen les xarxes BMS de seguiment de papallones diürnes (Pollard & Yates, 1993).

La metodologia del BMS es basa en la repetició setmanal de censos visuals de les papallones adultes al llarg d'un transecte fix, de manera que les corbes de vol de les espècies queden perfectament documentades i es poden caracteritzar amb paràmetres tals com la data mitjana de vol. Roy & Sparks (2000) van ser els primers en utilitzar dades del British BMS per demostrar avançaments de 2-10 dies en les dates d'aparició de 26 papallones comunes al Regne Unit (de les 35 espècies estudiades), en els darrers 23 anys. Posteriorment, Stefanescu *et al.* (2003) van mostrar una situació similar per a la comunitat de papallones del Cortalet, al Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà, pel període 1988-2002.

Aquests estudis, juntament amb d'altres que utilitzen informació recollida de manera diversa, conclouen que la fenologia de les papallones es veu molt afectada pel canvi climàtic i que, en general, els seus períodes de vol s'avancen ràpidament quan la temperatura ambiental augmenta. En realitat, aquest tipus de resposta és també l'habitual en molts altres insectes (p. ex. Gordo & Sanz, 2005), ja que com a organismes ectotèrmes la seva activitat depèn fortament de la temperatura externa. Per poder completar cadascuna de les diferents fases del cicle biològic (per exemple, en el cas de les papallones, les fases d'ou, larva i pupa) els insectes necessiten acumular una certa quantitat d'energia, anomenada graus dia, que s'assoleix més ràpidament a major temperatura.

Aquesta activitat pretén mostrar de forma pràctica com les dades dels comptatges del BMS es poden utilitzar per explorar l'efecte dels canvis de la temperatura sobre el període de vol

de les papallones. S'ha seleccionat un exemple real, els comptatges del BMS que es duen a terme a l'estació del Cortalet (als Aiguamolls de l'Empordà) des de fa 34 anys, per analitzar quina relació existeix entre la corba de vol de l'escac ibèric, *Melanargia lachesis*, amb les temperatures que s'enregistren a l'estació meteorològica instal·lada en aquest indret.

## 2 Objectius

Comparar la temperatura mitjana dels mesos d'hivern amb la data mitjana de vol de l'escac ibèric, *Melanargia lachesis* a l'itinerari del Cortalet al Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà, i veure si hi existeix alguna relació.

### Biologia i període de vol de l'escac ibèric

L'escac ibèric és una papallona univoltina, és a dir, que té una sola generació anual. A l'estació del Cortalet, els adults apareixen entre el maig i el juliol, però segons la climatologia de la temporada s'observa com aquesta aparició s'avança o es retarda. Al final de l'època de vol, les femelles ja aparellades fan la posta; en aquesta espècie, les femelles típicament deixen caure els ous entre l'herba que després servirà d'aliment a les larves (gramínies com *Festuca arundinacea* i altres). Les erugues neixen en un parell de setmanes, i immediatament entren en un període d'inactivitat molt llarg, que inclou el final d'estiu, la tardor i el començament d'hivern. A mitjan hivern les larvetes inicien l'activitat i comencen a alimentar-se i a créixer. Durant el seu desenvolupament passaran per cinc estadis, assolint la mida final a començaments o mitjan primavera. Llavors crisaliden amagades entre la vegetació del sòl, i en un parell o tres de setmanes neix l'adult. La vida mitjana d'un adult és, possiblement, de l'ordre d'una o dues setmanes.

L'única generació anual d'aquesta papallona es tradueix en una corba de vol amb una distribució aproximadament normal (forma de campana de Gauss), de manera que és fàcil caracteritzar-la i calcular el moment en què es troben en vol el màxim nombre d'individus. Als dos costats d'aquest punt (que coincideix amb la mitjana de la distribució) el nombre d'individus és menor, disminuint fins a zero a mesura que ens allunyem de la mitjana: a l'esquerra de la mitjana perquè molts adults encara no han emergit, i a la dreta perquè els individus comencen a morir i, per tant, a desaparèixer de la població.

### Canvis en el període de vol en funció de la temperatura ambiental

El ritme de desenvolupament de les larves es veu fortament afectat per la temperatura ambiental: quan aquesta és més alta, la temperatura del cos de la larva també ho és i el ritme metabòlic augmenta. En principi, esperaríem que les temperatures dels mesos de primavera fossin les que tenen una major influència en el ritme de desenvolupament d'aquesta espècie, ja que és llavors quan es concentra el màxim creixement de les erugues.

L'activitat que es presenta permet identificar quin és el període més crític del desenvolupament larvari en relació amb els canvis que després s'observen en el període de vol dels adults. Així mateix, les relacions que es trobaran tenen un poder predictiu considerable i, per tant, permeten pronosticar en quin moment hi haurà la màxima abundància de la papallona un any determinat si prèviament sabem quines han estat les temperatures mitjanes dels mesos previs.

### 3 Metodologia

En aquesta secció es descriuen els passos a seguir per a realitzar la preparació i l'anàlisi de les dades mitjançant el programa Microsoft Excel. Tot i això les dades es presenten en format CSV per tal que les pugueu utilitzar fàcilment des d'altres programes d'anàlisi com ara Open Office, R o SPSS.

#### 3.1 Dades climàtiques

Descarregueu el fitxer *Temperatures\_El\_Cortalet.csv* i obriu-lo amb Excel. En aquest fitxer hi trobareu els registres de temperatura mitjana dels mesos de gener a abril entre els anys 1994 i 2022. En aquest cas no cal preparar les dades doncs aquestes ja es troben agregades per anys. Caldrà però prendre la decisió de quin dels quatre mesos utilitzem per a l'anàlisi.

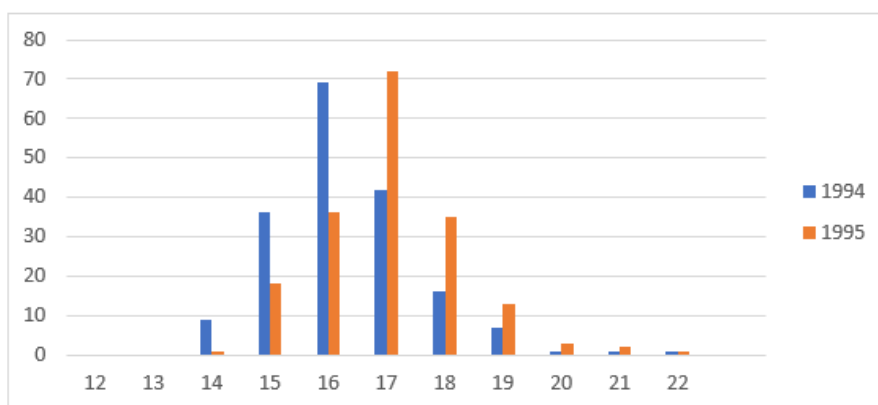
	A	B	C	D	E
1	any	gener	febrer	març	abril
2	1994	8,6	9,2	12,8	12,2
3	1995	8,3	10,8	10,4	13,5
4	1996	10,1	8,8	10,7	14,2
5	1997	9	10,4	13,1	14,6
6	1998	9,7	10,2	12,9	9,9
7	1999	9,1	9,8	11,5	13,9
8	2000	7,2	10,1	11,4	13
9	2001	8,2	9	12,7	12,6
10	2002	7,2	8,5	11,6	12,8
11	2003	8,2	7,6	11,4	14,1
12	2004	8,5	8,6	10,4	13,8
13	2005	6,9	6,6	9,5	13,6
14	2006	7,9	7,8	11,2	15
15	2007	8,3	10,3	11,6	15
16	2008	10,2	10	11,1	14,1
17	2009	7,4	9	11,2	13,4
18	2010	7,1	7,8	9,5	13,9
19	2011	7,2	10,3	11,8	15,7
20	2012	8,5	6,8	12	13,6
21	2013	8,6	7,9	11,4	13,3
22	2014	9,5	9,9	11,4	15,3
23	2015	8,3	7,7	11,9	14,4
24	2016	9,3	9,3	10,5	13,5
25	2017	7,3	10,9	13	14,3
26	2018	9,6	7,2	11,1	14,8
27	2019	8,3	9,9	12,5	12,5
28	2020	9,1	11,3	covid19	covid19
29	2021	7,5	11	11,5	12,8
30	2022	7,5	10,2	11,9	14

### 3.2 Comptatges del CBMS

Descarregueu el fitxer *Melanargia\_lachesis\_El\_Cortalet.csv* i obriu-lo amb Excel. Aquest fitxer conté els comptatges de *Melanargia lachesis* de les setmanes 12 a 23 i entre els anys 1994 i 2022. Tot i que el període del CBMS consta de 30 setmanes aquesta espècie només s'ha enregistrat entre les setmanes 12 i 23.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Any												
2	1994	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
3	1995	0	0	9	36	69	42	16	7	1	1	1	0
4	1996	0	0	1	18	36	72	35	13	3	2	1	0
5	1997	0	0	1	5	28	29	11	1	2	0	0	0
6	1998	0	6	48	55	39	13	4	0	0	0	0	0
7	1999	0	1	12	26	25	26	15	1	0	0	0	0
8	2000	0	0	58	85	67	27	0	0	0	0	0	0
9	2001	0	3	78	58	38	30	7	1	0	0	0	0
10	2002	1	23	73	59	32	9	4	0	0	0	0	0
11	2003	0	0	11	12	29	27	27	5	1	0	0	0
12	2004	0	1	2	22	19	14	4	3	0	0	0	0
13	2005	0	0	1	3	4	8	20	4	2	2	0	0
14	2006	0	0	0	4	24	27	22	3	0	0	0	0
15	2007	0	0	17	27	54	36	9	2	0	0	0	0
16	2008	1	2	8	33	40	33	7	3	0	0	0	0
17	2009	0	1	6	15	21	19	9	0	0	0	0	0
18	2010	0	4	26	30	50	39	4	0	0	0	0	0
19	2011	0	0	0	6	13	18	23	14	5	0	0	0
20	2012	0	2	6	10	14	16	9	0	0	0	0	0
21	2013	0	0	4	4	5	13	9	2	1	0	0	0
22	2014	0	0	0	0	10	12	19	11	3	1	0	0
23	2015	0	0	5	18	18	11	2	2	0	0	0	0
24	2016	0	0	1	6	9	3	3	0	0	0	0	0
25	2017	0	0	0	0	1	1	2	1	0	0	0	0
26	2018	0	0	2	2	11	10	0	0	0	0	0	0
27	2019	0	0	4	3	5	8	4	0	1	0	0	0
28	2020	0	0	0	1	7	1	2	1	0	0	0	0
29	2021	0	0	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0
30	2022	0	0	10	13	14	6	3	0	0	0	0	0
	2022	0	1	5	14	18	2	0	0	0	0	0	0

Per començar a explorar les dades podem fer un senzill gràfic amb les corbes de vol per a dos anys consecutius. En aquest cas hem escollit els dos primers anys de la sèrie, el 1994 i el 1995.



Observant el gràfic es fa evident que la corba de vol de 1995 està desplaçada una setmana respecte la de 1994. Necessitem però un valor que representi aquest fet empíric i que puguem relacionar amb la temperatura. En el següent apartat s'explica la manera d'obtenir aquest valor.

### 3.3 Càlcul de la data mitjana de vol (DMV)

Tal i com dèiem, necessitem un valor que ens indiqui la data mitjana en què apareix la papallona en cadascun dels anys de mostreig. Podríem prendre la primera setmana en què s'observen individus però aquest valor no tindria en compte l'abundància i aquesta és una informació que no podem deixar perdre.

Per calcular un indicador que tingui en compte la setmana i l'abundància de papallones es proposa fer el següent:

- Multiplicar el número de setmana per el nombre de papallones d'aquella setmana
- Sumar els valors de totes les setmanes
- Dividirem el resultat pel total de papallones comptades en tot el període

Al resultat d'aquest càlcul l'anomenarem "Setmana mitjana de vol" (abreviat SMV) i ens indicarà en quin moment ja s'han comptat la meitat dels individus de la temporada.

Les dades de 1994 són:

Setmana	Individus
12	0
13	0
14	9
15	36
16	69
17	42
18	16
19	7
20	1
21	1
22	1

El càlcul de la SMV serà així:

$$\frac{(14 * 9) + (15 * 36) + (16 * 69) + (17 * 42) + (18 * 16) + (19 * 7) + (20 * 1) + (21 * 1) + (22 * 1)}{9 + 36 + 69 + 42 + 16 + 7 + 1 + 1 + 1} = 16,31$$

Les dades de 1995 són:

Setmana	Individus
12	0
13	0
14	1
15	18
16	36
17	72
18	35
19	13
20	3
21	2
22	1

El càlcul serà:

$$\frac{(14 * 1) + (15 * 18,5) + (16 * 36) + (17 * 72) + (18 * 35) + (19 * 13) + (20 * 3) + (21 * 2) + (22 * 1)}{1 + 18,5 + 36 + 72 + 35 + 13 + 3 + 2 + 1} = 17,04$$

Si repetim aquest procés per a tots els anys obtindrem una taula com aquesta:

Any	SMV
1994	16,31
1995	17,04
1996	16,71
1997	15,10
1998	16,06
1999	15,32
2000	15,18
2001	14,70
2002	16,59
2003	16,03
2004	17,66
2005	16,95
2006	15,99
2007	15,98
2008	16,10
2009	15,69
2010	17,52
2011	16,11
2012	16,76
2013	17,79
2014	15,88
2015	16,05
2016	17,60
2017	16,00
2018	16,57
2019	16,58
2020	16,67
2021	16,54
2022	15,38

Ara ja podem comparar el comportament de les papallones amb la temperatura però això ho farem al pas següent.

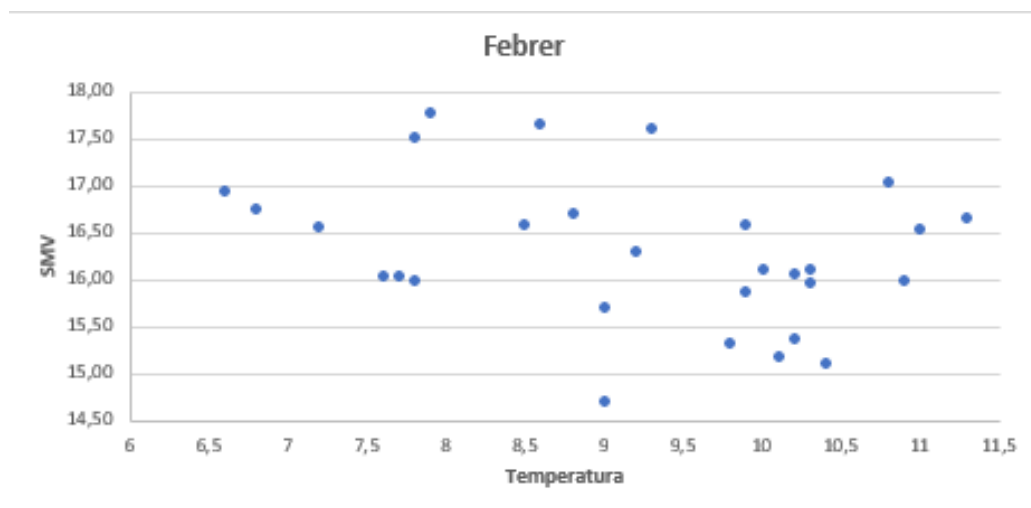


### 3.4 Comparació entre setmana mitjana de vol i temperatura

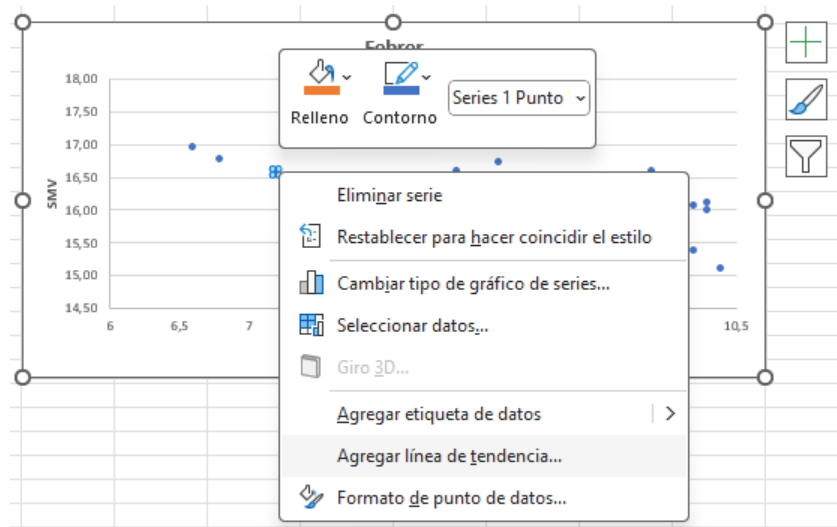
Com dèiem al primer pas, abans de res cal decidir quin mes utilitzarem per a comparar la temperatura. Si encara no us heu decidit, us proposem provar-ho amb el mes de febrer tot preparant una taula com aquesta:

Any	febrer	SMV
1994	9,2	16,31
1995	10,8	17,04
1996	8,8	16,71
1997	10,4	15,10
1998	10,2	16,06
1999	9,8	15,32
2000	10,1	15,18
2001	9	14,70
2002	8,5	16,59
2003	7,6	16,03
2004	8,6	17,66
2005	6,6	16,95
2006	7,8	15,99
2007	10,3	15,98
2008	10	16,10
2009	9	15,69
2010	7,8	17,52
2011	10,3	16,11
2012	6,8	16,76
2013	7,9	17,79
2014	9,9	15,88
2015	7,7	16,05
2016	9,3	17,60
2017	10,9	16,00
2018	7,2	16,57
2019	9,9	16,58
2020	11,3	16,67
2021	11	16,54
2022	10,2	15,38

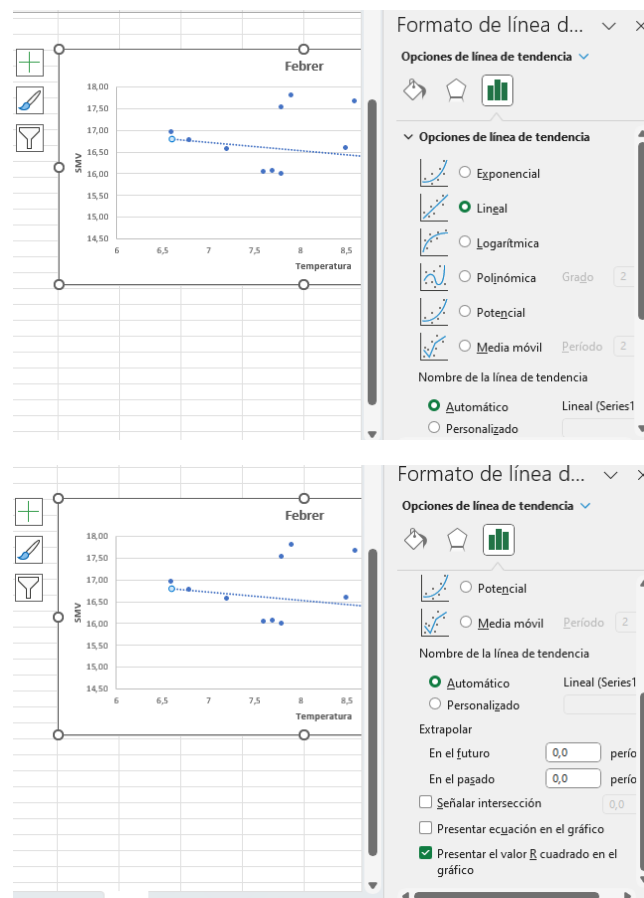
Seguidament farem un gràfic de punts confrontant temperatura i SMV:



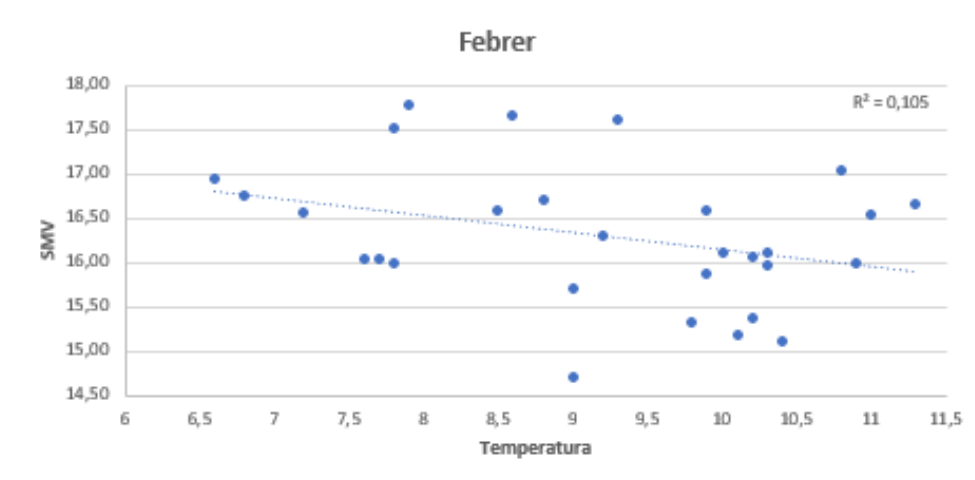
Fent clic amb el botó dret sobre un dels punts del gràfic escollirem l'opció "Agregar línea de tendencia"



Se'ns obrirà un quadre a la dreta de la pantalla. Al principi de l'apartat "Opciones de línea de tendencia" deixarem l'opció "Lineal" que surt per defecte. Al final d'aquest apartat trobarem la casella "Presentar el valor R cuadrado en el gráfico", la qual marcarem i tancarem el quadre d'opcions clicant la creu de dalt a la dreta.

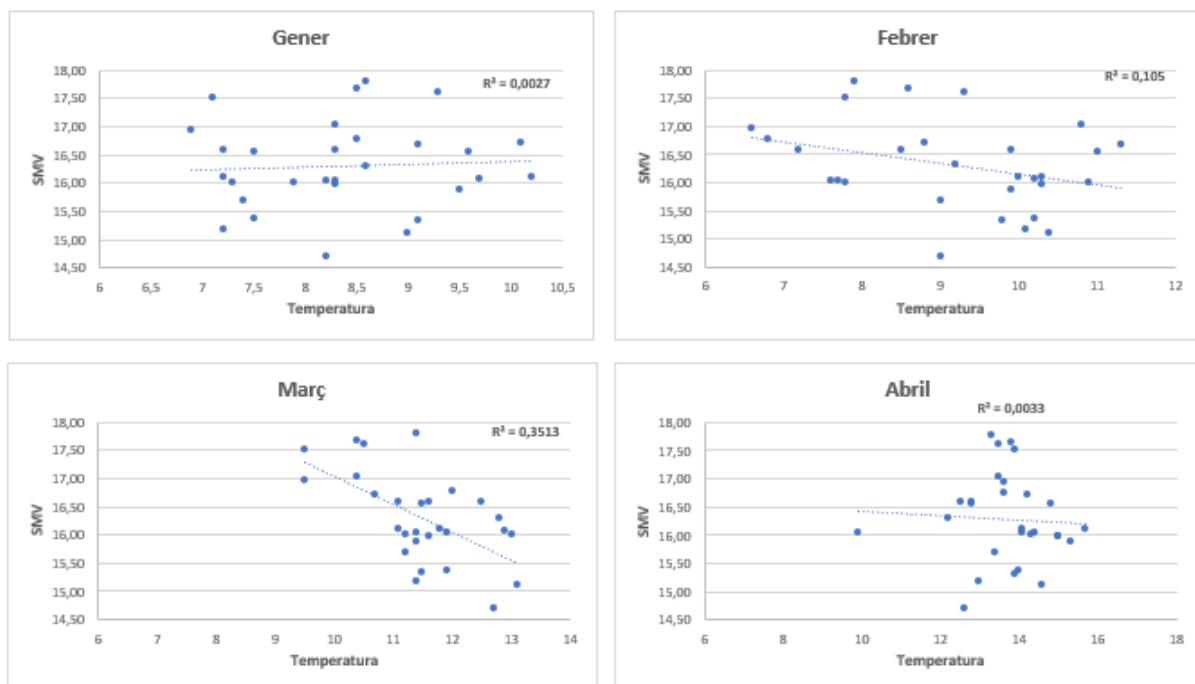


El resultat serà una cosa així:



El valor d' $R^2$  ens indica el grau d'ajust de la línia de regressió i es mou entre 0 i 1. Com més proper a 1, més ajustada serà la línia i podrem dir que les variables estan més relacionades. En el nostre gràfic observem una línia amb pendent negatiu cosa que indica que com més temperatura tenim més s'avança el període de vol de l'espècie. Tot i això el grau d'ajust de la línia és baix (0,105) i hem de prendre aquesta tendència com a lleugera.

Seguirem el mateix procediment per els altres mesos i així podrem comparar els resultats:



Veiem que els dos únics mesos que presenten una relació considerable són el febrer i el març. Gener i abril presenten un ajust molt baix.

## 4 Conclusions

La nostra anàlisi ens permet comprovar com, efectivament, la data d'aparició de l'escac ibèric a la zona del Cortalet varia notablement en funció de la temperatura dels mesos en què les larves s'estaven desenvolupant. Els resultats confirmen plenament la predicció de què una temperatura més alta es tradueix en un desenvolupament més ràpid de les larves i, per tant, en un avançament de l'aparició dels adults.

A més, explorant les dades hem pogut comprovar que no tots els mesos tenen un efecte apreciable sobre la fenologia d'aquesta papallona. Concretament, veiem que són els mesos de febrer i, sobretot, març els que tenen conseqüències més importants en el període de vol. Per tant, en aquesta localitat particular, podem predir que si el canvi climàtic dóna lloc a un augment progressiu de les temperatures de finals d'hivern i començament de primavera, el període de vol de l'escac ibèric s'anirà avançant cada cop més.

Les conseqüències que això pot tenir sobre el funcionament de l'ecosistema són molt més difícils de predir. En algunes zones del centre d'Europa ja s'han observat disrupcions en les relacions tròfiques entre ocells insectívors i les larves de papallones de què s'alimenten, que han provocat la disminució de les poblacions dels ocells (Both *et al.*, 2006). Concretament, s'ha comprovat que tant les larves de papallones com l'arribada dels ocells migradors han avançat la seva aparició, però les magnituds d'aquests avançaments difereixen: les papallones s'han avançat més que no pas els ocells, i això significa que quan els ocells arriben per reproduir-se, la disponibilitat d'erugues és menor que abans. Altres estudis de caire més teòric també suggereixen que els canvis en la fenologia dels insectes pol·linitzadors i les flors pot provocar pèrdues de sincronització apreciables. Això podria tenir conseqüències importants en diferents tipus de conreus, la productivitat dels quals depèn en gran mesura de l'eficiència pol·linitzadora dels insectes.

## 5 Bibliografia

Both, C., Bouwhuis, S., Lessells, C.M. & Visser, M.E., 2006. Climate change and population declines in a long- distance migratory bird. *Nature*, 441: 81-83.

Gordo, O. & Sanz, J.J., 2005. Phenology and climate change: a long-term study in a Mediterranean locality. *Oecologia*, 146: 484-495.

Memmott, J. Craze, P.G., Waser, N.M. & Price, M.V., 2007. Global warming and the disruption of plant- pollinator interactions. *Ecology Letters*, 10: 710-717.

Peñuelas, J. & Filella, I., 2001. Responses to a warming world. *Science*, 294: 793-795.

Pollard, E. & Yates, T.J., 1993. *Monitoring butterflies for ecology and conservation*. Chapman & Hall, London.

Roy, D.B. & Sparks, T.H., 2000. Phenology of British butterflies and climate change. *Global Change Biology*, 6: 407-416.

Stefanescu, C., Peñuelas, J. & Filella, I., 2003. Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin. *Global Change Biology*, 9: 1494-1506.