

Estudi



del



fototactisme

en el



cuc de la farina



Curs 2012-2013

ÍNDIX

0. Introducció	3
1. Els insectes	4
2. L'escarbat de la farina	6
2.1. Morfologia i cicle vital	6
2.2. Relació amb l'home	8
3. Respostes als estímuls ambientals	9
3.1. Els tropismes i les nàsties	9
3.2. Els tactismes	10
4. Els insectes i la llum	12
4.1. La visió dels insectes	12
4.2. La llum	13
4.2.1. L'espectre visible	13
4.2.2. La llum negra	15
4.3. El fototactisme	15
5. Cria de l'escarbat de la farina (<i>Tenebrio molitor</i>)	19
6. Estudi del fototactisme del <i>Tenebrio molitor</i>	28
6.1. Resposta de les larves a un estímul lluminós directe	29
Resposta dels adults a un estímul lluminós directe	32
6.2. Resposta de les larves a un estímul lluminós reflectit	34
6.3. Resposta de les larves a estímuls lluminosos de diferents colors	37
Resposta dels adults a estímuls lluminosos de diferents colors	40
6.4. Resposta de les larves a la llum blanca i a les llums monocolors	43
6.5. Resposta de les larves a la llum negra	46
6.6. Preferència de les larves entre llum blanca i llum negra i entre llum negra i llum vermella	49
6.7. Preferència de les larves entre colors contigus de l'espectre	53
7. Conclusions	59
8. Fonts d'informació	60

0. Introducció

Sempre m'han agradat molt els insectes i els animals en general, així que vaig pensar a fer una recerca relacionada amb ells. No volia fer només un estudi bibliogràfic, sinó treballar amb animals vius. El cuc de la farina em va semblar perfecte perquè podia experimentar amb ell a casa i amb facilitat. Així doncs, el tema del meu treball és aquest insecte, anomenat científicament *Tenebrio molitor* i, en concret, l'estudi del fototactisme en aquest animal, és a dir, la seva resposta a estímuls lluminosos.

Aquest tema té molts avantatges, ja que el cuc de la farina és un animal molt fàcil de criar, i a més és molt interessant i creatiu poder dissenyar experiments per tal d'esbrinar com percep la llum.

Els objectius d'aquest treball són principalment tres:

- Aconseguir una població estable de *Tenebrio molitor* amb animals suficients per poder dur a terme els experiments de fototactisme.
- Comprovar que el cuc de la farina té fototactisme negatiu, tot elaborant experiments i tractant les dades seguint una metodologia científica.
- Estudiar les respostes de l'animal a diferents fonts de llum.

Al gener, vaig demanar els tenebris al Centre de Recursos CDEC de Barcelona (a través del CRP Alta Ribagorça), i em van arribar uns 50 individus en diferents fases de desenvolupament. Durant el curs vaig estar elaborant un diari on anotava tot el procés de cria. A l'estiu, em vaig endinsar en la part pràctica del treball, dissenyant els experiments, buscant els materials adients per poder realitzar-los i portant-los a terme. Finalment, aquesta tardor he fet la redacció final i l'elaboració de les conclusions.

No m'he trobat amb grans dificultats a l'hora de dur a terme el treball, només coses puntuals, com aconseguir la temperatura òptima del terrari, o dificultats específiques dels experiments, com per exemple, trobar un material de plàstic de diferents colors, que deixés passar la llum i que fos una mica rugós per facilitar el desplaçament dels animals.

El treball està constituït per dues parts: els fonaments teòrics, on es fa una introducció al *Tenebrio molitor*, als tropismes i tactismes i a l'espectre lluminós, i la part experimental, que també està constituïda per dos blocs, el primer és el diari de cria dels cucs, i el segon la descripció dels experiments, el tractament de les dades i les conclusions.

Per acabar, m'agradaria donar les gràcies al meu oncle, José Luis Maestro, pels seus savis consells sobre la manera de dissenyar experiments científics i tractar les dades, i també a la meva professora i tutora, Isabel Reynal, pels seus encertats suggeriments i correccions, i el seu interès.

1. Els insectes

Els organismes es classifiquen en categories de mida decreixent que presenten més similituds i connexions evolutives entre els seus membres com més restrictives són. Els grups més amplis es denominen dominis, els quals es subdivideixen en *phyla*, classes, ordres, famílies, gèneres i, finalment, espècies. Els insectes pertanyen al domini de les *eucariotes* i dins d'ell, al *phylum* dels artròpodes (amb els crustacis, les aranyes i els miriàpodes). La ciència que els estudia es denomina *entomologia*.

Els insectes són el grup d'animals més divers de la Terra amb gairebé un milió d'espècies descrites i, a més, han colonitzat amb èxit tots els ambients del planeta tret dels mars.

Els ordres més importants són els coleòpters, com els escarabats; els lepidòpters, com les papallones; els dípters, com les mosques i els mosquits; els himenòpters, com les formigues, les abelles i les vespes; els hemípters, com els pugons i les xinxes; els ortòpters, com els saltamartins i els grills; i els odonats, com les libèl·lules.

El seu cos està format per segments agrupats en tres regions anomenades *tagmes*: cap, tòrax i abdomen, uniformement recobertes per un exoesquelet de quitina anomenat cutícula. Presenten un parell d'antenes al cap, tres parells de potes i dos parells d'ales al tòrax. Les ales poden estar molt reduïdes o fins i tot faltar en alguna o en totes les fases vitals, com en el cas de les formigues obreres. En alguns grups, com els escarabats, un parell d'ales està endurit (s'anomenen èlitres) i té la funció de protegir l'altre parell.

El règim alimentari dels insectes és molt variat i, a grans trets, es poden diferenciar els següents grups:

Fitòfags: s'alimenten de tot tipus de productes vegetals. Destaquen els menjadors de fulles, com les erugues; els menjadors de fusta, com els corcs; els granívors, com els escarabats de la farina; i els que liben el nèctar de les flors, com les papallones i les abelles.

Percentatge d'espècies dels principals ordres d'insectes

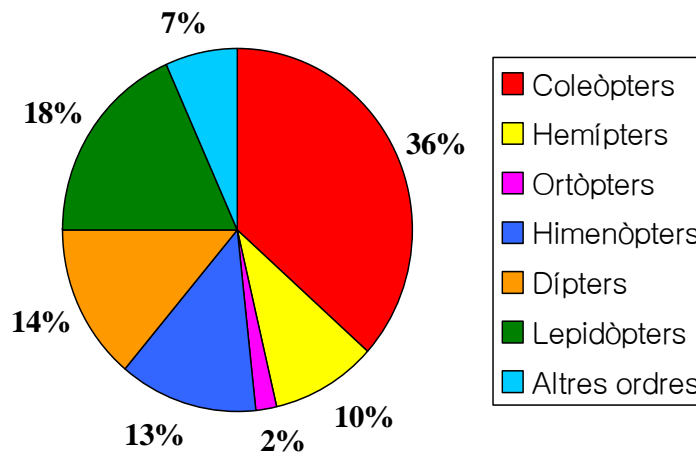


Fig. 1.1. Els coleòpters constitueixen l'ordre més abundant.

Zoòfags: s'alimenten de preses vives. N'hi ha de depredadors, que capturen les seves preses, com les libèl·lules o els pregadéus; d'hematòfags, que s'alimenten de sang, com els mosquits o els tàvecs; també n'hi ha de paràsits, com els polls (ectoparàsits) o algunes vespes, que ponen els ous en el cos d'un altre insecte (endoparàsits).



Fig. 1.2. Els pregadéus cacen les seves preses.

Omnívors: tenen un règim alimentari variat, mengen tot tipus de substàncies vegetals i animals. En aquest grup estan les formigues i els grills.

Sapròfags: s'alimenten de matèria orgànica animal o vegetal en descomposició; entre ells destaquen els necròfags (s'alimenten de cadàvers), els saproxilòfags (s'alimenten de fusta en descomposició) o els copròfags (reciclen els excrements); en són exemples algunes mosques i escarabats, les arnes, els corcs i els tèrmits.

De vegades el règim alimentari varia en les diferents fases de la vida o en els diferents sexes. Per exemple, hi ha larves de mosca sapròfagues els adults de les quals són libadors de nèctar; o en el cas dels mosquits, les femelles són hematòfagues i, en canvi, els mascles són fitòfags.

Dins de cada grup, n'hi ha que són polífags, és a dir, tenen diferents fonts d'aliment i, en canvi, n'hi ha de molt selectius, els quals depenen d'una sola font alimentària.

Pel que fa a la reproducció, la majoria d'insectes tenen sexes separats, han d'aparellar-se per reproduir-se i són ovípars. L'organisme que surt de l'ou ha d'experimentar una sèrie de canvis per arribar a ser adult, aquest procés s'anomena *metamorfosi*. La metamorfosi pot ser simple, com la del saltamartí o el grill, que en sortir de l'ou s'assemblen molt al seus progenitors i només han de mudar de pell per anar creixent; o pot ser completa, com la de les papallones, les mosques, els escarabats o les vespes, que canvien molt i passen per quatre estadis: ou, larva, pupa o crisàlide i imago o adult.

2. L'escarabat de la farina

2.1. Morfologia i cycle vital

El tenebri (*Tenebrio molitor*, de *tenebra* = obscuritat i *molitor* = moliner), anomenat comunament escarabat de la farina, és una espècie de coleòpter de la família dels tenebriònids. Com tots els insectes holometàbols (amb metamorfosi completa) segueix un cycle de quatre estadis diferents en la seva vida: ou, larva, pupa i adult.

Les larves, conegudes com a cucs de la farina, quan surten de l'ou són molt petites (<0,5 mm), però van creixent i arriben a mesurar al voltant de 35 mm de longitud; són del color de la mel i presenten un ratllat continu paral·lel a la segmentació. Els adults tenen el cos allargat, que pot arribar a fer 15 mm de longitud; les antenes i les potes són vermellores, i els èlitres estan estriats longitudinalment i són negres; presenten ales funcionals, però no poden volar.



Fig. 2.1. Larves de *Tenebrio molitor*.

A les larves els agrada la foscor i estar subjectes a algun substrat. A mesura que creixen, experimenten fins a 15 mudes de la cutícula. El cuc de la farina acabat de mudar és blanc i poc a poc es va tornant groc-ataronjat. En la seva última muda perd la pell i s'enrosca per formar la pupa. L'estat larvari dura



Fig. 2.2. Els adults d'un color més clar són els que acaben de sortir de la pupa.

entre dos i quatre mesos, depenent de la temperatura ambiental.

Entre 24 i 48 hores abans de passar a la fase de pupa, la larva s'acostuma a col·locar a la superfície del medi on viu amb el cos lleugerament doblegat i roman immòbil. Aleshores es pigmenta amb unes línies longitudinals discontinues (clarament perceptibles amb l'ajut d'una lupa), situa-

des al costat de cadascun dels set primers segments abdominals, i paral·leles a una línia quitinosa contínua que recorre totalment aquests segments. Aquestes línies es van fent més fosques i nítides a mesura que s'acosta el moment de la transformació de larva a pupa.

La pupa és blanca en un principi i s'anirà tornant més marró a mesura que vagi madurant. Aquest estadi pot durar entre 6 i 30 dies, depenent també de la temperatura de l'ambient. Les pupes són molt vulnerables i poden ser devorades per larves o adults de la mateixa espècie; no s'alimenten i s'estan quietes sobre la superfície del medi, però, si es toquen, fan uns vigorosos moviments abdominals.

És en la fase de pupa quan es pot distingir el sexe del tenebri, amb l'ajut d'una lupa binocular. Observarem la cara ventral de la part posterior de l'abdomen: a l'últim segment de l'abdomen la femella té dos apèndixs curts que, en el mascle, són gairebé imperceptibles.

De la pupa en surt un adult que és blanc i necessita unes 48 hores per pigmentar-se. Durant aquesta etapa és fàcilment atacable pels altres adults o per les larves. Al cap de dos o tres dies, els adults comencen a aparellar-se i les femelles poden començar a pondre ous entre 10 i 15 dies després.



Fig. 2.3. Escarabat de la farina adult.

El dimorfisme sexual no és fàcilment apreciable en els adults: les diferències de mida que s'hi observen són a causa de l'alimentació rebuda en la fase larvària. El que sí que es pot arribar a apreciar amb una observació detallada són els diferents genitals d'ambdós sexes.

La larva s'utilitza amb freqüència com aliment viu de mascotes exòtiques insectívores, com els rèptils i alguns ocells. També s'utilitza com a esquer de pesca. Té un gran component lipídic, ja que necessita acumular reserves energètiques per a la fase de pupa. Moltes vegades es ven en botigues de mascotes en un recipient ple de segó.

Aquests animals són molt resistents a les temperatures extremes. La temperatura òptima per al seu desenvolupament està entre els 25° i els 27°C, però poden suportar temperatures que oscil·len entre els 5° i els 32°C.

2.2. Relació amb l'home

Fa uns 10.000 anys, quan l'ésser humà va esdevenir sedentari, en el que s'ha anomenat la revolució del neolític, va començar a cultivar vegetals com el blat, l'ordi i algunes lleguminoses. L'emmagatzematge d'aquests aliments va fer que molts insectes ampliessin el seu biòtop adaptant-se a aquest nou hàbitat, normalment fosc i amb poques variacions de temperatura i humitat.

El *Tenebrio molitor* és un d'ells i menja principalment farina, encara que és un insecte polípag, capaç d'alimentar-se d'una gran quantitat de nutrients d'origen vegetal i animal, com galetes, pa, restes de carn, cuir, insectes morts i fusta en descomposició.

Els seus recursos alimentaris fan que aquest escarabat pugui originar plagues. Segons dades de la FAO (Food and Agriculture Organization) s'ha pogut demostrar que els tenebriònids arriben a destruir o contaminar prop del 10% de la producció mundial de gra, i aproximadament la meitat de la producció dels països subdesenvolupats. Amb tot, el *Tenebrio molitor* es considera capaç de provocar una plaga de menys importància que les produïdes per altres insectes, però cal anar amb compte en magatzems de farina, ja que pot produir importants destrosses.

En algunes cultures és molt habitual el consum d'insectes com a part de la dieta humana. El cuc de la farina és un d'ells pel seu alt contingut proteic, fet que el fa aconsellable per baixar de pes o com a esteroide natural. A occident, on el consum d'insectes no és tradicional (a diferència d'Àsia, Àfrica o Sudamèrica) de vegades es serveix com a aperitiu o tapa o per amanir algun còctel exòtic. També poden presentar-se a l'interior d'un caramel transparent.



Fig. 2.4. Piruletes amb insectes caramelitzats. A la groga es veu clarament un cuc de la farina.

De tota manera, no és aconsellable menjar aquestes larves sense cap control sanitari, perquè, juntament amb el *Tribolium confusum* (escarabat petit de la farina), és una de les espècies responsables de transmetre a l'home i a altres animals el paràsit intestinal *Hymenolepis nana*, un cuc semblant a la tènica, ja que alberga la seva larva; l'home també pot infectar-se ingerint pa contaminat per aquests coleòpters.

3. Respostes als estímuls ambientals

Tots els éssers vius són capaços de respondre als canvis que es produeixen en el seu entorn, és a dir, són capaços de relacionar-se amb ell. Les respostes poden implicar un moviment de l'organisme o la segregació d'una substància.

3.1. Els tropismes i les nàsties

Les plantes no tenen òrgans sensorials ni sistema nerviós, per això les seves respostes enfront dels estímuls tenen un control exclusivament hormonal. Això implica respostes lentes, senzilles i generalitzades, que poden ser de dos tipus: nàsties i tropismes.

Les **nàsties** són respostes passatgeres de determinats òrgans d'un vegetal davant d'un estímulo de caràcter extern i difús, i es basen en processos de creixement o en el canvi de turgència de grups de cèl·lules que varien el seu volum mitjançant el control d'entrada i sortida de l'aigua. El moviment resultant respon a l'estímul però no està dirigit ni a favor ni en contra d'ell. Per exemple, la fotonàstia és una resposta a la llum: algunes flors s'obren a la matinada i es tanquen al capvespre.



Fig. 3.2. Clar exemple de tigmotropisme: algunes plantes creixen en contacte amb un suport i s'enganxen a ell mitjançant circells.

El terme **tropisme** ve del grec *trope* "girar-se". Els tropismes són les respostes específiques que donen les plantes als diferents estímuls que es produeixen en algun factor del seu medi. Comporten moviment o orientació i poden ser positius o bé negatius, segons s'apropin o s'allunyin de l'estímul respectivament. Es coneixen molts tipus de tropismes, però els més freqüents són:

Fototropisme: en aquest cas l'estímul és la llum. Les plantes s'orienten seguint la direcció de la llum solar i creixen cap a ella.

Hidrotropisme: la resposta s'efectua davant l'estímul de l'aigua. Totes les arrels de les plantes presenten hidrotropisme positiu, perquè creixen cap als llocs humits.



Fig. 3.1. Les plantes presenten fototropisme positiu.

Tigmotropisme: l'estímul és el contacte amb objectes sòlids. Per exemple, les vinyes o les heures sempre creixen al voltant d'un objecte al qual enganxen els cirrells, possibilitant el creixement cap a dalt.

Geotropisme: aquí intervé l'estímul de la força gravitatòria de la Terra. Les primeres arrels que germinen d'una llavor presenten geotropisme positiu, perquè creixen cap avall independentment del sentit en què hagi estat plantada. Això els possibilita un millor arrelament al terra. En canvi, les tiges presenten geotropisme negatiu.

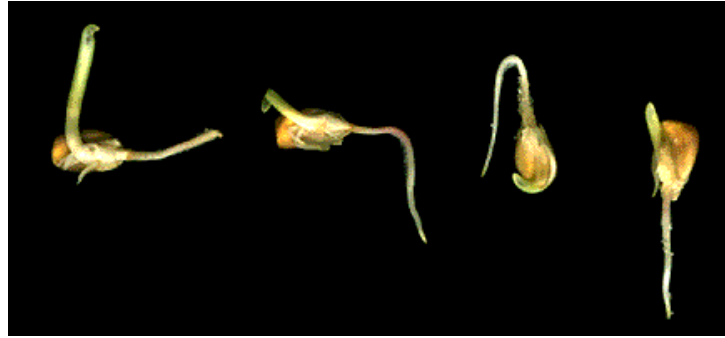


Fig. 3.3. Les arrels de les llavors sempre creixen cap avall.

Quimiotropisme: és l'orientació de les arrels cap a les substàncies químiques que serviran de nutrients a la planta.

3.2. Tactismes

Es denomina tactisme al moviment dirigit d'un animal de complexitat simple o intermèdia, com a resposta a un estímul del medi. La resposta dels animals davant un estímul és més complexa que la que efectuen les plantes, ja que aquestes, a més de tenir un control hormonal, en tenen un altre: el nerviós, que s'exerceix a través dels centres nerviosos i els òrgans dels sentits. La coordinació dels dos sistemes permet que les respostes siguin més ràpides, més complexes i més concretes i, per tant, més eficients que les de les plantes. Els tactismes també es diferencien dels tropismes en que les respostes efectuades pels animals són reversibles a curt termini i les de les plantes no.

En els animals poc complexos el sistema nerviós és molt primitiu. Per aquest motiu les respostes són senzills moviments de translació d'acostament o allunyament de l'estímul. Els tactismes més freqüents són:

Fototactisme: és el desplaçament cap a o en contra de la llum. Aquesta resposta l'estudiarem amb detall més endavant.

Gravitactisme: és el desplaçament cap a o en contra de la força de gravetat. Les marietes, per exemple, en agafar-les amb la mà sempre es desplacen en contra de la força gravitatòria i tendeixen a pujar pel braç.



Fig. 3.4. Les marietes presenten gravi-tactisme negatiu.

Tigmotactisme: és la resposta enfront les vibracions, el contacte físic o la pressió exercida sobre un punt. Per exemple, els escarabats de cuina s'amaguen en esquerdes molt petites, de manera que estan en contacte amb la paret, tenen tigmotactisme positiu.

Termotactisme: moviment cap a o en contra d'una font de calor.

Anemotactisme: és el desplaçament en funció de la direcció del vent. Entre els insectes, per exemple, l'olor de la presa o de companys sexuals potencials provoca una tendència a moure's contra el vent, fins que la font de l'estímul químic es troba.

Barotactisme: és el desplaçament en funció dels canvis de pressió del medi.

Quimiotactisme: reacció a la presència de determinades substàncies químiques.

Galvanotactisme: desplaçament en funció del corrent elèctric, aquesta resposta es dona generalment a nivell cel·lular.

Hidrotactisme: és el desplaçament en funció de la disponibilitat d'aigua. Per exemple, els cucs de terra presenten un hidrotactisme positiu, ja que fan les seves galeries als llocs on la terra és humida per tal d'assegurar un millor desenvolupament dels ous i una protecció del seu cos, perquè aquest no presenta cap tipus d'aïllament contra la dessecació.

4. Els insectes i la llum

4.1. La visió dels insectes

La visió, fenomen gairebé omnipresent en els animals, permet les interaccions dels éssers vius amb la llum.

La gran majoria dels insectes han desenvolupat òrgans fotoreceptors. Tan sols es consideren cecs els insectes que poblen hàbitats subterranis, i en la major part dels casos es tracta d'una adaptació secundària, és a dir, van perdre els ulls, o els òrgans equivalents, un cop van ocupar el seu hàbitat, en algun moment de l'evolució.

Els insectes fotosensibles han desenvolupat diversos sistemes per veure, o el que és el mateix, per poder captar les diferents longituds d'ona de la llum. Aquests sistemes es poden presentar alhora en el mateix individu o aparèixer per separat. Bàsicament, ens podem trobar amb tres sistemes fotoreceptors:



Fig. 4.1. Ulls d'un tàvec on s'aprecien els ommatidis.

- *Receptors dèrmics*: es tracta de cèl·lules fotoreceptores distribuïdes per la cutícula que informen l'animal de la presència o absència de llum. Aquest és el cas per exemple de l'escarabat de la farina.
- *Ocells*: també anomenats ulls simples pel fet d'estar formats per un únic *ommatidi*. Els ommatidis són unitats sensorials formades per cèl·lules fotoreceptores capaces de distingir entre la presència i la falta de llum, i en alguns casos capaces de distingir entre colors. Apareixen en els aràcnids i en la majoria d'insectes.
- *Ulls compostos*: estan formats per una quantitat variable d'ommatidis, que pot anar des de 12 fins al voltant de 30.000, com els que presenten algunes espècies d'espiadimonis. Aquest tipus d'ull es presenta en els insectes i en els crustacis. Molts insectes, com les formigues obreres, tenen ulls compostos i també ocells.

4.2. La llum

4.2.1. L'espectre visible

Les radiacions electromagnètiques que ens arriben del sol són un conjunt d'ones que es propaguen a l'espai. Cada una d'elles es caracteritza per la longitud d'ona i la freqüència, i el seu conjunt configura l'espectre electromagnètic.

Coneixem com espectre visible la regió d'aquest espectre que l'ull humà és capaç de percebre. A la radiació electromagnètica en aquest rang de longituds d'ona se l'anomena llum visible.

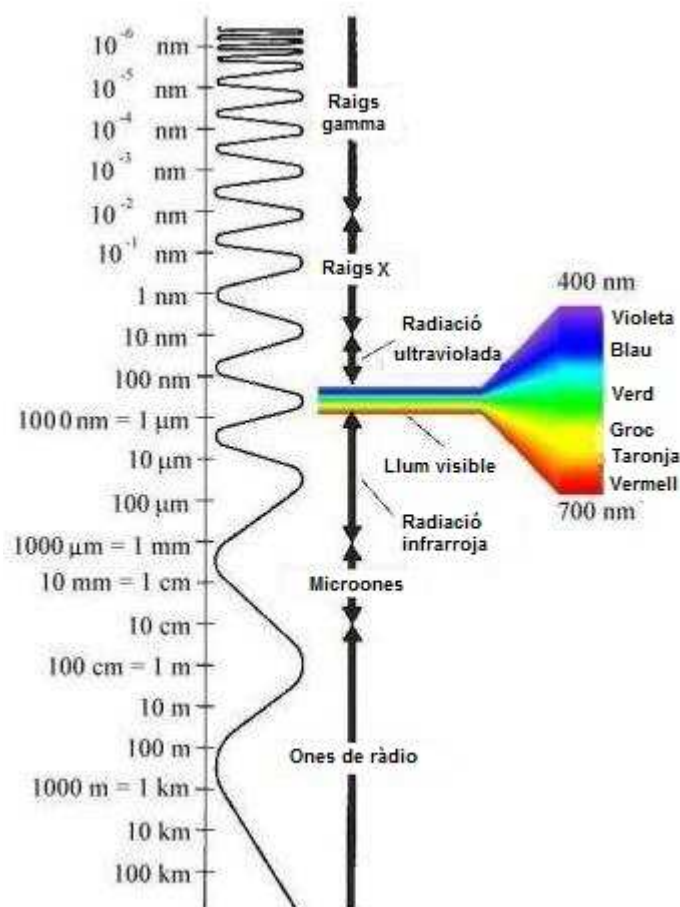


Fig. 4. 2. La llum visible és només una petita part de la radiació electromagnètica.

No hi ha un límit exacte de l'espectre visible: en general, l'ull humà pot veure les radiacions electromagnètiques compreses entre el violeta, 400 nm (nanòmetres) i el vermell, 700 nm, i posseeix una sensibilitat màxima a la llum de longitud d'ona d'uns 550 nm, que correspon a un color groc-verd.

Newton va dividir l'espectre visible en set colors: vermell, taronja, groc, verd, blau, anyil (o indi) i violeta. Va imaginar que eren set colors per una creença procedent dels sofistes de l'antiga Grècia, que deien que hi havia una connexió entre els colors, les notes musicals, els dies de la setmana i els objectes coneguts del sistema solar.

L'espectre visible és continu, per la qual cosa aquesta divisió en set colors, els colors de l'arc de sant Martí, és arbitrària. Darrerament es tendeix a suprimir l'anyil, el blau profund entre el blau i el violeta, i considerar només sis colors.



Fig. 4.3. Un ull humà normal pot percebre radiacions d'uns 400nm a 700nm.

L'espectre, tanmateix, no conté tots els colors que els ulls humans i el cervell poden distingir. Marró, rosa i fúcsia, per exemple, estan absents perquè resulten de la barreja de múltiples longituds d'ona.

L'ultraviolat (UV) i l'infraroig (IR) són considerats en termes físics com a llum però no són visibles per a l'ull humà. Tanmateix, els ulls d'altres espècies perceben longituds d'ona de l'espectre que són diferents de les que podem veure nosaltres. Per exemple, molts insectes, com les abelles, poden veure la llum ultraviolada, que els és molt útil per trobar el nèctar a les flors. Per aquesta raó, les espècies de plantes que tenen un cicle de vida lligat a la pol·linització per mitjà de la intervenció dels insectes poden tenir més o menys èxit en funció del seu aspecte sota la llum ultraviolada, molt diferent de l'aparença que presenten als nostres ulls.

4.2.2. La llum negra

La llum negra és el nom emprat per definir la radiació electromagnètica ultraviolada propera, amb un component residual molt petit de llum visible.

La radiació ultraviolada és mutàgena i nociva per als organismes, però la de les làmpades de llum negra, amb una longitud d'ona entre 350 nm i 400 nm, no produeix danys.

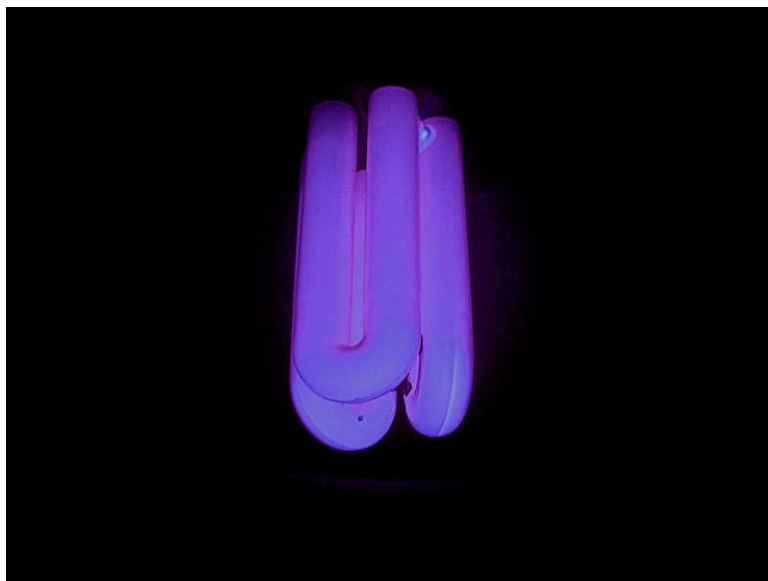


Fig. 4.4. El vidre de Wood, del qual estan fetes aquestes bombetes de llum negra, bloqueja les radiacions amb longitud d'ona superior a 400 nm.

La làmpada de llum negra no es fa servir com a il·luminació, perquè de fet gairebé no fa llum, només un tènue resplendor violeta, que és el color que té més a prop en l'espectre visible. S'utilitza en ambients foscos per ressaltar alguns colors sobre altres, especialment el blanc i els colors fluorescents, aconseguint efectes sorprenents. També s'usa per detectar bitllets falsos.

4.3. El fototactisme

Com hem dit abans, el fototactisme és la resposta a la llum dels animals poc complexos. Pot ser positiu o negatiu segons s'hi apropin o se n'allunyin respectivament.

És comú observar les arnes i altres insectes volar al voltant de les llums nocturnes als carrers o de les espelmes i les bombetes a les cases. Això implica sovint un perill per a elles i no se sap amb seguretat quin avantatge poden obtenir els insectes amb aquest comportament.

Hi ha diferents hipòtesis que intenten explicar aquesta conducta.

Es coneix que moltes espècies d'arnes són migratòries i viatgen d'una latitud a una altra segons les estacions. Un suggeriment sobre la forma en què es guien en la migració és l'ús de la llum de la lluna com a punt de referència, ja que la majoria són espècies nocturnes. Utilitzen una tècnica de navegació astronòmica anomenada *orientació transversal*.

En mantenir una relació angular constant amb una llum brillant celeste, com la lluna, poden volar en línia recta. Els objectes celestes estan tan lluny que, fins i tot després de viatjar grans distàncies, el canvi en l'angle de la trajectòria entre l'arna i la font de llum és menyspreable i, a més, la lluna està sempre a la part superior del camp visual o en l'horitzó. Aquesta orientació es complementa amb la percepció que tenen aquestes papallones nocturnes del camp magnètic de la Terra (com si tinguessin una brúixola interna), que es converteix en l'única font d'orientació quan no hi ha lluna.

La trobada d'una arna amb una font de llum artificial probablement li genera confusió. La distància entre l'animal i la llum és molt més petita que en el cas de la lluna i, per tant, l'angle canvia notablement després de només una curta distància. L'arna, per instint, intentarà corregir la direcció girant cap a la llum, amb el resultat d'una trajectòria de vol en espiral que s'acosta cada vegada més a prop de la font de llum. (Veure figura 4.6.)

Per tant, l'atracció de les arnes cap als llums elèctrics pot estar relacionada amb el seu medi d'orientació. Després de tot han fet servir aquest sistema durant milions d'anys, mentre que la llum artificial només té pocs anys d'existència i segurament no han tingut temps d'adaptar-se a aquests nous factors introduïts per l'ésser humà.



Fig. 4.5. Les bombetes atrauen les arnes

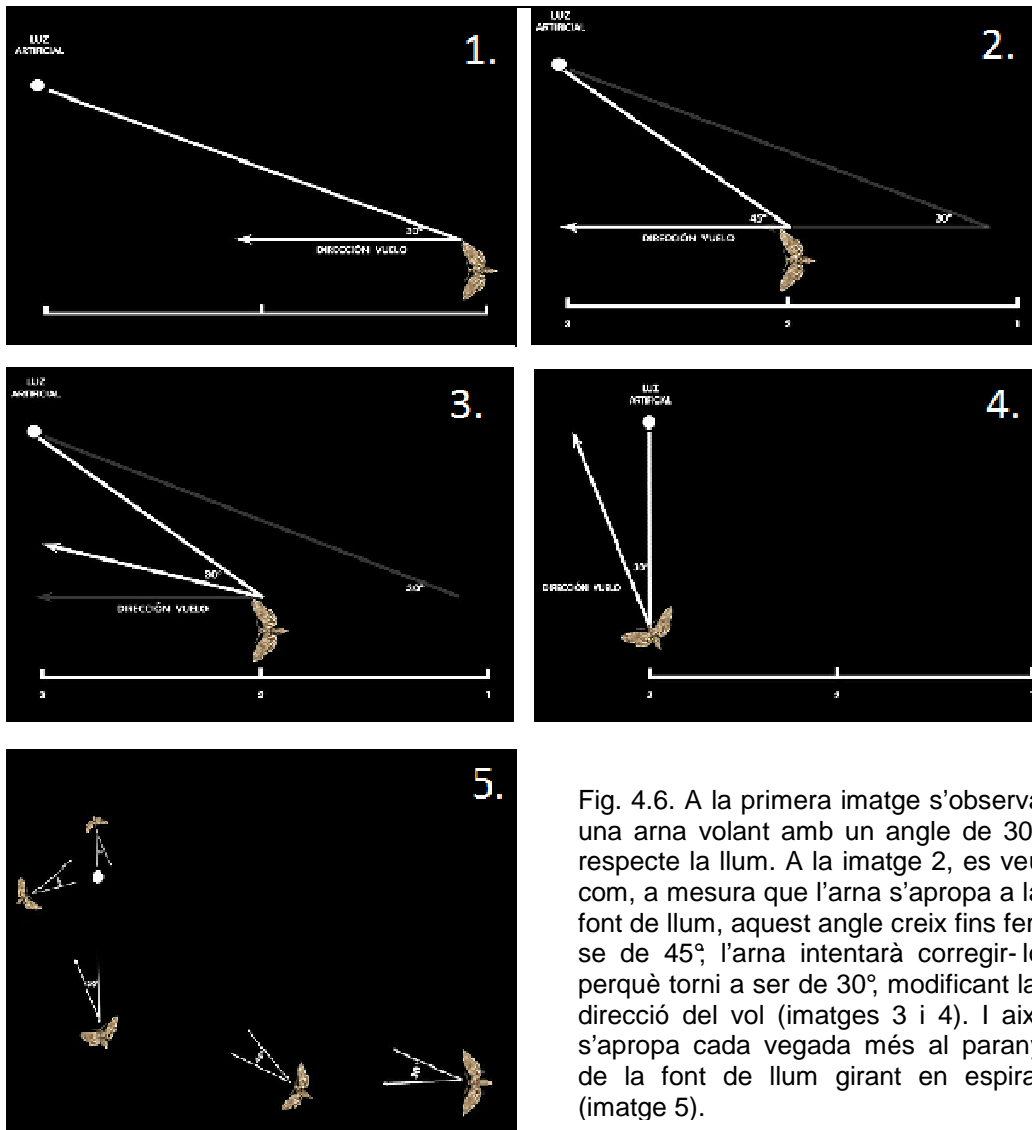


Fig. 4.6. A la primera imatge s'observa una arna volant amb un angle de 30° respecte la llum. A la imatge 2, es veu com, a mesura que l'arna s'apropa a la font de llum, aquest angle creix fins fer-se de 45°, l'arna intentarà corregir-lo perquè torni a ser de 30°, modificant la direcció del vol (imatges 3 i 4). I així s'apropa cada vegada més al parany de la font de llum girant en espiral (imatge 5).

Per altra banda, se sap que les arnes i altres insectes nocturns són més sensibles a certes longituds d'ona de la llum, com ara la ultraviolada, mentre que no responen a altres. Per exemple una llum blanca atreu aquests insectes, però la llum groga no, perquè la primera és més rica en radiació d'ona curta.

El grau de fototactisme és diferent en cada espècie i està relacionat no només amb la longitud d'ona de la llum sinó també amb les condicions ambientals, essent més intens en les nits càlides, humides i ennuvolades.

Una altra hipòtesi explica per què romanen prop de la llum, volant al seu voltant. Igual que en el cas dels humans, els ulls de les arnes triguen cert temps en ajustar-se en passar de la il·luminació a la foscor, però en els insectes

aquest ajust es realitza molt més lentament. Apartar-se de la font de llum significa volar a cegues, amb tots els perills que això implica per als insectes.

Per altra banda, l'escarabat de cuina o el cuc de la farina són un clar exemple de fototactisme negatiu, perquè la resposta consisteix en allunyar-se de la font de llum. Les raons d'aquesta resposta negativa segurament estan lligades a un mecanisme de defensa en front dels depredadors: amagar-se, fer més difícil la cacera. Potser també els resulta útil per evitar l'excés de radiació solar que pot comportar ressecament dels seus teguments.

5. Cria de l'escarabat de la farina (*Tenebrio molitor*)

L'objectiu de criar aquest escarabat és aconseguir una població estable d'adults i un nombre suficient de larves per tal de dur a terme diversos experiments sobre fototactisme. Els tenebris són animals fàcils de criar a casa: són molt resistents, no volen, no fan soroll ni olors desagradables i no necessiten una atenció constant. Com ja he dit, s'utilitzen per alimentar rèptils i com a esquer, així doncs, molta gent en té a casa i la web està plena de pàgines amb consells de cria.

Material necessari

- 1 capsa gran de plàstic o de vidre
- reixeta negra de malla fina
- farina integral
- llevat químic
- 1 capseta petita per posar les pupes
- 1 termòmetre
- 4 tubs d'assaig petits
- 1 sedàs de 2 mm de llum

Metodologia

Per fer el terrari, el que necessitem és una caixa gran, no gaire alta i ben ventilada de plàstic o vidre, millor que no sigui de fusta. Jo he fet servir una capsa de plàstic de 44cm x 28cm x 10cm. Cal posar una reixeta a l'obertura per tal que no entri massa llum i, a dins mateix del terrari, he posat una capseta petita, d'uns 7cm x 7cm per les pupes, que s'han de separar per tal d'evitar que siguin devorades per les larves.



Fig. 5.1. Capsa de cria amb tapa de reixeta doble negra.

Per fer el substrat nutritiu podem emprar, per exemple, segó de blat (o de civada, o de qualsevol altre cereal...), farina de blat (o altres...), trossets de pa, pa ratllat, una mica de llevat ... etc., creant una capa de no menys de 5 cm de gruix. El que he utilitzat, amb bons resultats, és una barreja de 2 Kg de farina de blat integral (comprada ja així) amb 10 g de llevat químic de sobre. Si es vol, es poden afegir també uns encenalls de fusta o tires de paper per fer més esponjosa la barreja. També cal afegir, setmanalment més o menys, algun trosset de fruita o verdura (pastanaga, poma...) que els agrada i, a més, proporcionarà una mica d'humitat. Com que l'ambient dels Pirineus és bastant sec, he posat també, tres o quatre tubs d'assaig plens d'aigua i tapats amb una mica de cotó, per tal que l'aigua es vagi evaporant a poc a poc.



Fig. 5.2. La pastanaga els hi agrada molt.

La calefacció, encara que no indispensable, és adequada i recomanable, ja que a menor temperatura, més lent és el cicle de vida i... per tant, la producció. Per això, són aconsellables esterilles calefactores a una temperatura constant de 25-27°C. En canvi, a l'estiu, amb el que s'ha de tenir cura és amb la calor, la ventilació (d'aquí la tapadora de reixeta) i els fongs, per tant, és recomanable posar un termòmetre una mica enterrat en el substrat per tal de tenir controlada la temperatura i vigilar que no hi hagi excés d'humitat a l'interior de la caixa.

La calefacció, encara que no indispensable, és adequada i recomanable, ja que a menor temperatura, més lent és el cicle de vida i... per tant, la producció. Per això, són aconsellables esterilles calefactores a una temperatura constant de 25-27°C. En canvi, a l'estiu, amb el que s'ha de tenir cura és amb la calor, la ventilació (d'aquí la tapadora de reixeta) i els fongs, per tant, és recomanable posar un termòmetre una mica enterrat en el substrat per tal de tenir controlada la temperatura i vigilar que no hi hagi excés d'humitat a l'interior de la caixa.

Diari de cria i manteniment

Durant tot el procés de cria he portat un diari on he anat anotant diferents observacions. Faig aquí un resum del més significatiu.

18-1-2012

Avui han arribat els tenebris des del Centre de Recursos CDEC de Barcelona en una capsa de cartró amb tres potets de plàstic:



Fig. 5.3. Els adults solen estar a la superfície del substrat.

un per a cada fase de desenvolupament. Concretament han arribat 21 larves, 20 pupes i 10 adults. Els he instal·lat al terrari ja descrit posant les pupes a la capseta i els he deixat a l'àtic de casa, on els arriba la calor de la calefacció.

19-1-2012

Avui he trobat dos adults a la capsula de les pupes (això vol dir que estaven molt madures) i una de les larves estava en plena metamorfosi: la pell s'ha anat obrint pel cap, i amb uns moviments que fa amb el cos, l'animal se l'ha anat traient fins que ha sortit completament. He de procurar separar les pupes de les larves i dels adults per evitar que se les mengin.



Fig. 5.4. Pupa vista a través d'una lupa (esquerra). Adult sortint de la pupa (dreta).

També he posat dos tubs d'assaig de plàstic amb aigua i cotó per donar humitat. La temperatura és un problema. A les nits baixa a 20°, és massa fred.



Fig. 5.5. Durant uns dies després de sortir de la pupa, els adults són d'un color molt clar.

25-1-2012

Després de diferents proves, he posat el terrari dins d'una gran capsula de cartró ben ventilada, amb l'esterilla tèrmica a la tapa, subjecta amb unes tires de cartró. Aquesta està connectada a un temporitzador que permet programar-ne l'encesca i l'apagada. D'aquesta manera dins del terrari

s'aconsegueix una temperatura d'uns 22°C. Apareixen pupes i adults a diari, i cada cop hi ha menys larves.

29-1-2012

Avui he fet una criba de la farina per tal de fer un recompte dels tenebris. He comptat 25 adults, 12 pupes i 8 larves (1 gran, 2 mitjanes i 5 petites). No hi ha adults morts i no n'hi ha hagut des que van arribar fa 11 dies.

Els adults presenten molta activitat i solen estar a la superfície. A les larves, en canvi, sembla que la llum les molesta més i solen estar enterrades, encara que puguen quan es disposen a fer la metamorfosi:

s'estan quietes damunt del substrat i es transformen en pupes. Les cutícules de la muda estan també sempre a la superfície del terrari, així doncs, no muden enterrades en la farina, sinó a sobre.

Costa molt fer fotos perquè no paren quiets, sobretot els adults. He posat alguns trossets de pastanaga que aniré canviant cada 3 o 4 dies.



Fig. 5.6. Cal anar amb molta cura a l'hora de fer el recompte, per tal de no deixar-te'n cap.

1-2-2012

Han sortit 6 adults més i només queden 2 pupes. A la superfície només es veuen adults, les larves estan amagades.

12-2-2012

He fet un altre recompte: hi ha 34 adults, 7 larves i 2 pupes. També he trobat moltes pells de les mudes de larva i alguns trossos d'ales i potes d'adults, cosa que em fa pensar que sí que es moren, però els altres se'ls deuen menjar.



Fig. 5.7. Per créixer, les larves es desprenen de la seva pell. Poden arribar a mudar fins a 15 vegades fins a convertir-se en pupes.

No hi ha indicis que s'estiguin reproduint, encara que els ous són massa petits per veure'ls.

26-2-2012

He comptat 31 adults, 3 pupes i 6 larves. He trobat restes d'adults morts, però no veig ous ni larves noves. Potser la temperatura és massa baixa.



Fig. 5.8. Encara que els adults copulaven, i les femelles suposadament posaven ous, calia més temperatura perquè eclosionessin.

20-3-2012

He augmentat la cadència de l'esterilla de manera que s'engegui una mica més sovint durant la nit, per veure si amb una mica més de calor aconseguixo que criïn. També he modificat una mica l'estructura de la capsa posant l'esterilla a sota del

terrari per tal que la calor hi arribi més directament. D'aquesta manera, la temperatura arriba a uns 24 o 25°C.

30-3-2012

Avui, en retirar la pastanaga seca, m'he adonat que hi havia dos micro-larves d'uns 5 mm de llarg que estaven menjant. He observat bé i he vist que tota la superfície està totalment coberta de mudes de larves petitíssimes.

7-4-2012

Els he comptat de forma superficial i hi ha 15 adults vius, 7 de morts, que he retirat, i infinitat de larves de fins a 1 cm de longitud. He renovat la pastanaga i els tubs d'aigua.

15-4-2012

He intentat fer un recompte de les larves: he dividit la superfície de la capsa en 36 sectors i



Fig. 5.9. La superfície del terrari estava totalment coberta de mudes de larva molt petites, per fi havien sortit!

he comptat les larves de dos sectors. En un n'hi havia 225 i en l'altre 148. No sé per què hi ha tanta diferència. Si es fa una mitjana dels dos sectors i es multiplica per 36 dóna una estimació de 6.714 larves, xifra molt superior a l'esperada. Amb tot, no són dades molt fiables ja que no he tingut en compte que les larves poden tenir preferències a l'hora de distribuir-se pel terrari.

29-4-2012

Ja gairebé no tinc adults, la superfície del substrat està totalment coberta de mudes, aviat renovaré la farina. Avui he posat trossos de poma en comptes de pastanaga, les larves els han atacat amb entusiasme.

16-5-2012

Avui he fet una criba total, és a dir, he tamisat tota la farina i he anat separant les larves i posant-les en una capsa de plàstic transparent gran. Ja no hi ha adults vius.

He dividit la capsa de plàstic en 24 quadrícules iguals de 4cm x 4cm i he comptat aproximadament les larves d'una quadrícula. N'hi havia 140, que multiplicat pel nombre de quadrícules, dóna una estimació de 3.360 larves, dada molt més fiable que la primera, ja que en aquest cas les larves sí estaven distribuïdes homogèniament per la capsa de plàstic. Al terrari he preparat un nou llit de farina igual que el primer, que m'ha donat bons resultats.



29-5-2012

Hi ha 23 pupes noves i una pupa s'ha fet adult. No em va bé que tinguin un cicle tan ràpid, ja que necessito tenir totes les fases de desenvolupament per fer els experi-

Fig. 5.10. L'últim recompte estimat és de 3.380 larves. N'hi ha de sobres per fer els experiments.

ments a l'estiu. Així que els baixaré al soterrani per intentar que el fred alenteixi una mica el seu metabolisme.

3-6-2012

La temperatura al soterrani es manté entre els 17° i els 18°, i els tenebris han entrat en *diapausa*, un estat en què el desenvolupament es frena com a resposta als períodes de condicions medioambientals adverses. Amb aquest canvi de temperatura es percep clarament que la seva activitat disminueix. Les larves que hi ha a la superfície es mouen lentament quan obro la capsa i tarden en amagar-se.



Fig. 5.11. En obrir la capsa les larves fugen. Si no ho fan és generalment perquè estan a punt de mudar o bé de fer la metamorfosi i transformar-se en pupes.

18-7-2012

El substrat està molt degradat, és d'un color marró. Hi ha massa individus per tan poc espai, així que decideixo partir la població en dos recipients i afegir 1 kg de farina integral nova a cadascun.

El terrari nou és una mica més petit que el pri-



Fig. 5.12. Construint el segon terrari.

mer, però és més alt. He recobert les parets amb cartolina negra perquè la capsa és de plàstic transparent i els hi entraria molta llum.

Hi ha moltes pupes i bastants adults i també restes de pupes que no vaig poder separar de la resta de tenebris i se les han menjat. Encara que al soterrani de casa estan a 18,5°C, els animals continuen el seu cicle vital, però segurament no es reproduïxen o, al menys, els ous no eclosionen, com vaig comprovar a l'hivern.

A més, he observat que els adults que acaben de sortir de la pupa molts cops són atacats pels altres, ja que de vegades presenten ferides als élitres o les potes. Espero que tots aquests problemes s'arreglin en tenir més espai amb el nou terrari.



Fig. 5.13. La mostra de l'esquerra és farina nova i la de la dreta la degradada.

Així doncs, dividida la població en els dos terraris, he aconseguit que aquesta sigui prou gran i estable com per fer els experiments de fototactisme que descriuré a continuació.

Conclusions

El *Tenebrio molitor* és efectivament una espècie fàcil de criar. És resistent i no necessita atenció constant.

La temperatura del terrari és un factor clau en el seu cicle vital i en la reproducció. Per sota de 24°C les fases s'allarguen i els ous no eclosionen. És molt important controlar la humitat per evitar el creixement de fongs.

En condicions òptimes, els ous tarden uns 10 dies en ecllosionar; l'estat larvari dura 4-5 mesos; la fase de pupa, al voltant de 7 dies; i l'adulta, al voltant d'un mes.

Els animals adults romanen preferentment a la superfície del substrat. Les larves, en canvi, estan més aviat enterrades en la farina, només puguen per menjar pastanaga o poma, per mudar (les mudes sempre estan a la superfície) o quan estan a punt de fer la metamorfosi, aleshores s'estan quietes i no mengen.

Si es vol aconseguir una població estable amb individus de cada una de les fases vitals, les pupes s'han de separar de la resta, ja que són devorades en un percentatge molt alt per les larves i els adults.

Al cap d'un temps, i sobretot si la població de tenebris és molt elevada, el medi de cultiu es degrada i s'ha de canviar.

6. Estudi del fototactisme del *Tenebrio molitor*

Per estudiar el fototactisme, és a dir, el comportament davant la llum dels cucs i escarabats de la farina, he dissenyat 7 experiments diferents i he construït tots els muntatges necessaris per dur-los a terme amb objectes i materials casolans: bombetes, capses, cartolines, plàstics, plaques de Petri, i paper cel.lo. Els individus amb què he treballat són del meu propi cultiu.



Fig. 6.1. Tots els objectes per fer els experiments s'han fabricat a casa.

Els experiments es divideixen en dos grups: uns encaminats a determinar el grau de fototactisme que presenta aquest animal, i els altres a esbrinar el grau de preferència de diferents llums.

Tots els experiments s'han fet amb larves, i dos d'ells també amb adults, per tal de

comparar els resultats obtinguts segons les fases de desenvolupament de l'animal. Els experiments són:

1. Resposta a un estímul lluminós directe (amb larves i adults)
2. Resposta a un estímul lluminós reflectit
3. Resposta a estímuls lluminosos de diferents colors (amb larves i adults)
4. Resposta a la llum blanca i a les llums monocolors
5. Resposta a la llum negra
6. Preferència entre diferents tipus de llum: negra, blanca i vermella
7. Preferència entre colors contigus de l'espectre

Tots els he fet amb grups de 20 larves o adults i cada un l'he repetit 3 vegades. Per mirar d'evitar al màxim possibles errors, com l'aprenentatge o la fatiga dels individus exposats a la llum, he utilitzat grups de larves o adults diferents, que anaven rotant per tal que tinguessin com a mínim 15 minuts de descans entre prova i prova. I he procurat no utilitzar els mateixos individus més de dos vegades el mateix dia. Després de cada experiment he construït

gràfics amb les dades obtingudes, utilitzant la mitjana de les tres observacions.

Als experiments 1, 2, 6 i 7 he utilitzat el test estadístic *t de Student*, que és una prova freqüentment aplicada en situacions on s'han de comparar dues mitjanes i es vol esbrinar si la diferència entre elles és o no significativa.

Aquest test relaciona el nombre d'observacions, la mitjana i la desviació típica de cada experiment, i mitjançant una fórmula (que es pot calcular fàcilment amb el programa *Excel*) s'obté el valor *p*. Aquest valor ens indica la probabilitat d'error al afirmar que la diferència entre dos mitjanes és significativa. Per conveni s'ha acordat que si $p < 0,05$, les dues mitjanes són significativament diferents.

Per fer els experiments en què intervenen els colors, he fet servir plàstics translúcids de colors en dos o tres capes. Cal dir que la intensitat del to de cada color està feta a ull, ja que no he fet cap estudi fotomètric per saber la quantitat de llum que travessa el plàstic, ni per descomptat cap estudi de la longitud d'ona del color obtingut. Així doncs, els resultats estan sotmesos a aquestes limitacions.

6.1. Resposta de les larves a un estímul lluminós directe

El principal objectiu és estudiar el comportament i el temps de reacció de les larves quan es veuen sotmeses a un estímul lluminós des de sota.

Materials

- Capsa gran de plàstic transparent
- Cartolina negra
- Cinta aïllant negra
- Cronòmetre
- Tisores
- Bombeta de 25 w
- 3 grups de 20 larves



Fig. 6.2. Capsa de plàstic transparent amb les parets folrades amb cartolina negra i la base amb 14 quadrats negres.

Procediment

Primer enganxo cartolina negra al voltant d'una capsa de plàstic transparent, per fer-la opaca, i al fons enganxo 14 quadres negres, tal com es pot veure a la fig. 6.2.

Disposo les larves al centre de la capsa i espero 2 minuts en obscuritat total. Un cop passat aquest temps encenc la bombeta, que està a sota a uns 15 cm, i compto les larves que hi ha als quadres destapats als 2, 4, 6 i 8 minuts.



Fig. 6.3. En aquesta foto s'aprecia clarament la preferència de les larves pels quadres negres.

Observacions

Les larves es mostren molt actives i de seguida busquen un lloc arrecerat de la llum. Moltes aixequen el cos en arribar a un quadre transparent i es donen la volta amb les sis potes en l'aire. Primer exploren tot el recipient, però quan s'adonen que no es poden escapar se'n van als quadres negres. També tenen una marcada preferència per les cantonades on tendeixen a acumular-se.

Algunes larves trien just el moment de l'experiment per posar-se a mudar (canvi de la cutícula esquelètica) i romanen immòbils i de costat. Potser això és perquè la bombeta desprèn calor i la cutícula, que ja està madura, es resseca.

Resultats obtinguts i tractament de dades

Observacions	Nombre de larves als quadres transparents				Nombre de larves als quadres negres				Desviació típica	t de Student
	1	2	3	Mitjana	1	2	3	Mitjana		p
2 min.	2	4	0	2	18	16	20	18	2	0,00060818
4 min.	1	2	1	1,333	19	18	19	18,67	0,58	0,00000327
6 min.	1	2	0	1	19	18	20	19	1	0,00002506
8 min.	0	2	1	1	20	18	19	19	1	0,00002506

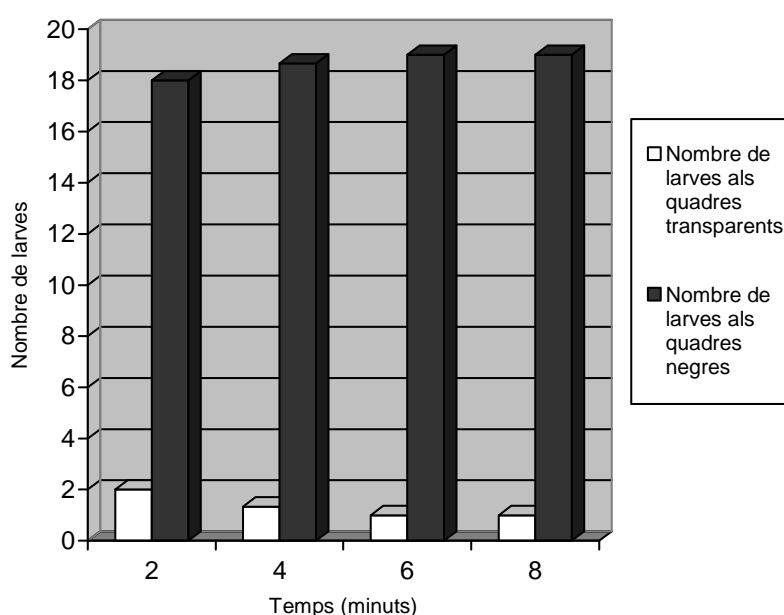


Fig. 6.4. El fet que als 8 minuts encara hi hagi alguna larva als quadres transparents es deu a aquelles que es queden immòbils perquè estan mudant.

Conclusions

Les larves tenen una acusada fotofòbia amb llum ventral. Com és evident, la diferència entre les dues mitjanes (larves que estan als quadres transparents i larves que estan als quadres negres) és clarament significativa, segons indica la $p < 0,05$ del t de Student, i ens permet fer aquesta afirmació.

Segurament les larves tenen fotoreceptors dèrmics a la part inferior del cos o potser veuen la llum amb els ulls. Quan una larva es posa a mudar no té gaire en compte el lloc en què ho fa, ja que en alguns casos les larves mudants eren les úniques sobre els quadres amb llum.

Resposta dels adults a un estímul lluminós directe

El principal objectiu és comparar la resposta dels adults a la llum blanca amb la de les larves.

Materials i procediment

Els materials utilitzats i el procediment seguit són els mateixos, però treballant ara amb 3 grups de 20 adults.

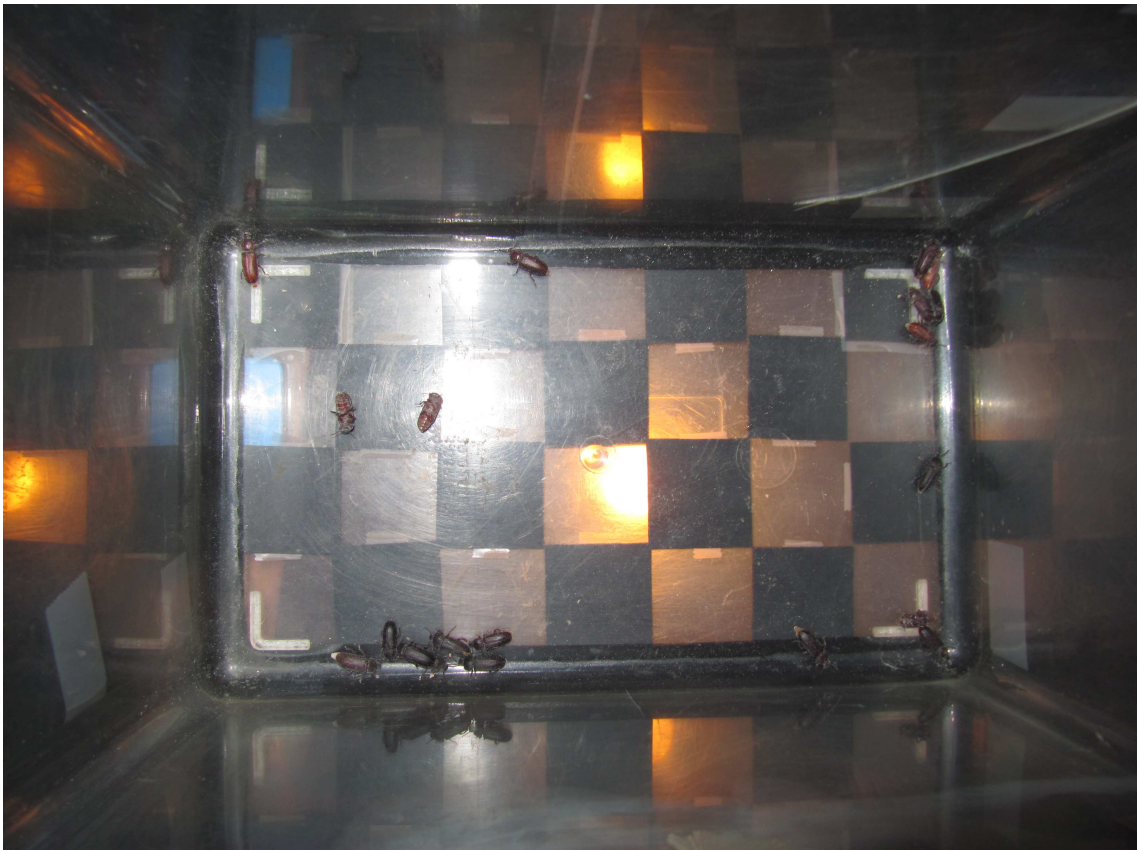


Fig. 6.5. Els hi agrada amuntegar-se els uns damunt dels altres.

Observacions

Si les larves ja presentaven una certa tendència a ajuntar-se totes a les cantonades i fer pinya, en els adults aquest comportament és encara més accentuat. La resposta que presenten envers la llum és si fa no fa la mateixa.

Resultats obtinguts i tractament de dades

Observacions	Nombre d'adults als quadres transparents				Nombre d'adults als quadres negres				Desviació típica	t de Student
	1	2	3	Mitjana	1	2	3	Mitjana		p
2 min	3	3	2	2,666	17	17	18	17,33	0,58	0,00000636
4 min	3	2	3	2,666	17	18	17	17,33	0,58	0,00000636
6 min	2	1	1	1,333	18	19	19	18,67	0,58	0,00000327
8 min	3	2	0	1,666	17	18	20	18,33	1,53	0,00018134

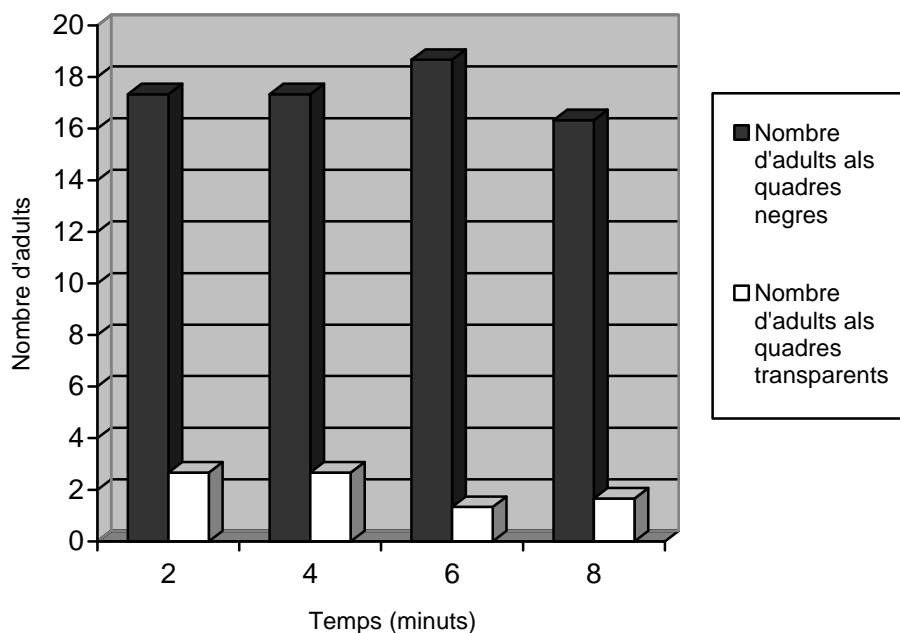


Fig. 6.6. Als dos minuts ja gairebé no hi ha adults als quadres amb llum i, un cop s'han mogut als negres, ja no hi tornen.

Conclusions

L'escarabat de la farina presenta fototactisme negatiu igual que la seva larva, té preferència pels quadres negres i entre aquests pels que estan a les cantonades. Als dos minuts gairebé ja no hi ha escarabats als quadres transparents, és a dir, es mouen cap a la foscor molt més de presa que les larves.

La diferència entre les dues mitjanes en els 4 moments d'observació és també clarament significativa, segons indica la $p < 0,05$ del t de Student.

6.2. Resposta de les larves a un estímul lluminós reflectit

En aquest cas es tracta de determinar com reaccionen les larves envers una font de llum que és reflectida en totes direccions.

Materials

- Cartolina daurada
- Cartolina negra
- Tisores
- Pegament
- Cronòmetre
- Bombeta de baix consum de 11 w, que equivalen aproximadament a 50 w d'una bombeta convencional.
- 3 grups de 20 larves



Fig. 6.7. Capsa de cartolina daurada amb quadres negres.

Procediment

En primer lloc preparo el recipient enganxant 18 quadres negres de 4x4 cm sobre una cartolina daurada, com si fos un tauler d'escacs, i després, per tal d'evitar que les larves fugin, doblego les vores i les enganxo entre si.

Deixo les larves al centre del tauler i espero 2 minuts en fosc total perquè es distribueixin aleatòriament en l'espai. Passat aquest temps encenc el

llum, que està a uns 40 cm, i compto les larves que hi ha als quadres daurats als 2, 5, 10 i 15 minuts.



Fig. 6.8. La majoria de larves es concentren en els quadres negres.

Observacions

Les larves presenten molta activitat i recorren la caixa buscant una escapatòria. Prefereixen el perímetre i les cantonades. La majoria sortegen els quadres daurats i es mouen tan sols pels negres en diagonal. A les més grosses, que són més fosques, sembla que la llum les afecti menys que a les de color més clar.

Resultats obtinguts i tractament de dades

Observacions	Nombre de larves als quadres daurats				Nombre de larves als quadres negres				Desviació típica	t de Student
	1	2	3	Mitjana	1	2	3	Mitjana		p
2 min	5	6	5	5,333	15	14	15	14,67	0,58	0,00003839
5 min	4	7	6	5,666	16	13	14	14,33	1,53	0,00225326
10 min	1	4	8	4,333	19	16	12	15,67	3,51	0,01678391
15 min	1	2	7	3,333	19	18	13	16,67	3,21	0,00708070

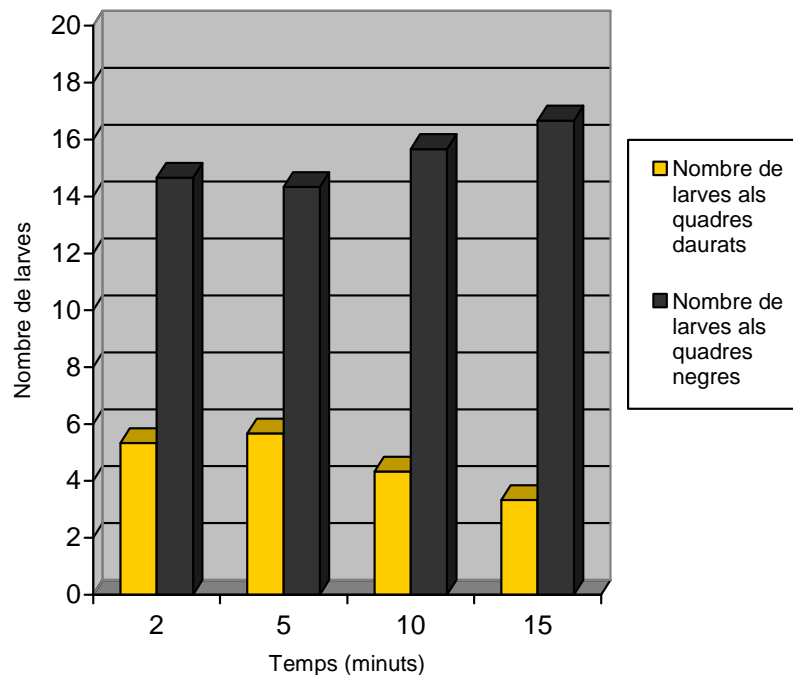


Fig. 6.9. Als dos minuts, moltes larves ja s'han mogut cap als quadres negres.

Conclusions

Les larves fugen de l'enlluernament produït per la cartolina daurada, aquesta tendència augmenta amb el temps fins que als 15 minuts un 83.35% estan als quadrats negres. La diferència entre les dues mitjanes és significativa ($p < 0,05$).

Encara que no tinc dades específiques, sembla que la llum afecti de forma diferent els animals segons el grau de desenvolupament que presenten: les larves es veuen menys afectades per la llum com més grans siguin i segons el temps que portin sense mudar, una larva que ha mudat de pell recentment és més vulnerable. Segurament es deu al fet que les cutícules de quitina de les més joves o de les recent mudades són més primes i amb poca concentració de pigment.

6.3. Resposta de les larves a estímuls lluminosos de diferents colors

La pregunta que ens plantegem en aquesta experiència és: les larves tenen preferència per algun color de l'espectre?

Materials

- Capsa de plàstic rodona
- Fulls de plàstic translúcid de colors
- Tisores
- Cel·lo
- Cartolina negra
- Bombeta de 40 w
- Cronòmetre
- 3 grups de 20 larves



Fig. 6.10. Els sis colors segueixen un ordre específic que va del vermell al violeta.

Procediment

Primer enganxo cartolina negra per tot el perímetre d'una capsa de plàstic transparent cilíndrica i a la base hi enganxo sis sectors de 60° de plàstic translúcid de cadascun dels sis colors de l'espectre, tal com es veu a la fig. 6.10.

Poso les larves al centre de la capsula i les deixo 2 minuts en obscuritat total, després encenc la bombeta, que està a sota, a uns 15 cm, i compto les larves que hi ha a cada color als 2, 5, 10, 15 i 30 minuts.



Fig. 6.11. Als 5 minuts d'encendre el llum.



Fig. 6.12. A la mitja hora d'encendre el llum.

Observacions

La primera reacció de les larves és explorar la capsa, però de seguida es concentren en els colors vermell i taronja, o intenten escapar enfilant-se pel paper cel-lo que hi ha a les parets. Algunes treuen el cap al color violeta o el groc, però ràpidament tornen al vermell o taronja.

Primer vaig fer l'experiment amb els sectors de colors enganxats per fora de la capsa, però vaig observar que a les larves els costava molt desplaçar-se per una superfície tan llisa, així que, aprofitant que el plàstic dels sectors de colors tenia una certa rugositat, els vaig enganxar per dins, i va millorar molt la mobilitat de les larves.

Resultats obtinguts i tractament de dades

	Vermell				Taronja				Groc			
	3 observac.			Mitjana	3 observac.			Mitjana	3 observac.			Mitjana
2 min.	7	8	12	9	8	5	7	6,666	1	5	0	2
5 min.	9	9	13	10,333	5	4	7	5,333	3	1	0	1,333
10 min.	14	8	17	13	2	7	3	4	1	1	0	0,666
15 min.	12	11	16	13	6	4	4	4,666	0	2	0	0,666
30 min.	13	12	15	13,333	4	5	5	4,666	0	1	0	0,333

	Verd				Blau				Violeta			
	3 observac.			Mitjana	3 observac.			Mitjana	3 observac.			Mitjana
2 min.	3	1	0	1,333	0	0	1	0,333	1	1	0	0,666
5 min.	3	3	0	2	0	2	0	0,666	0	1	0	0,333
10 min.	1	3	0	1,333	1	0	0	0,333	1	1	0	0,666
15 min.	1	1	0	0,666	1	0	0	0,333	0	2	0	0,666
30 min.	1	2	0	1	1	0	0	0,333	1	0	0	0,333

Els valors de cada quadre de la taula corresponen al nombre de larves que s'han quedat en aquell color en cada una de les tres observacions.

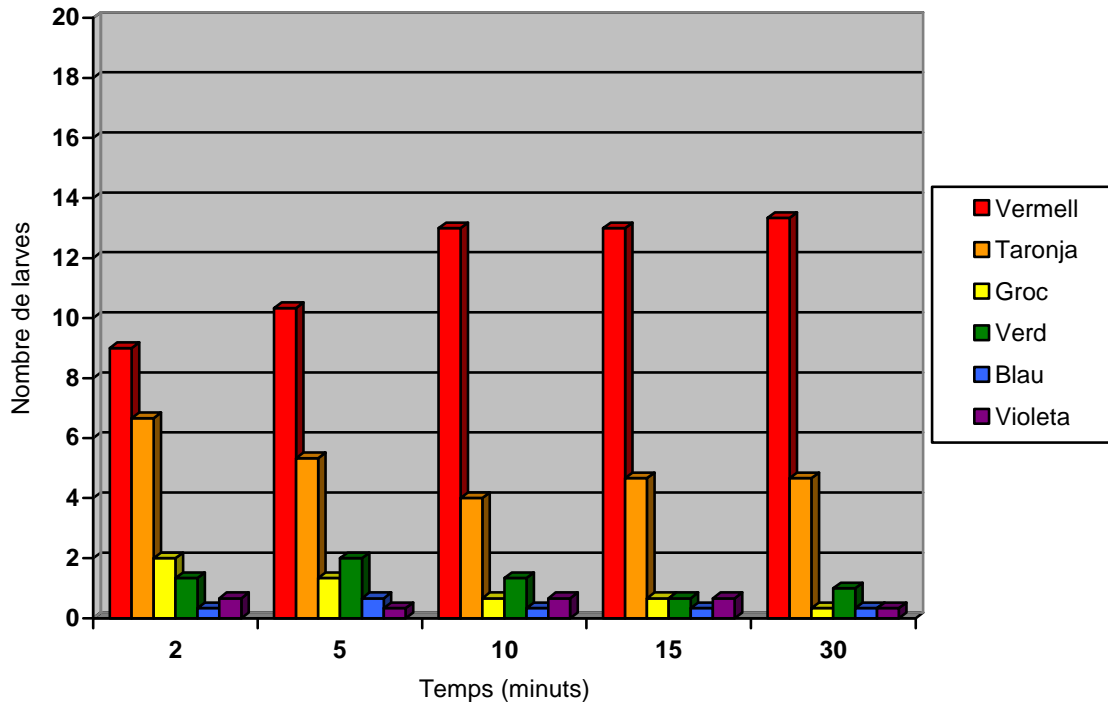


Fig. 6.13. S'observa una claríssima preferència pel vermell.

Conclusions

Els cucs de la farina prefereixen la llum vermella o taronja a les altres. Als dos minuts la preferència pel vermell i el taronja està bastant equilibrada, però després es van distanciant i el vermell guanya de molt. La preferència pels altres colors és molt més baixa. Segurament la llum vermella és la que perceben més malament i per això les molesta menys. Els altres colors: groc, verd, blau i violeta tenen una presència larvària residual, fet que posa de manifest que segurament els perceben molt millor.

Resposta dels adults a estímuls lluminosos de diferents colors

L'objectiu és comparar la resposta dels adults amb la de les larves quan són sotmesos als mateixos estímuls lluminosos.

Materials i procediment

Els materials utilitzats i el procediment seguit són els mateixos que en el cas de les larves, però treballant ara amb 3 grups de 20 adults.



Fig. 6.14. Aquesta imatge correspon als 30 minuts d'encendre el llum.

Observacions

Els adults presenten certes dificultats a l'hora de desplaçar-se per la capsa, tal i com passava amb les larves.

A diferència de les larves, els escarabats poden fer-se ombra més fàcilment els uns als altres, fet que podria explicar la seva tendència a amuntegar-se. Aquest comportament pot ser font d'error perquè la pinya podria estar situada sobre un color del que fugirien però els de sota no poden i els de sobre estan a la ombra.

Resultats obtinguts i tractament de dades

Com en el cas anterior, els valors corresponen al nombre d'adults que s'han quedat a cada color en cada una de les observacions.

	Vermell				Taronja				Groc			
	3 observac.			Mitjana	3 observac.			Mitjana	3 observac.			Mitjana
2 min.	7	5	10	7,333	7	3	2	4	1	0	5	2
5 min.	9	6	7	7,333	5	3	4	4	0	0	4	1,333
10 min.	9	3	6	6	7	6	2	5	1	1	6	2,666
15 min.	5	5	5	5	6	2	10	6	1	1	3	1,666
30 min.	11	7	7	8,333	6	2	7	5	1	1	4	2

	Verd				Blau				Violeta			
	3 observac.			Mitjana	3 observac.			Mitjana	3 observac.			Mitjana
2 min.	2	10	1	4,333	2	2	1	1,666	1	0	0	0,333
5 min.	2	8	1	3,666	2	2	0	1,333	2	1	1	1,333
10 min.	1	3	5	3	1	6	0	2,333	1	1	0	0,666
15 min.	3	3	0	2	2	7	0	3	3	2	0	1,666
30 min.	0	5	0	1,666	1	0	0	0,333	1	5	0	2

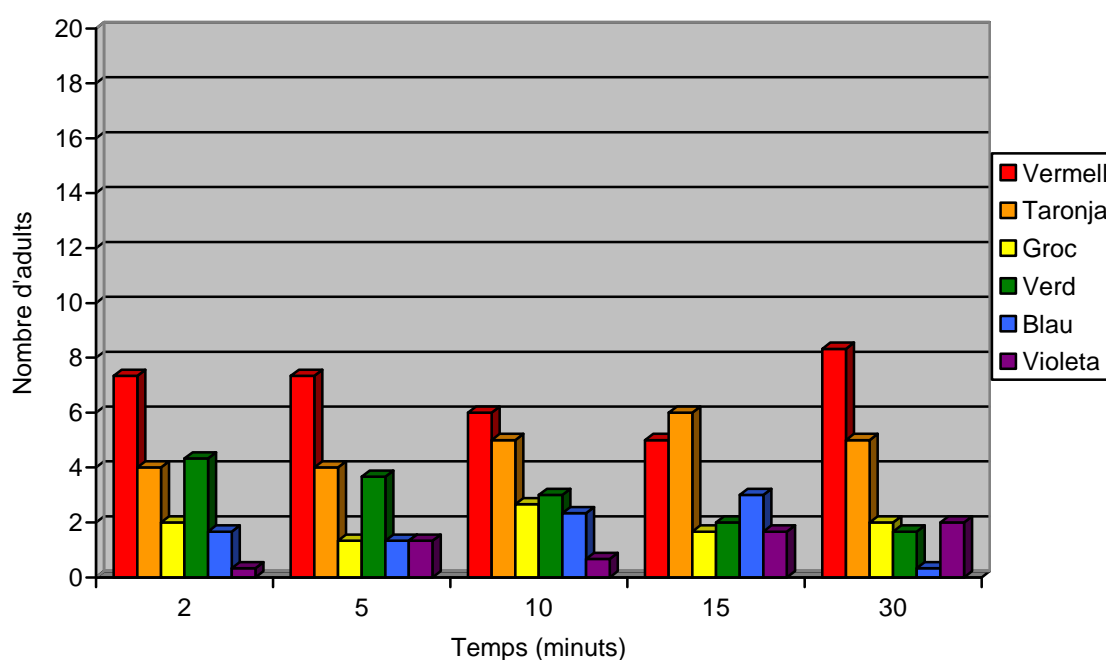


Fig. 6.15. La distribució per colors comença bastant igualada, però a mesura que passa el temps es decanten pel vermell i pel taronja.

Conclusions

Els escarabats de la farina també tenen preferència per la llum vermella o taronja. Al principi, per la distribució aleatòria dels animals, n'hi ha molts al verd, però es pot apreciar com abandonen aquest color fins que només n'hi ha un parell.

En comparació amb la fase larvària, aquesta preferència pel vermell i el taronja no és tan acusada. Es pot dir, doncs, que o bé les larves són menys tolerants a longituds d'ona petites o bé els adults simplement són més curiosos, es poden moure més de pressa i no paren de recórrer la capsula buscant una sortida.

6.4. Resposta de les larves a la llum blanca i a les llums monocolors

En aquest experiment estudiaré la reacció de fugida cap a l'obscuritat utilitzant llum blanca i llum monocolor. Compararé els temps de reacció entre els 6 colors de l'espectre.

Materials

- 7 plaques de Petri de 13,5 cm de diàmetre
- Fulls de plàstic translúcid de colors
- Cartolina negra
- Tisores
- Paper cel·lo
- Cinta aïllant
- Cronòmetre
- Bombeta de baix consum de 11 w
- 6 grups de 20 larves



Fig. 6.16. Per fer l'experiment vaig utilitzar plàstics dels sis colors de l'espectre.

Procediment

Per preparar els recipients vaig dividir cada placa per la meitat, enganxant a la tapa, en un costat plàstic negre opac i en l'altre plàstic translúcid dels 6 colors i deixant-ne una sense tapar per tenir llum blanca, tal com es veu a la Fig. 6. 16.

Es posa un grup de 20 larves al centre de la placa de Petri i aquesta es sacseja per tal que quedin aleatòriament distribuïdes per tota la superfície. Després la deixo, com sempre, uns dos minuts sense llum perquè s'habituin a l'obscuritat i al recipient. Passat aquest temps encenc el llum i compto les larves que hi ha en la meitat que no és negra als 30 segons, 1 minut, 1 minut i mig, 2 i 3 minuts, tapant la capsula cada vegada. La font de llum els arriba per dalt, tal com s'observa a la figura 6.17.



Fig. 6.17. Per comptar les larves que hi havia a cada meitat destapava la placa de Petri amb molta cura i apuntava el nombre de larves de cada meitat el més ràpid possible.

Observacions

La primera reacció de les larves és explorar tot el perímetre de la placa de Petri, però, a mesura que passa el temps, cada cop surten menys de la part negra fins que gairebé no es mouen d'ella.

Resultats obtinguts i tractament de dades

	Transparent			Violeta			Vermell			Taronja						
	3 observ.	Mitj.		3 observ.	Mitj.		3 observ.	Mitj.		3 observ.	Mitj.					
0,5 min.	2	4	4	3,333	3	5	8	5,333	7	11	7	8,333	5	8	7	6,666
1 min.	2	2	2	2	2	5	7	4,666	5	6	6	5,666	7	4	3	4,666
1,5 min.	1	2	2	1,666	2	3	7	4	6	5	7	6	3	4	2	3
2 min.	1	3	2	2	1	2	4	2,333	3	6	6	5	2	2	1	1,666
3 min.	0	2	2	1,333	1	2	3	2	1	4	6	3,666	1	1	3	1,666

	Groc			Verd			Blau					
	3 observ.	Mitj.		3 observ.	Mitj.		3 observ.	Mitj.				
0,5 min.	9	2	1	4	5	7	5	5,666	6	2	7	5
1 min.	5	2	1	2,666	3	4	4	3,666	5	4	2	3,666
1,5 min.	7	1	0	2,666	3	3	3	3	4	3	2	3
2 min.	5	2	1	2,666	3	2	3	2,666	1	1	3	1,666
3 min.	6	2	1	3	3	3	2	2,666	1	3	1	1,666

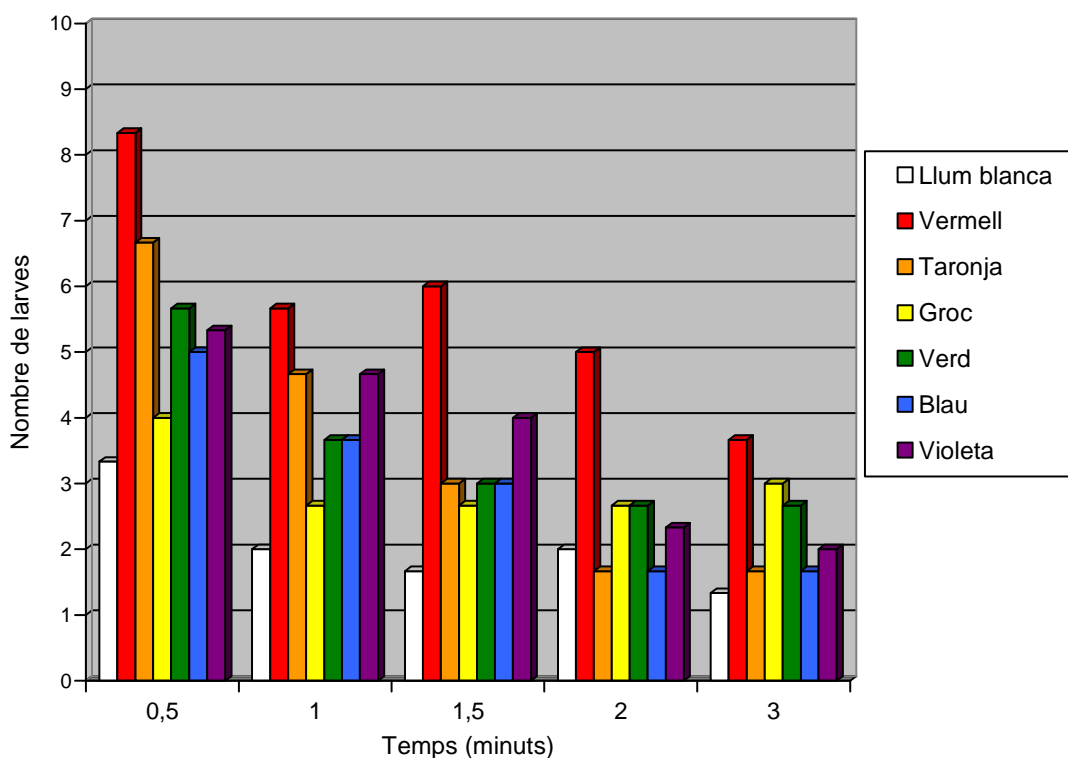


Fig. 6.18. Les columnes de color indiquen el nombre de larves, del grup de 20, que romanen a la meitat de color o transparent en els temps indicats; sempre són menys de 10. La resta estan a la meitat fosca.

Conclusions

Ja des del principi, amb tots els colors, més de la meitat de les larves han fugit a la zona negra. I en general aquesta tendència s'accentua amb el pas del temps.

Del color vermell és del que menys fugen i més lentament en tots els moments mesurats, probablement perquè aquesta llum les molesta menys, com ja he comprovat en altres observacions.

Des de la primera mesura, la fugida més gran és amb la llum blanca i la llum groga, això fa que la tendència posterior a la baixa no sigui tan accentuada i estigui més sotmesa a error aleatori perquè ja des del principi baixa molt.

La fugida cap al negre no és completament regular, hi ha petites oscil·lacions perquè les larves són curioses i els agrada explorar el seu entorn.

6.5. Resposta de les larves a la llum negra

En aquesta experiència vull comparar la resposta de les larves exposades a llum negra amb el de les larves de l'experiment anterior.

Materials

- Placa de Petri
- Cartolina negra
- Bombeta de llum negra de 25 w.
- 20 larves



Fig. 6.19. Les bombetes de llum negra estan fetes amb un vidre especial, que capta totes les radiacions, anomenat vidre de Wood.

Procediment

Faig servir la mateixa placa de Petri que a l'experiment anterior, concretament, la que era meitat negra i meitat transparent, però utilitzant una bombeta de llum negra.

Es posa la bombeta negra a dos pams de la placa de Petri, es disposen les 20 larves i es deixen dos minuts a la foscor. Després s'encén el llum i es fan recomptes de les larves exposades a la llum negra cada 30 segons fins als 2 minuts i una altra vegada als 3 minuts, tapant la capsa cada vegada.



Fig. 6.20. La llum negra té un component residual molt petit de llum visible.

Observacions

Les larves no fugen tan ràpid de la llum negra com de la llum blanca, però acaben anant totes cap a la meitat negra de la placa.

He de fer una pausa entre cada repetició perquè he observat que la bombeta de llum negra es calenta molt i això podria interferir en el comportament de les larves.

Resultats obtinguts i tractament de dades

	Nombre de larves exposades a la llum negra (3 observacions)			Mitjana
0,5 min.	10	5	8	7,666
1 min.	7	4	6	5,666
1,5 min.	6	3	4	4,333
2 min.	4	2	4	3,333
3 min.	3	2	3	2,666

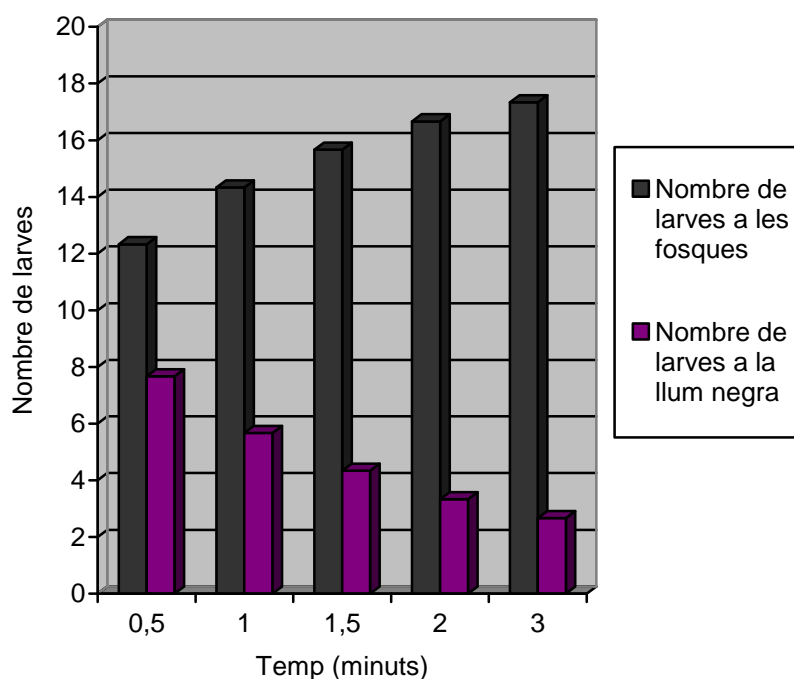


Fig. 6. 21. Com s'observa al gràfic, cada vegada hi ha més larves a la meitat fosca de manera regular sense grans oscil·lacions.

Conclusions

Amb el temps les larves que eren a la meitat il·luminada per llum negra se'n van a la meitat fosca, però triguen més en reaccionar que quan estan sotmeses a llum blanca (experiment 6.4).

D'aquest resultat s'extreu la conclusió que les larves perceben bé la llum negra, encara que no tant com la blanca.

6.6. Preferència de les larves entre llum blanca i llum negra i entre llum negra i llum vermella

Aquesta vegada l'objectiu era doble: A la primera part determinar si les larves prefereixen llum negra o llum blanca, i a la segona determinar si prefereixen llum negra o llum vermella.

Materials

- Placa de Petri
- Cronòmetre
- Cartolina negra
- Full de plàstic translúcid vermell
- Bombeta de llum negra de 25 w
- Bombeta blanca de 25 w
- 3 grups de 20 larves



Fig. 6.22. El cilindre havia d'estar fet de tal manera que les llums no es barreassin.

Procediment

Primer envoltó la placa de Petri amb una cartolina negra, i la tancó amb paper cel·lo fent un cilindre. Després enganxo, amb cinta aïllant negra, un tros de cartolina també negra longitudinalment, tal com es veu a la fig. 6.22., de manera que en il·luminar-lo les llums no es barreassin. Per un costat poso una bombeta de llum negra i per l'altre una de blanca de potències equivalents.

A la segona part de l'experiment faig servir el mateix muntatge però a la meitat on anirà la llum blanca poso un tros de plàstic translúcid vermell.

Poso les larves al centre d'una placa de Petri, col·loco a sobre el cilindre i el muntatge elèctric (veure fig.6.23.). Espero dos minuts i encenc les bombetes. Faig observacions cada 30 segons fins als 2 minuts i després als 3 minuts.

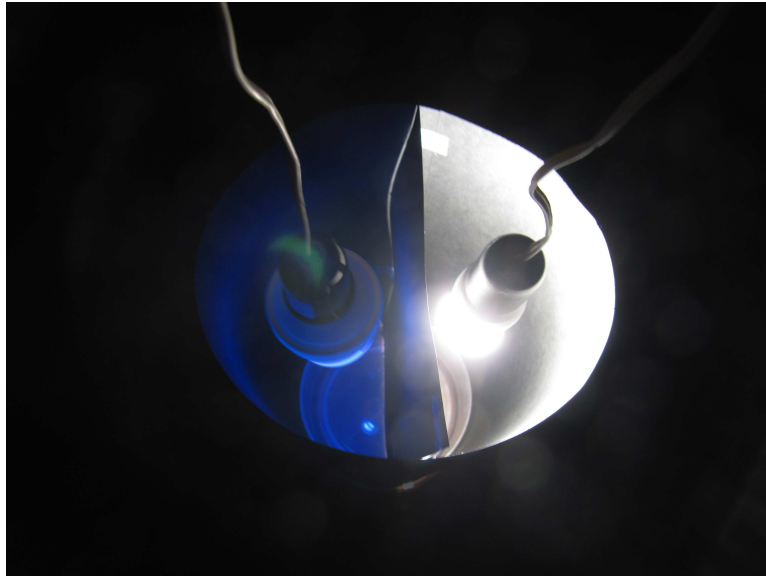


Fig. 6.23. Les bombetes estan connectades a un muntatge elèctric amb un sol interruptor que les encén alhora.

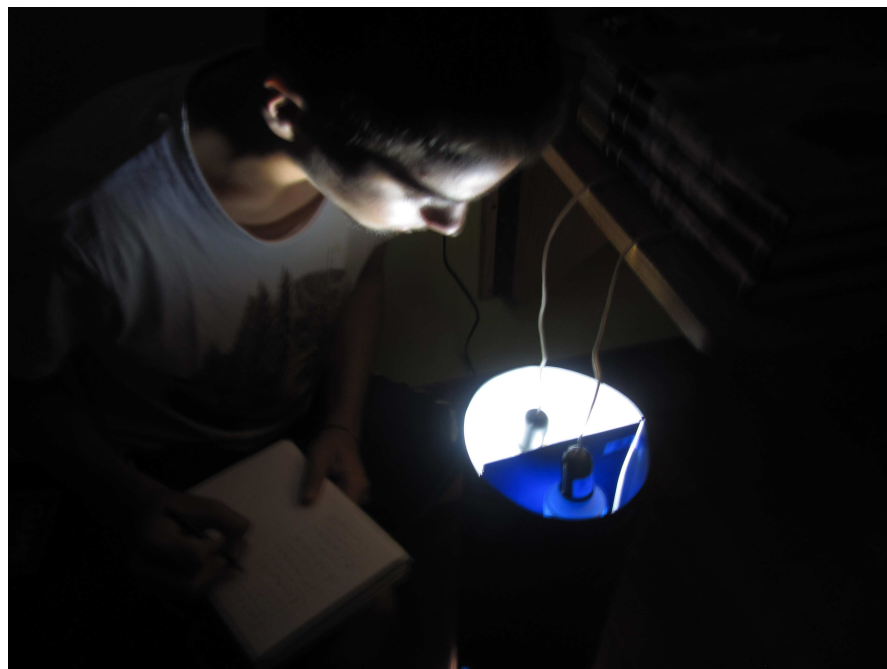


Fig. 6.24. Les larves s'han de comptar des de dalt i això complica una mica l'experiment.

Observacions

Les larves prefereixen clarament des de la primera mesura, als 30 segons, estar exposades a la llum negra en un percentatge molt alt. Aquesta tendència, en general s'accentua en les mesures successives. En la dualitat, negra-vermella, prefereixen clarament la vermella també des de l'inici.

Resultats obtinguts i tractament de dades

Observacions	Nombre de larves en llum blanca				Nombre de larves en llum negra				Desviació típica	t de Student
	1	2	3	Mitjana	1	2	3	Mitjana		p
0,5 min.	8	4	6	6	12	16	14	14	2	0,00804989
1 min.	7	1	7	5	13	19	13	15	3,46	0,02411011
1,5 min.	6	3	4	4,333	14	17	16	15,666	1,53	0,00081324
2 min.	5	3	2	3,333	15	17	18	16,666	1,53	0,00043376
3 min.	8	0	3	3,666	12	20	17	16,333	4,04	0,01848196

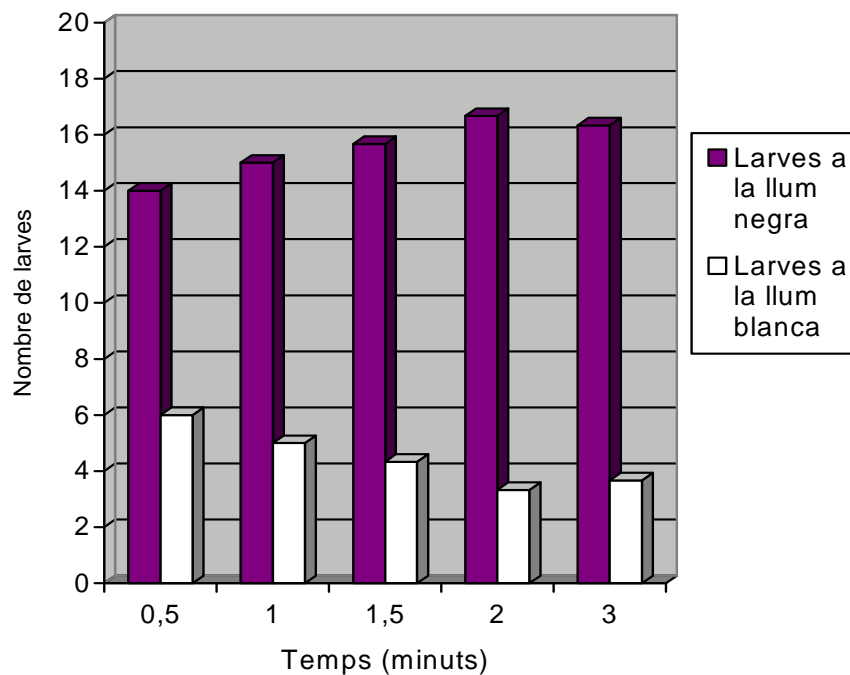


Fig. 6. 25. Les larves prefereixen la llum negra a la blanca, i un cop se'n van de la blanca, en general ja no hi tornen.

Observacions	Nombre de larves en llum vermella				Nombre de larves en llum negra				Desviació típica	t de Student
	1	2	3	Mitjana	1	2	3	Mitjana		p
0,5 min.	16	11	12	13	4	9	8	7	2,65	0,04994809
1 min.	16	11	11	12,666	4	9	9	7,333	2,89	0,08641805
1,5 min.	16	13	15	14,666	4	7	5	5,333	1,53	0,00170516
2 min.	17	14	15	15,333	3	6	5	4,666	1,53	0,00102618
3 min.	15	14	17	15,333	5	6	3	4,666	1,53	0,00102618

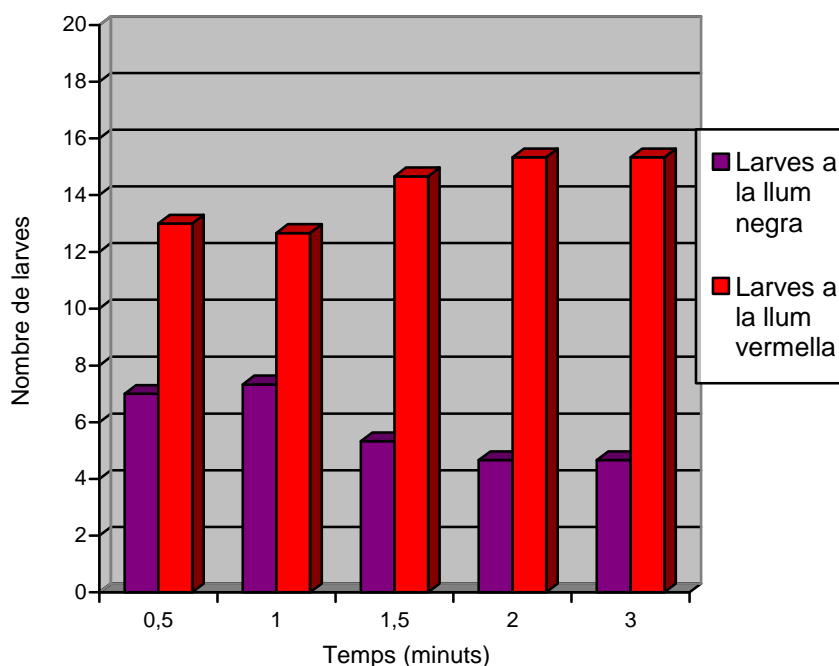


Fig. 6.26. Com es pot observar, prefereixen la llum vermella a la negra.

Conclusions

Les larves de *Tenebrio molitor* prefereixen la llum negra a la llum blanca, ja que al poc temps d'encendre les bombetes gairebé totes se'n van cap a la meitat negra. La diferència entre les dues mitjanes és significativa ($p < 0,05$).

Entre la vermella i la negra, les larves prefereixen la llum vermella; això vol dir que la llum negra les molesta més, segurament perquè la veuen millor. Aquí trobem una diferència important entre aquest animals i nosaltres, que gairebé no la veiem. La diferència entre les dues mitjanes és significativa en tots els temps d'observació excepte en el segon (1 minut): encara que a la gràfica es veu una clara preferència pel vermell, la $p > 0,05$ ens indica que aquesta preferència no és estadísticament significativa.

6.7. Preferència de les larves entre colors contigus de l'espectre

Ens plantejarem aquesta vegada si hi ha preferència entre colors propers de l'espectre, és a dir, de longituds d'ona semblants, i també entre els colors dels dos extrems de l'espectre, vermell i violeta, perquè volem saber si l'espectre visible de les larves del tenebri és semblant al nostre.

Materials

- Plaques de Petri
- Cronòmetre
- Fulls de plàstic translúcid de colors
- Bombeta de baix consum de 11 w
- 6 grups de 20 larves

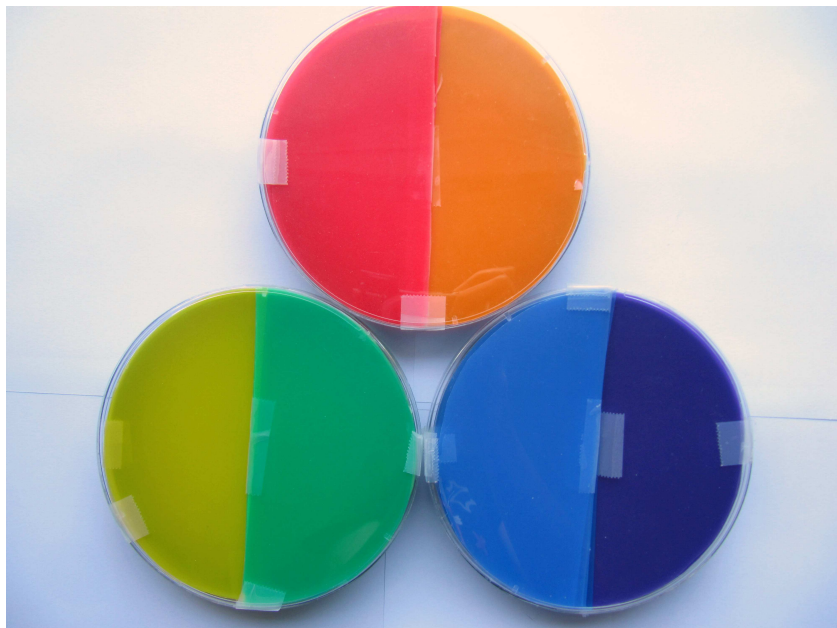


Fig. 6.27. Vaig ajuntar cada color amb el seu veí a l'espectre, fent un total de 6 combinacions.

Procediment

Es preparen les plaques de Petri amb la tapa folrada amb plàstics de colors veïns en l'espectre, és a dir, vermell-taronja, taronja-groc, groc-verd, verd-blau i blau-violeta. I també violeta-vermell (els dos extrems).

Deixo les larves a la placa de Petri i espero 2 minuts en obscuritat total. Pas-sat aquest temps encenc la bombeta, que està a sobre a uns 40 cm i anoto

les larves que hi ha a cada color als 30, 60 i 90 segons, 2 minuts i 3 minuts, tancant la placa cada vegada.

Observacions

En molts casos les larves tendeixen a preferir el color de l'espectre amb major longitud d'ona, encara que no de manera marcada. En alguns casos els dos colors estan molt anivellats i en algun, fins i tot, hi ha preferència pel de menor longitud d'ona.



Fig. 6.28. Per diferenciar clarament a quina banda estava cada larva vaig pintar una línia que partia per la meitat el fons de la placa, i que feia coincidir amb la tapa.

Resultats obtinguts i tractament de dades

A les gràfiques, les columnes indiquen el nombre de larves al color corresponent en els diferents temps.

Aquesta vegada, el test estadístic *t de Student*, que fins ara (tret del que hem vist a l'experiment anterior) només ha servit per confirmar el que ja es veia a les gràfiques de forma evident, ens indica en molts casos que la diferència entre les dues mitjanes (tenint en compte el nombre de repeticions i la desviació típica) no és significativa. És a dir, $p > 0,05$, fet que s'indica a les taules de dades amb color vermell.

Vermell - Taronja

Observacions	Nombre de larves en vermell				Nombre de larves en taronja				Desviació típica	t de Student
	1	2	3	Mitjana	1	2	3	Mitjana		p
0'5 min.	19	10	16	15	1	10	4	5	4,58	0,05565
1 min.	16	12	14	14	4	8	6	6	2	0,00804
1'5 min.	8	10	10	9,333	12	10	10	10,666	1,15	0,23019
2 min.	12	13	13	12,666	8	7	7	7,333	0,58	0,00034
3 min.	15	12	9	12	5	8	11	8	3	0,17780

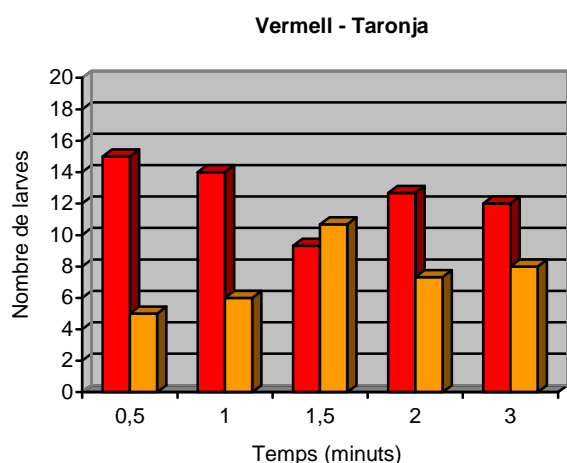


Fig. 6.29. A simple vista, la preferència pel vermell sembla clara i ho és als 60 s i als 2 m, però la $p > 0,05$ del t de Student en els altres tres moments (0'5, 1'5 i 3 minuts, marcats en vermell a la taula de dades), ens indica que la diferència entre les dues mitjanes no és significativa. Així doncs, encara que les larves tendeixen a preferir el vermell, els dos colors són massa propers perquè aquesta preferència sigui determinant.

Taronja -Groc

Observacions	Nombre de larves en taronja				Nombre de larves en groc				Desviació típica	t de Student
	1	2	3	Mitjana	1	2	3	Mitjana		p
0'5 min.	14	12	9	11,666	6	8	11	8,333	2,52	0,18007
1 min.	15	15	9	13	5	5	11	7	3,46	0,10119
1'5 min.	13	14	14	13,666	7	6	6	6,333	0,58	0,00009
2 min.	17	12	14	14,333	3	8	6	5,666	2,52	0,01350
3 min.	12	11	7	10	8	9	13	10	2,65	1,00000

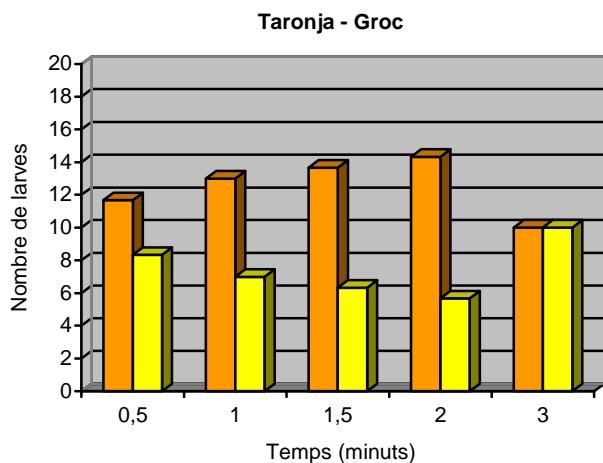


Fig. 6.30. Les larves tendeixen a preferir el taronja, encara que la diferència no és significativa en tres moments: als 0'5 min, 1 min i 3 min.

Groc - Verd

Observacions	Nombre de larves en groc				Nombre de larves en verd				Desviació típica	t de Student
	1	2	3	Mitjana	1	2	3	Mitjana		p
0'5 min.	10	11	7	9,333	10	9	13	10,666	2,08	0,47662
1 min.	14	12	9	11,666	6	8	11	8,333	2,52	0,18007
1'5 min.	12	13	7	10,666	8	7	13	9,333	3,21	0,63818
2 min.	7	10	4	7	13	10	16	13	3	0,07048
3 min.	13	11	5	9,666	7	9	15	10,333	4,16	0,85407

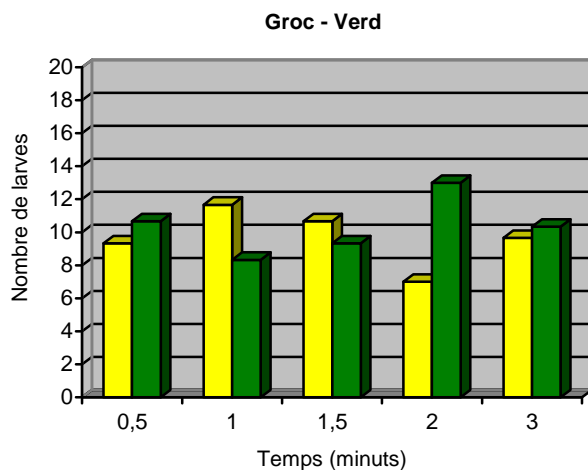


Fig. 6.31. La preferència pels dos colors està molt equilibrada, no hi ha diferències significatives.

Verd - Blau

Observacions	Nombre de larves en verd				Nombre de larves en blau				Desviació típica	t de Student
	1	2	3	Mitjana	1	2	3	Mitjana		p
0'5 min.	12	7	8	9	8	13	12	11	2,65	0,40694
1 min.	13	8	8	9,666	7	12	12	10,333	2,89	0,79133
1'5 min.	11	7	10	9,333	9	13	10	10,666	2,08	0,47662
2 min.	10	8	9	9	10	12	11	11	1	0,07048
3 min.	6	9	10	8,333	14	11	10	11,666	2,08	0,12139

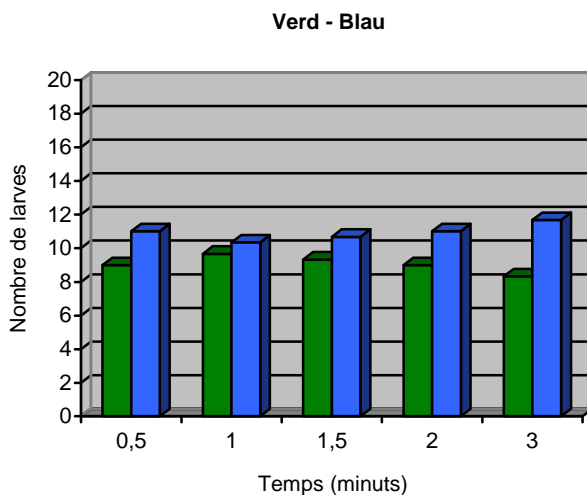


Fig. 6.32. Encara que a la gràfica sembla que hi ha una tendència a preferir el blau, la diferència no és estadísticament significativa.

Blau - Violeta

Observacions	Nombre de larves en blau				Nombre de larves en violeta				Desviació típica	t de Student p
	1	2	3	Mitjana	1	2	3	Mitjana		
0'5 min.	12	11	11	11,333	8	9	9	8,666	0,58	0,00481
1 min.	14	10	14	12,666	6	10	6	7,333	2,31	0,04742
1'5 min.	10	10	13	11	10	10	7	9	1,73	0,23019
2 min.	6	10	12	9,333	14	10	8	10,666	3,06	0,62130
3 min.	5	12	7	8	15	8	13	12	3,61	0,24580

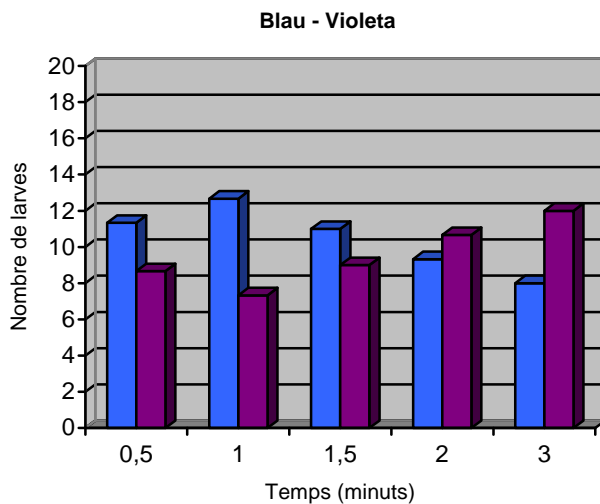


Fig. 6.33. A la gràfica s'observa que les larves comencen preferint el blau i a mesura que passa el temps es decanten cap al violeta. El t de Student ens indica que la preferència cap al blau és significativa en els dos primers moments d'observació però no en el tercer. La preferència cap al violeta dels dos darrers moments no és significativa.

Violeta - Vermell

Observacions	Nombre de larves en violeta				Nombre de larves en vermell				Desviació típica	t de Student p
	1	2	3	Mitjana	1	2	3	Mitjana		
0'5 min.	9	6	12	9	11	14	8	11	3	0,46005
1 min.	12	7	10	9,666	8	13	10	11	2,52	0,76186
1'5 min.	8	10	10	9,333	12	10	10	10,666	1,15	0,23019
2 min.	10	14	13	12,333	10	6	7	7,666	2,08	0,05160
3 min.	12	12	6	10	8	8	14	10	3,46	1,00000

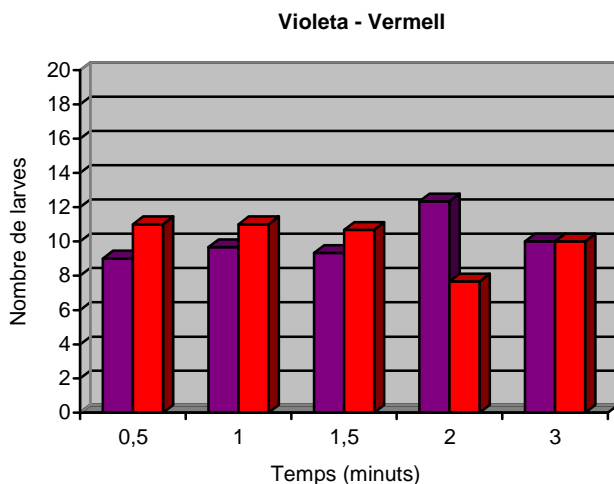


Fig. 6.34. No hi ha diferències significatives entre els dos colors.

Conclusions

Les cinc primeres gràfiques corresponen als resultats dels experiments amb colors veïns en l'espectre, i en elles s'observa el següent:

Les larves tendeixen a preferir el vermell al taronja i el taronja al groc. Entre el groc i el verd no hi ha cap diferència, ni tampoc entre el verd i el blau. Entre el blau i el violeta es decanten en principi pel blau, però al cap d'un temps tampoc hi ha diferències significatives.



En general no hi ha preferències marcades, la qual cosa és esperable perquè estem comparant colors molt propers, amb longitud d'ona molt similar.

L'última comparació, violeta–vermell, que enfronta els dos extrems de l'espectre no mostra cap preferència significativa. Això no confirma els resultats d'alguns dels experiments anteriors:

- En l'experiment 6.3., les preferències pel vermell i el taronja són clares, la presència de larves i d'adults al color violeta és mínima.
- En l'experiment 6.4., la fugida de la llum vermella és menor i més lenta que la de la llum violeta.
- En l'experiment 6.6., les larves prefereixen clarament la llum vermella a la llum negra, que està molt propera al violeta i té una longitud d'ona encara menor.

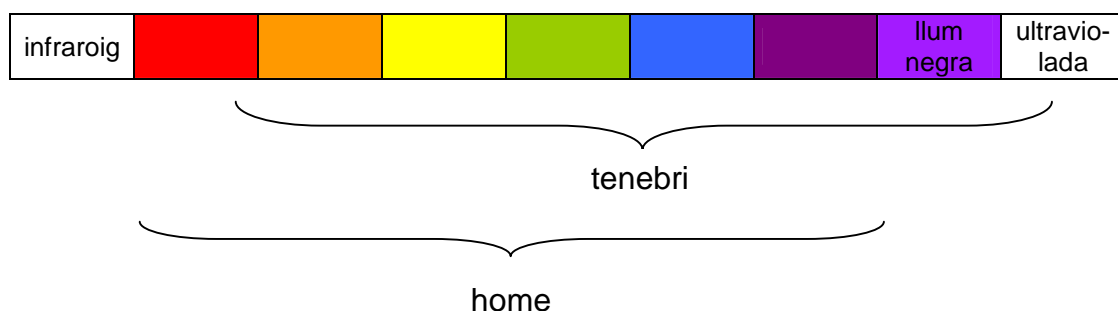
Sembla en general que els animals fugen dels colors centrals de l'espectre i estan més còmodes als extrems.

Per treure conclusions més definitives sobre aquest aspecte, potser s'hauria de subministrar llum monocolor amb la longitud d'ona concreta i mesurada amb un fotòmetre, perquè el sistema utilitzat (llum filtrada a través d'un plàstic) és aproximat.

7. Conclusions

Un cop finalitzat el treball he arribat a les següents conclusions:

- El *Tenebrio molitor* és un animal relativament fàcil de criar, i amb pocs mesos es pot aconseguir una població estable d'alguns milers d'individus.
- La temperatura del terrari és un factor clau per aconseguir que els escarabats de la farina criïn. Per sota de 24°C els ous no eclosionen.
- El substrat, al cap d'un temps, es degrada molt i s'ha de canviar o afegir farina nova.
- En condicions òptimes els ous triguen uns 10 dies a eclosionar; l'estat larvari dura de 4 a 5 mesos; la fase de pupa, uns 7 dies, i la fase adulta, al voltant d'un mes.
- El *Tenebrio molitor* presenta un clar fototactisme negatiu, tant en la fase larvària com en l'adulta, com hem pogut comprovar amb les experiències 6.1. i 6.2. Aquesta resposta és més accentuada com més nova i més clara és la cutícula de l'animal, i es manifesta tant amb llum directa com amb llum reflectida.
- Aquest comportament de fugida de la llum ens ha servit per esbrinar quins colors perceben millor aquests animals (experiències 6.3., 6.4. i 6.7.): els tenebris prefereixen llums amb longitud d'ona més llarga, com el vermell i el taronja. Els colors centrals de l'espectre visible, com el groc i el verd, són els que més els molesten. Pel que fa al blau i al violeta, sembla que els perceben millor que el vermell i el taronja. A més, també fugen de la llum negra, segurament perquè la seva percepció d'aquesta llum és superior a la nostra (experiències 6.5. i 6.6.).
- Tot això podria significar que els tenebris tenen un espectre visible semblant al nostre però una mica desplaçat cap a longituds d'ona més llargues, és a dir, perceben poc o gens el vermell i, en canvi, són capaços de percebre la llum ultraviolada.



7.1. Reconstrucció hipotètica de l'espectre visible del tenebri.

8. Fonts d'informació

Botanical-online. *El gusano de la harina* [en línia].
<<http://www.botanical-online.com/animales/tenebrio.htm>> [Consulta: gener-febrer 2012].

CDEC (Centre de Documentació i Experimentació en Ciències). *Tenebrio molitor* [en línia].
<http://phobos.xtec.cat/cdec/images/stories/WEB_antiga/recursos/pdf/cambriacia/tenebrio.pdf> [Consulta: gener-març 2012].

DAMBORSKY, Miryam P. [et al.]. *Ciclo de Vida de Tenebrio molitor (Coleoptera, Tenebrionidae) en Condiciones Experimentales* [en línia].
<<http://www1.unne.edu.ar/cyt/biologia/b-011.pdf>> [Consulta: febrer 2012].

DE LOS MOZOS, Marcelino. *Plagas de los productos almacenados* [en línia]. <http://www.sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_20/B20-007-093.pdf> [Consulta: juny 2012].

ESPADALER, Xavier i ALIBERAS, Joan. *Fent recerques amb grills (o cucs de la farina, o formigues...) al laboratori* [en línia].
<http://crecim.uab.cat/revista_ciencias/revista/numeros/numero%20005/Ciencias_005_p16-20_Grills_Espadaler.pdf> [Consulta: febrer 2012].

Fororeptiles. Cría del *Tenebrio molitor*. [en línia].
<<http://www.fororeptiles.org/cgi-bin/forum/Blah.pl?b-invert/m-1191872301/>> [Consulta: gener-febrer 2012].

Infoartrópodos. *La cría de tenebrios* [en línia].
<http://www.infoartrópodos.es/articulos/cria_tenebrios.pdf> [Consulta: gener-febrer 2012].

Leonart. Radio Televisión Española. *Fototropismo* [en línia].
<<http://www.rtve.es/tve/b/leonart/080125/ciencia/pdf/ciencia.pdf>> [Consulta: gener 2012].

Profesor en línea. Tactismos [en línia].
<<http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Tactismos.htm>> [Consulta: gener 2012].

QUEVEDO, Luis. Probeta en Nueva York ¿Por qué las polillas revolotean sobre las farolas? [en línia].
<<http://www.luisquevedo.org/2011/12/12/%C2%BFpor-que-las-polillas-revolotean-sobre-las-farolas/>> [Consulta: març 2012].

TORRALBA, Antonio y PÉREZ, Sergio. La visión de los insectos desde un punto de vista óptico. Bol.SEA, 18 (1997): 27-34. [en línia].
<http://www.sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_18/B18-010-027.pdf> [Consulta: abril 2012].

Viquipèdia. *Insectes*. [en línia].

<<http://ca.wikipedia.org/wiki/Insecte>> [Consulta: gener 2012].

Viquipèdia. *Escarabat de la farina* [en línia].

<http://ca.wikipedia.org/wiki/Escarabat_de_la_farina>[Consulta: gener 2012].

Vikipèdia. *Llum* [en línia].

<<http://ca.wikipedia.org/wiki/Llum>> [Consulta: abril 2012].