

LA DROSOPHILA MELANOGASTER COM A MODEL D'ESTUDI GENÈTIC



Rong Rong Hu

2n Batxillerat B21

Ins Josep Lluís Sert

Tutora: Àngels Aragó Gassiot

Departament de Ciències

Castelldefels, 5 de novembre de 2014

NOTA D'AGRAÏMENT

Primerament, agraeixo part d'aquest treball a l'Àngels Aragó, professora de biologia i tutora del meu Treball de Recerca, per haver-me guiat, aconsellat i ajudat en tot el què he necessitat durant aquests últims mesos que han estat sense dubte, un dels períodes més importants de la meva etapa educativa.

Dono les gràcies al centre, l'Ins Josep Lluís Sert, per haver-me facilitat tot el material necessari per dur a terme els meus experiments, així com al director, en Carles Cortina i el cap d'estudis, en Juan Manuel Cazorla, que han fet possible la realització de la part pràctica del meu projecte. I també a altres membres del centre que m'han donat suport, com en Joan Bel, professor de filosofia.

Agreixo, a més a més, al Centre de Suport a la Innovació i la Recerca Educativa (CESIRE) de Barcelona, per la haver-me proporcionat les soques de *Drosophila*, juntament amb altres materials de laboratori i a la Silvia i a la la, dues investigadores del CESIRE les quals m'han aconsellat diverses vegades.

I per últim, vull agrair també al Programa Argó de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) per haver-me escollit com a participant en les Estades d'Estiu 2014 i haver-me ajudat doncs, en el Treball de Recerca amb els nombrosos tallers i xerrades.

Sense aquestes persones, aquest treball no hagués estat possible.

Moltes gràcies!

ÍNDEX

| | |
|--|--------|
| 1. Introducció..... | 5 |
| 1.1 Presentació..... | 6 |
| 1.2 Objectius..... | 6 |
| 1.3 Metodologia..... | 6 |
| 1.4 Recursos..... | 6 |
| PART TEÒRICA..... | 7 |
| 2. Gregor Mendel..... | 8 |
| 2.1 Les lleis de Mendel..... | 9 |
| 2.2 Herència intermèdia..... | 12 |
| 3. Desenvolupament de la teoria cromosòmica..... | 13 |
| 4. Hugo De Vries i les herbes de ruc..... | 18 |
| 5. Thomas Hunt Morgan..... | 19 |
| 5.1 Gens lligats..... | 23 |
| 6. La determinació del sexe..... | 24 |
| 7. Herència lligada al sexe..... | 26 |
| 7.1 Diferenciació de cromosomes sexuals..... | 27 |
| 7.2 Herència lligada al sexe de la <i>Drosophila</i> | 27 |
| 8. Les mutacions..... | 29 |
| 8.1 Mutacions gèniques..... | 30 |
| 8.2 Mutacions cromosòmiques..... | 31 |
| 8.3 Mutacions genòmiques..... | 31 |
| 8.4 Els gens Hox..... | 33 |
| 9. Agents mutàgens..... | 34 |
| 9.1 Tipus d'agents mutàgens..... | 35 |
| 9.2 Radiació corpuscular..... | 36 |
| 9.3 Radiació electromagnètica..... | 36 |
| 9.4 Fonts de radiació..... | 38 |

| | |
|--|-----|
| PART PRÀCTICA..... | 39 |
| 10. La <i>Drosophila melanogaster</i> | 40 |
| 10.1 Hàbitat..... | 41 |
| 10.2 Comportament..... | 42 |
| 10.3 Morfologia..... | 43 |
| 10.4 Cicle vital..... | 46 |
| 10.5 Femelles verges..... | 50 |
| 10.6 Distinció de sexes..... | 51 |
| 10.7 Mutacions monogèniques de la <i>Drosophila</i> emprats..... | 54 |
| 11. Medi de cultiu..... | 55 |
| 11.1 Sugeriments..... | 58 |
| 12. Manipulació de mosques..... | 59 |
| 12.1 Tècnica del cotó fluix..... | 59 |
| 12.2 Precaucions i suggeriments..... | 60 |
| 13. Procediment..... | 61 |
| 14. Resultats..... | 66 |
| 14.1 Comprovació de les lleis mendelianes i la teoria cromosòmica..... | 66 |
| 14.2 La prova del Ki-quadrat de Pearson..... | 76 |
| 14.3 L'efecte de la radiació en la <i>Drosophila</i> | 79 |
| 14.4 Càlcul de la freqüència de radiació..... | 80 |
| 15. Conclusions..... | 86 |
| 15.1 Conclusions personals..... | 90 |
| 16. Bibliografia..... | 91 |
| 17. Annex..... | 97 |
| 17.1 Diari de laboratori | 97 |
| 17.2 Article de la oogènesi de la <i>Drosophila</i> sota camps electromagnètics..... | 118 |
| 17.3 Organitzacions que adverteixen contra la tecnologia sense fils..... | 119 |
| 17.4 Glossari..... | 123 |

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Presentació

Primerament, per què he escollit aquest treball? La genètica ha sigut, des de sempre, un camp de la biologia que ha encuriósit molt a la meva persona. No us heu preguntat mai per què tenim el color de cabell que tenim? Per què som més alts o més baixos? Per què tenim els ulls clars o foscos? Doncs bé, el color dels ulls, la forma del cabell i el seu color, l'alçada i molts més aspectes venen determinats per gens. L'estudi d'aquests gens i la seva transmissió hereditària és el que es coneix com a genètica.

Aquest va ser, principalment, un dels motius per la qual vaig realitzar el meu treball de recerca sobre genètica, escollint així com a subjecte experimental, la *Drosophila Melanogaster*.

A més a més, un fenomen que cada cop m'amoïna més, i no només a mi sinó que va sumant persones, és l'efecte que tenen els aparells tan desenvolupats amb els quals convivim al dia a dia.

Vivim en una societat plenament desenvolupada on la tecnologia avança cada cop més de pressa. Més maquinària, dispositius mòbils, antenes de tot tipus, etc., sorgeixen sense tenir en compte el impacte tant mediambiental com sanitari que recau en els ciutadans i que certament, comporta un greu problema en les persones.

Encara que molts neguin l'innegable, la radiació electromagnètica a la qual estem constantment sotmesos no es pas saludable, de manera que amb aquest treball de recerca, espero aconseguir aportar suficient informació per conscienciar a tots aquells que pensin diferentment i a aquelles persones que encara no estiguin al corrent d'aquesta "epidèmia".

1.2 Metodologia i estructura del treball

El treball es troba dividit en dos grans apartats generals; en el primer trobem la part teòrica on explicaré tots els coneixements necessaris per poder comprendre tot allò que em dispo a investigar i, en l'altra, la part pràctica en la qual hi constaran tots els experiments, resultats, conclusions, etc., que hauré extret a partir de la meva recerca.

Per redactar la primera part, la teòrica, m'he ajudat de diversos llibres, pàgines web, notícies, articles i blocs, entre altres fonts per trobar tota la informació dels coneixements aportats pels diversos científics iniciadors dels estudis genètics. Mentre que, la part pràctica la he dut a terme al laboratori de l'institut, on he disposat de tots els estris necessaris per a la manipulació de la *Drosophila*. Aquesta segona part consta de dos experiments, el primer realitzat al juny i el segon, al setembre, amb la finalitat de reforçar la meva hipòtesi.

1.3 Recursos

Les *Drosophiles* han sigut proporcionades pel Centre de Suport a la Innovació i la Recerca Educativa (CESIRE), antigament conegut com a CDEC, de Barcelona, juntament amb altres tipus de material essencial per manipular dita mosca.

En quant a la resta de materials, han estat facilitats pel propi centre educatiu, on a més a més he dut a terme els meus experiments.

1.4 Objectius

L'objectiu inicial d'aquest treball és comprovar les lleis de Mendel en la *Drosophila melanogaster*, confirmant així la teoria cromosòmica postulada per Walter Sutton i Theodor Boveri mitjançant els experiments realitzats per Thomas Hunt Morgan.

Un segon objectiu és determinar l'efecte que provoca la radiació electromagnètica feble però constant, mitjançant aparells corrents de la vida quotidiana humana, en el cicle vital de la *Drosophila melanogaster* i comprovar doncs, si a l'estar sotmès a dita radiació constant es pot induir a cap mutació. Es pot considerar aquesta radiació com un agent mutagen?

PART TEÒRICA

2. GREGOR MENDEL, EL PARE DE LA GENÈTICA

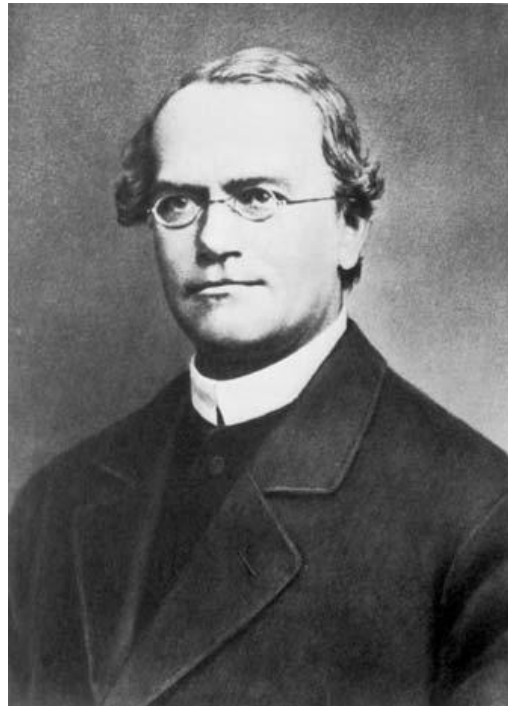
Johann Gregor Mendel (1822-1884) va ser un monjo agustí que havia entrat al monestir de Brünn després d'haver suspès per segona vegada l'examen per exercir el magisteri. L'abat Cyrillus Napp li va encomanar la cura del jardí, lloc clau on més endavant realitzaria els seus experiments.

Va ser quan Mendel va llegir l'obra *L'origen de les espècies* de Darwin que va tenir la idea de dur a terme encreuaments amb plantes per determinar la transmissió de l'herència.

D'aquesta manera, va començar els experiments amb dos tipus de pèsols, un llis i l'altre rugós. Per a la seva sorpresa, tota la descendència era llisa, la qual cosa va ser una decepció ja que no es podia establir cap llei de l'herència amb aquests resultats. Però, quan va encreuar els pèsols llisos resultants de la mescla, van aparèixer els rugosos en una proporció de $\frac{1}{4}$ de la generació. Un tret havia "dormit" en una generació i havia aparegut en la següent.

Sorprès per aquest resultat, va encreuar aquests últims i va obtenir totes les combinacions possibles en la següent generació.

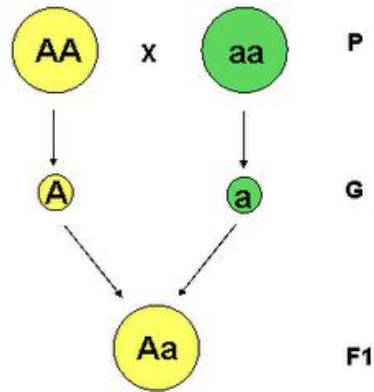
Mendel es va donar compte doncs, de que darrere de tot hi havia una regularitat, i va ser llavors quan va formular les conegudes lleis mendelianes d'avui en dia.



http://1.bp.blogspot.com/-sgt8hG3l5BY/TicE-i6qQal/AAAAAAAAAAts/vBWWB_ruks/s1600/Gregor+Mendel.jpg

2.1 Les lleis de Mendel

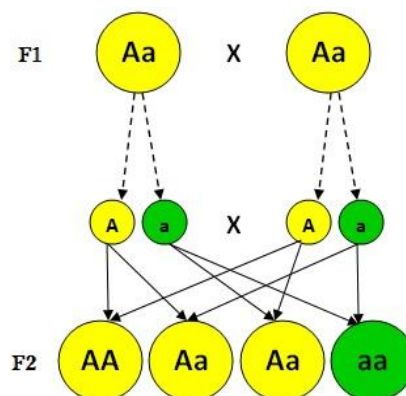
1^a llei o llei de la uniformitat: Quan s'encreuen dues línies pures per a un caràcter (homozigot dominant i homozigot recessiu) dona lloc a una descendència (F₁) híbrida uniforme, tant genotípicament com fenotípicament.



<http://sucedernocmc.files.wordpress.com/2012/04/gameto>

2^a llei o llei de la segregació dels caràcters: A l'encreuar dos individus híbrids obtinguts del primer encreuament, els diferents al·lells se separen l'un de l'altre per formar gàmetes, i després es tornen a reunir en la fecundació d'acord amb les lleis de l'atzar i la probabilitat.

A la F₂ reapareixen les manifestacions dominants i recessives en una proporció de 3:1 corresponents a les combinacions homozigot dominant i heterocigot, per una banda, i homozigot recessiu, per l'altra.



[http://saberpractico.com/wp-content/themes/imagination/Leyes%20de%20Mendel%20\(segunda%20le](http://saberpractico.com/wp-content/themes/imagination/Leyes%20de%20Mendel%20(segunda%20le)

3^a Llei o Llei de la segregació independent de caràcters:

En aquesta llei, Mendel va estudiar el comportament de dos caràcters al mateix temps: el color (groc i verd) i la textura (llisa i rugosa), partint d'homozigòtics grocs i llisos (AABB) i verds i rugosos (aabb).

El resultat que esperava Mendel de la F_1 era que totes les plantes produïssin llavors llises i de color groc, ja que era conscient de que la forma llisa dominava sobre la rugosa, i el color groc, sobre el verd.

Per als resultats de la F_2 , Mendel va considerar dues opcions:

- Que les informacions d'un progenitor es mantinguessin unides.

I per tant, la F_2 estaria formada per dos tipus d'individus: plantes llises i grogues per un costat i, rugoses i verdes per un altre, en una proporció de 3:1.

- Que les informacions per a cada caràcter d'un mateix progenitor es transmetessin independentment les unes de les altres.

En aquest cas, hi hauria quatre tipus de plantes:

- a) Llisa/groga (dominant/dominant)
- b) Llisa/verda (dominant/recessiu)
- c) Rugosa/groga (recessiu/dominant)
- d) Rugosa/verda (recessiu/recessiu)

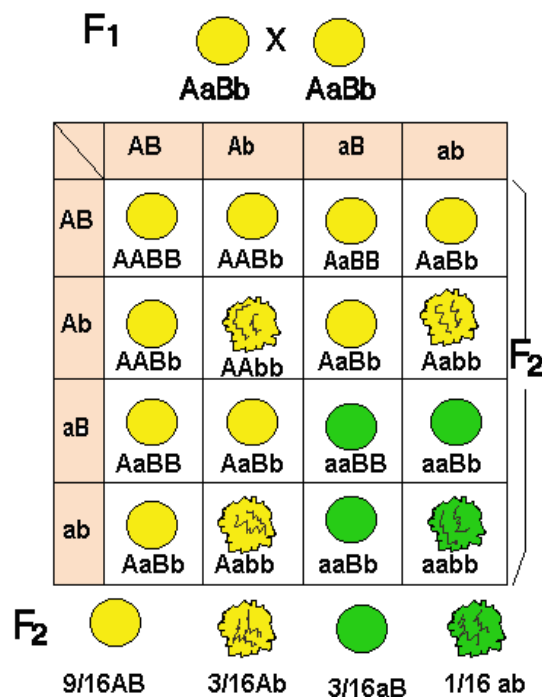
I que, segons Mendel, haurien d'aparèixer en les proporcions 9:3:3:1.

A partir de l'autofecundació de la F1, Mendel va obtenir els resultats següents:

| Fenotip dels individus de la F2 | |
|---------------------------------|-----|
| Llavors llises i grogues | 315 |
| Llavors llises i verdes | 108 |
| Llavors rugoses i grogues | 101 |
| Llavors rugoses i verdes | 32 |

Aquests resultats s'ajustaven a les proporcions esperades, de manera que va enunciar la tercera llei de Mendel:

Els factors hereditaris que controlen diferents caràcters es transmeten independentment i es combinen a l'atzar de totes les maneres possibles.



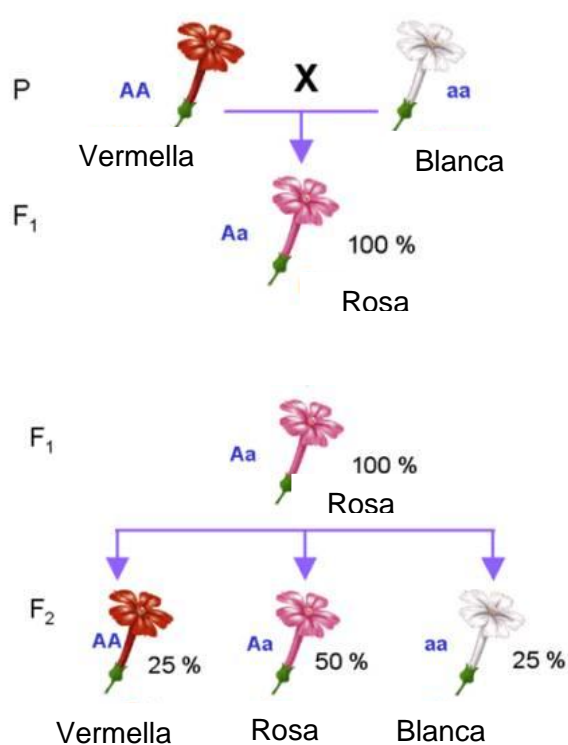
www.monografias.com/trabajos57/gregor-johann-mendel/Image17970.gif

2.2 Herència intermèdia

La primera llei de Mendel també es compleix per al cas en què un determinat gen doni una herència intermèdia, com és el cas de la *Mirabilis jalapa*, coneguda com a la “flor de nit”.

Carl Correns (1864-1933) va encreuar plantes de flors blanques amb plantes de flors vermelles i va obtenir plantes de flors roses.

La interpretació és la següent; es rep un al·lel del pare i un altre de la mare, però la manera d'expressar aquests al·lells dels gens varia, ja que no hi ha un que sigui dominant sobre l'altre, sinó que tots dos són codominants.



www.geocities.ws/batxilleratbiologia/genmendeliana.htm

En el cas dels gens que presenten herència intermèdia, també es compleix la segona llei de Mendel. Si encreuem dues plantes de flors roses entre sí (F₁), obtindrem plantes amb flors roses, blanques i vermelles en una proporció de 1:2:1.

3. DESENVOLUPAMENT DE LA TEORIA CROMOSÒMICA

MENDEL I DARWIN PROPOSEN MECANISMES DE L'HERÈNCIA

L'any 1865 va estar marcat per dos grans avenços biològics: la publicació dels experiments en la hibridació de plantes de Mendel, i la hipòtesi provisional de Darwin de la pangènesi.

Encara que cap dels dos tenia cap prova directa de les teories que van proposar, Mendel va especular que les cèl·lules contenien algun tipus de factor que portava els trets d'una generació a la següent, mentre que la proposta de Darwin afirmava que els trets podien ser transmesos a través de "gèmmules", unes unitats que viatjaven des de totes les parts del cos als òrgans sexuals, on eren emmagatzemats.

DESCRIPCIÓ DELS CROMOSÒMES DE WALTHER FLEMMING

A mitjans segle XIX, els científics entenien que les cèl·lules derivaven d'altres cèl·lules i que la informació hereditària es trobava en el nucli, però la naturalesa física del material hereditari continuava sent desconeguda.

Els microscopis de l'època eren molt pobres en resolució per veure les estructures cel·lulars, de manera que quan l'anatomista alemany Walther Flemming va fer ús de tècniques de microscòpia innovadores i d'acurada precisió, va ser capaç d'explorar la xarxa fibrosa que es trobava dins del nucli, que va denominar cromatina.

En realitat, Flemming havia descobert el cromosoma, però el terme seria reconegut anys més tard per Heinrich Waldeyer.

Flemming va assenyalar que durant la divisió cel·lular, la cromatina formava uns cossos que va denominar mitosen (paraula grega per a fil).

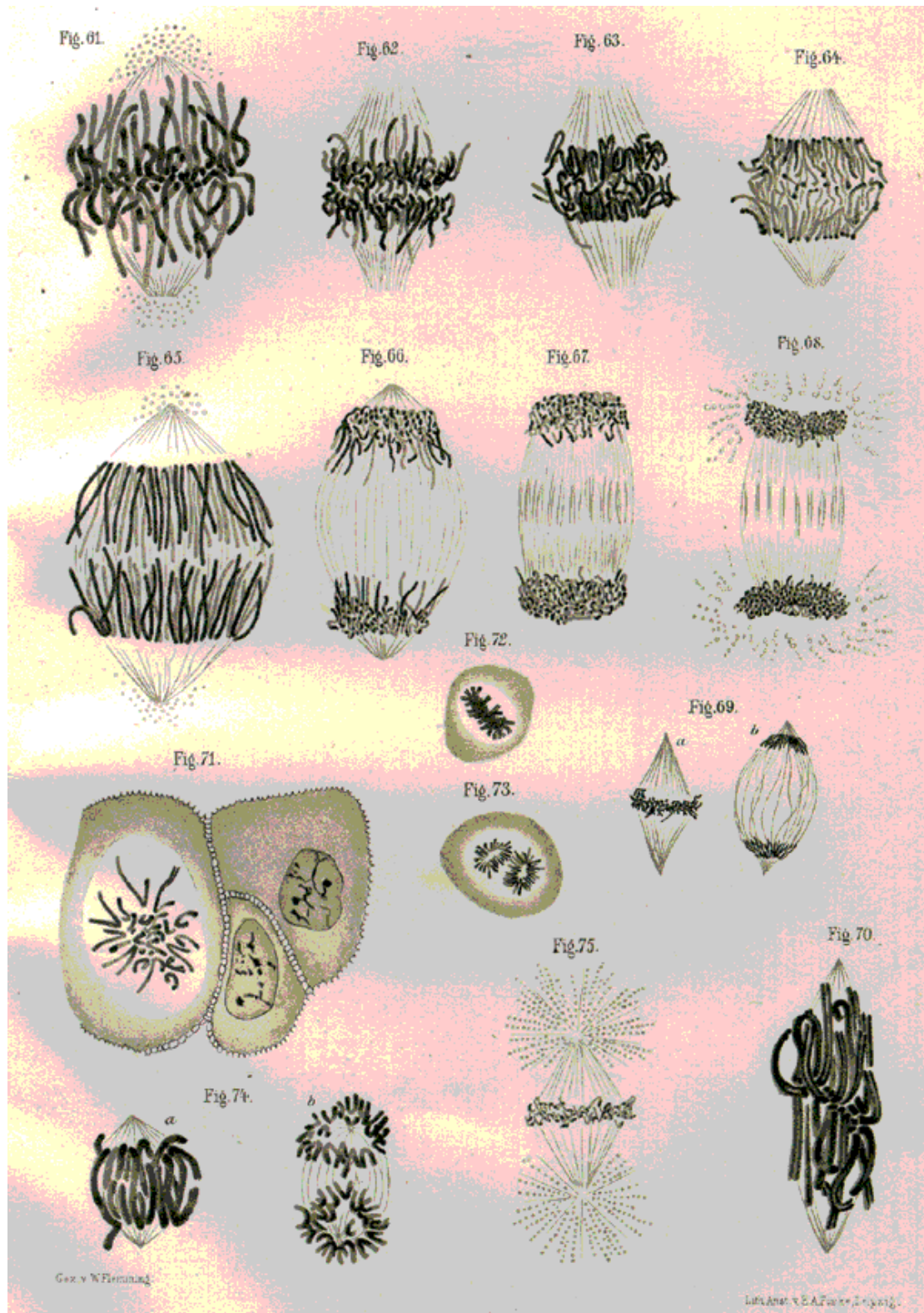
Basant-se en la observació de moltes cèl·lules en diverses etapes de divisió, Flemming va deduir correctament la seqüència de moviments dels cromosomes durant la mitosi, la qual es confirmaria dècades després amb la observació de la divisió de cèl·lules vives.

Amb la seva característica atenció als detalls, també es va adonar que els cromosomes es dividien durant la mitosi i va encertar, un cop més en la hipòtesi de que els cromosomes partits eren repartits en diferents cèl·lules filles.

Per tant, Flemming va reconèixer que el moviment cromosòmic durant la mitosi ofereix un mecanisme per a la distribució precisa de material genètic durant la divisió cel·lular.

El seu treball va proporcionar una descripció molt valuosa dels mecanismes del procés de divisió cel·lular, la qual cosa serà de gran ajuda en el descobriment dels mecanismes de l'herència.

DIBUIXOS DE MITOSI PER WALTHER FLEMMING



http://www.nature.com/scitable/resource?action=showFullImageForTopic&imgSrc=/scitable/content/43904/10.1038_35048077-f2_full.gif

THEODOR BOVERI RELACIONA ELS CROMOSOMES AMB L'HERÈNCIA

El final del segle XIX va estar marcat pels avenços en les tècniques citològiques i microscòpiques. Durant aquest període, l'embrióleg alemany, Theodor Boveri va prendre els descobriments de Flemming al següent nivell quan va proporcionar evidència de que el llinatge de les cèl·lules germinals presenten continuïtat entre generacions.

Boveri va trobar l'evidència a través del seu treball amb el cuc intestinal *Ascaris megalocephala*, actualment conegut com a *Parascaris equorum*.

Aquest cuc va ser ideal per als experiments de Boveri, ja que les cèl·lules de l'*Ascaris megalocephala* a part de ser grans i clares, només tenen dos parells de cromosomes i, els embrions desenvolupen diferents cèl·lules somàtiques i germinals en les primeres divisions. D'aquesta manera, Boveri va ser capaç de rastrejar el destí de les cèl·lules amb gran precisió i va observar que, sorprenentment, la dotació completa de cromosomes només es mantenia en les cèl·lules germinals ja que d'una altra banda, els cromosomes en les cèl·lules somàtiques van ser sotmesos a un procés de fragmentació i eliminació, conegut com a disminució cromosòmica (aquest fet no es produeix en els mamífers).

Boveri també va reconèixer que el nombre de cromosomes s'havia reduït en els gàmetes. En els ous d'*Ascaris*, la meiosi no es produeix fins que la fertilització és completa, de manera que Boveri va ser capaç d'observar el comportament dels cromosomes dels gàmetes masculins i femenins. Es va observar que els ous d'*Ascaris* només tenien dos cromosomes però que el nombre normal de cromosomes (quatre) era restaurat després de la fusió de l'espermatozoide i l'òvul.

El treball de Boveri va proporcionar doncs, una de les primeres descripcions de la meiosi.

WALTER SUTTON TROBA EVIDÈNCIA DELS PRINCIPIS DE MENDEL

Treballant de forma independent, Walter Sutton, un jove granger americà de Kansas, va confirmar i ampliar les observacions de Boveri utilitzant un model citològic superior. Mitjançant l'estudi de l'espermatogènesi de la *Brachystola magna*, una llagosta originària de les terres on va créixer, va descobrir que era possible distingir els cromosomes en les cèl·lules que pateixen la meiosi.

Sutton establí que, durant la maduració de les espermatogònies, els cromosomes mantenen la seva individualitat (a diferència de la idea predominant de l'època que suposava que tots els cromosomes eren equivalents).

Va ser capaç d'identificar 11 parells de cromosomes que podien ser distingits per les seves mides, a més d'un cromosoma individual sense parella, el "cromosoma accessori", que es comportava de manera diferent a la resta i que Sutton va deduir, correctament, que es tractava d'un cromosoma sexual. McClung identificarà més tard aquest cromosoma com el determinant del sexe, demostrant que el fenotip de la determinació sexual està associat amb un cromosoma concret.

Gràcies a aquest estudi, en el seu article publicat el 1902, descriu les estructures dels cromosomes individuals de les cèl·lules en les diverses etapes de la meiosi.

Va postular que tots els cromosomes tenen una estructura estable que es manté entre les generacions i, utilitza aquesta propietat per seguir el seu comportament a través de les diferents etapes de la meiosi.

Walter Sutton, va tancar el seu article amb les paraules:

"L'associació de cromosomes paterno i materns en parells i la seva separació posterior durant la divisió pot constituir les bases físiques de les lleis mendel·lianes de l'herència."

Postulant així, la teoria cromosòmica de l'herència.

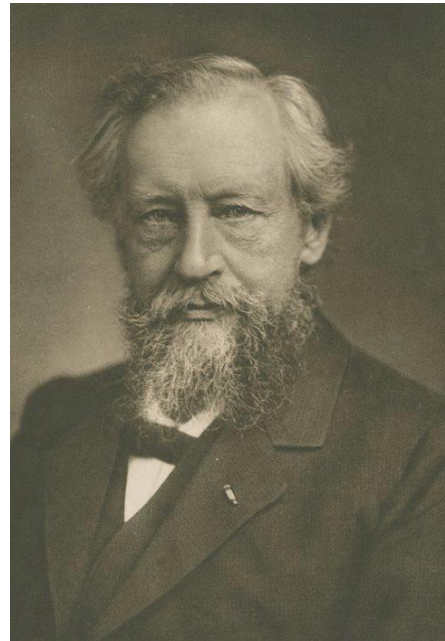
No obstant, el que faltava encara era una prova definitiva, ja que els científics necessitaven un sistema experimental en què l'herència dels trets genètics es vincuessin directament al comportament dels cromosomes.

Aquesta demostració es presentaria poc després, gràcies als experiments amb la *Drosophila melanogaster* de Thomas Hunt Morgan.

4. HUGO DE VRIES I LES HERBES DE RUC

Van haver de passar 15 anys després de la mort de Gregor Mendel per a què tres investigadors (Erich von Tschermak-Seysenegg, Karl Correns i Hugo de Vries) descobrissin de nou les lleis de transmissió de l'herència que ja figuraven en els escrits de Mendel.

Hugo de Vries (16 de febrer de 1848 - 21 de maig de 1935) va ser un botànic neerlandès que a partir dels seus experiments amb la *Enothera*, popularment conegut com a onagre o herba de ruc, va donar testimoni en contra de la teoria de l'evolució contínua.



http://timeline.centennial.rice.edu/site_media/uploads/images/2012-01-24/47_wrc00881_HugoDeVries1.jpg_800x700_q85.jpg

Per tal de contrarestar aquesta teoria, va fer cultius de l'onagre en el jardí botànic d'Amsterdam durant 13 anys. Després d'aquest període de temps, va observar que es van produir set noves espècies i que, cap d'elles procedia de l'anterior de manera gradual, sinó que sorgien sobtadament. Hugo de Vries, al pensar en una possible explicació per a aquest salt evolutiu, va arribar a la conclusió de que en el material hereditari no solament es combinaven els trets, sinó que a més, devien de produir-se canvis sobtats que canviaven un o diversos trets genètics per un altre de nou. El terme que va utilitzar per denominar aquests "salts" va ser *mutacions*, els quals eren un "acte de nova creació", tal com va escriure De Vries més endavant en la seva gran obra; *La teoria de les mutacions*.

5. THOMAS HUNT MORGAN

A l'any 1900, setze anys després de la mort de Gregor Mendel, les teories mendelianes van ser redescobertes i, va ser llavors quan Thomas Hunt Morgan (1866-1945) es va interessar en els seus treballs, encara que aquest cop, aplicades sobre animals.

Especialitzat en el camp de l'embriologia i en el de la genètica (més destacat en aquest últim àmbit), és conegut per la seva investigació experimental amb la mosca de la fruita.



Va començar a treballar a la Universitat de Columbia en el desenvolupament

https://hpsrepository.asu.edu/bitstream/handle/10776/2191/Huettner_094.web.jpg?sequence=3

embrionari de la *Drosophila melanogaster*, generalment anomenada mosca del vinagre o mosca de la fruita, on va mostrar interès en el problema de l'herència biològica.

Un dia, va veure a partir d'una lupa de mà una mosca mascle amb els ulls blancs (White), definitivament diferent a les que havia observat anteriorment, d'ulls vermells (Salvatge).

A partir d'aquest moment, va decidir estudiar més a fons com els caràcters passaven d'una generació a l'altra transformant una cambra de la universitat en la famosa *habitació de les mosques*, on realitzaria els seus experiments.

Morgan va encreuar la *Drosophila* mascle d'ulls blancs amb una femella d'ulls vermells, i va observar que tots els membres resultants de la F₁ tenien ulls vermells. No obstant, el científic va sospitar que el caràcter blanc dels ulls estava present, però que no s'havia manifestat en aquesta generació, conclouent que es tractava d'un tret recessiu. Així doncs, va encreuar els

mascles amb les femelles obtingudes obtenint una proporció 3:1 d'ulls vermells per ulls blancs en la F_2 .

Aquests resultats s'assemblaven molt als que havia postulat Mendel, però en aquest cas, totes les *Drosophiles* amb ulls blancs havien sortit mascles, just com "l'avi". No havia sortit cap femella White mentre que en el cas de Mendel hauria d'haver una proporció del 50-50 de mascles i femelles d'ulls blancs.

Per què no havia nascut cap femella White? Curiós, va considerar diverses raons i va predir una hipòtesi que podia tractar-se d'una possible explicació al problema: el tret d'ulls blancs era letal per a les mosques femelles, de manera que si encreués de la F_1 una femella d'ulls vermells amb un mascle d'ulls blancs, no hi hauria de sortir cap femella d'ulls blancs.

Morgan va realitzar aquesta mateixa prova per veure si els resultats coincidien amb les seves prediccions però, per a la seva sorpresa, van aparèixer femelles d'ulls blancs, femelles d'ulls vermells, mascles d'ulls blancs i mascles d'ulls vermells en proporció 1:1:1:1.

Fruit d'aquests resultats, va obtenir tres conclusions importants:

1. L'aparició d'ulls blancs a les femelles mostra que aquest tret no és letal en elles.
2. Totes les combinacions possibles d'ulls blancs i sexe són possibles.
3. El tret d'ulls blanc és possible a les femelles quan les femelles F_1 s'encreuen amb mascles d'ulls blancs.

Aquests resultats semblaven sorprenents però, encara ho van ser més quan es va encreuar femelles d'ulls blancs amb mascles d'ulls vermells. En aquest encreuament, la primera llei de Mendel, també coneguda com a llei de la uniformitat, no es complia, ja que aquesta F_1 no era homogènia, sinó que hi havia una proporció 1:1 que presentava el 50% de *Drosophiles* d'ulls vermells, totes femelles i un 50% d'ulls blancs, on tots eren mascles.

Per tant, aquests resultats implicaven que el color dels ulls estava d'alguna manera associat o "lligat" al sexe. Més endavant van aparèixer dues mutacions espontànies (ales rudimentàries i color del cos groc), que també estaven

l·ligades al sexe. Tot això suggeriria que aquests tres gens podrien estar en el mateix cromosoma, el cromosoma sexual.

Estudiant els cromosomes de la *Drosophila* al microscopi òptic, Morgan va observar que els 4 parells no eren idèntics, sinó que les femelles tenien dos cromosomes X idèntics, mentre que en els mascles, l'X estava aparellat amb un cromosoma d'aspecte diferent i que mai no apareixia en les femelles (Y).

Per això, un mascle ha de rebre el seu cromosoma X de la seva mare i l'Y del seu pare, la qual cosa explicava la segregació observada en el color d'ulls: si la mare és homozigot (té els dos al·lels per aquest gen iguals) amb els ulls vermells, els seus fills mascles només poden tenir els ulls vermells, encara que el pare tingués els ulls blancs.

Així doncs, per tal que apareguin mascles amb els ulls blancs, la mare ha de portar com a mínim una còpia del gen d'ulls blancs en un dels seus cromosomes X, i només tindran els ulls blancs els fills que rebin l'X amb el gen mutat. Per un altra banda, per tal que apareguin femelles amb ulls blancs, tots dos progenitors han d'aportar un cromosoma X amb el gen dels ulls blancs, de manera que és per tant, un esdeveniment menys freqüent.

A partir d'aquestes observacions, Morgan va deduir que el gen que codifica el color dels ulls ha de residir en el cromosoma X i va resumir les seves idees en tres conclusions fonamentals:

- Els gens han de residir als cromosomes
- Cada gen ha de residir en un cromosoma concret
- El caràcter color d'ulls ha de residir en el cromosoma X i estar absent en el cromosoma Y, sent el vermell el color dominant

Gràcies a aquests experiments de Morgan es va confirmar la teoria cromosòmica postulada per Walter Sutton i Theodor Boveri, ja que va demostrar que els cromosomes són portadors dels gens.

Es va reconèixer la presència dels cromosomes sexuals i del que es coneix en genètica com a herència lligada al sexe i va demostrar que els gens es disposaven de forma lineal sobre els cromosomes.

Thomas Hunt Morgan va ser guardonat amb el Premi Nobel de Fisiologia i Medicina en 1933 i la *Drosophila melanogaster* es va convertir en un dels principals models d'estudi en la genètica.

Habitació de les mosques de la Universitat de Columbia



www.nature.com/scitable/content/ne0000/ne0000/ne0000/ne0000/122977784

5.1 Gens lligats

Morgan afirmà que els cromosomes són acoblaments de gens, ja que caràcters que es troben en un cromosoma determinat tendeixen a segregar-se junts. No obstant això, Morgan va observar que aquests caràcters "lligats" de vegades es separaven, de manera que a partir d'aquí, va deduir el concepte de recombinació (dos cromosomes aparellats poden intercanviar informació) i, va proposar que la freqüència de recombinació depenia de la distància. És a dir, com més a prop estiguin dos gens en un cromosoma, major serà la probabilitat que s'heretin junts i, com més gran sigui la distància entre ells, més gran serà la probabilitat que es separin a causa de la recombinació.

Morgan, basant-se en aquestes observacions, va arribar a la conclusió que les variacions en la intensitat de lligament podien utilitzar-se per mapejar els gens en els cromosomes, de manera que, un any després de que Morgan hagués descobert la mosca d'ulls blancs, Alfred Henry Sturtevant va establir el mapa genètic per als gens lligats al sexe.

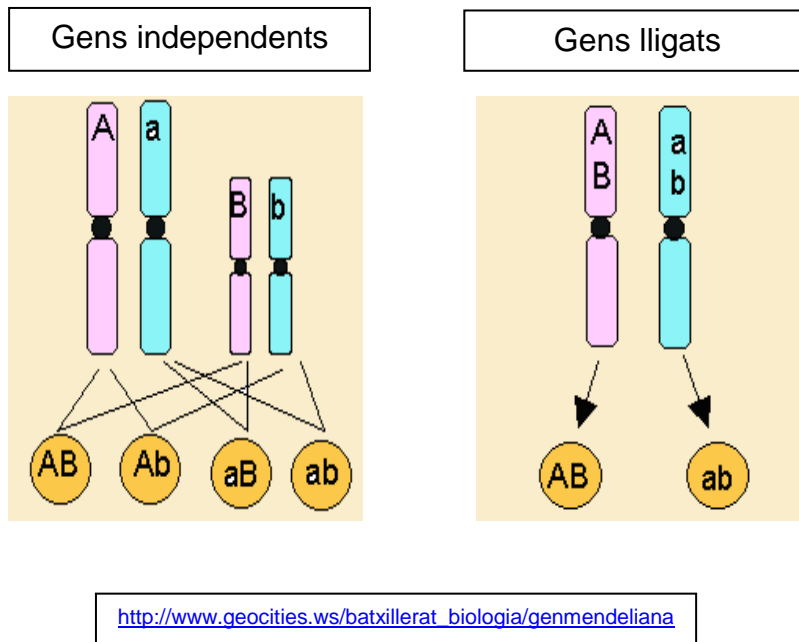
Avui en dia, el Morgan és la unitat de mesura de les distàncies al llarg dels cromosomes a la mosca, ratolins i humans.

Tanmateix, a mesura que el coneixement sobre l'herència va anar avançant al llarg dels anys, es va descobrir que la tercera llei de Mendel no sempre es complia. Només es compleix quan els caràcters triats estan regulats per gens situats en diferents cromosomes (gens independents).

Els caràcters escollits per Mendel color (A) i forma (B) de la llavor es troben en diferents cromosomes i per tant l'individu dihíbrid AaBb formarà quatre tipus de gàmetes (AB, Ab, aB, ab).

En canvi si els gens que estem estudiant es troben localitzats en el mateix cromosoma, un individu que tingui el mateix genotip dihíbrid AaBb només formarà dos classes de gàmetes, (AB, ab).

Per tant, a tots aquells gens que es localitzen en un mateix cromosoma se'ls hi anomena gens lligats.



6. DETERMINACIÓ DEL SEXE

Un aspecte important del fenotip d'un organisme és el seu sexe, que en la majoria dels casos es troba controlat per gens situats en cromosomes específics (sexuals), encara que a la natura, existeixen altres mecanismes per a la determinació del sexe d'un individu, com és el cas de les determinacions gènica, cromosòmica, haplodiploïdia o ambiental, entre altres.

En algunes espècies, la determinació sexual és produïda per un gen amb diversos al·lels. És el que es coneix com a determinació gènica.

D'un altra banda, en la determinació fenotípica o també anomenada ambiental, com el seu mateix nom indica, factors externs influeixen en certs aspectes del metabolisme de cèl·lules genèticament idèntiques, modificant el seu desenvolupament i decidint així la manifestació del sexe. Un exemple és el cocodril, on el sexe està determinat per la temperatura a la qual es coven els ous: si és superior als 27 ° C s'obtindran mascles i si és inferior naixeran femelles.

El cas més comú de determinació sexual és aquell en què els gens que determinen la sexualitat es reuneixen en uns cromosomes determinats que s'anomenen cromosomes sexuals o heterocromosomes, que es diferencien de la resta, els autosomes.

En l'espècie humana i en una altra gran varietat d'animals (mamífers, mol·luscs, artròpodes...) els cromosomes es denominen X i Y a causa de la seva forma. El sexe femení té una dotació XX, ja que tots els gàmetes produïts porten el cromosoma X, mentre que els individus de sexe masculí són XY tenint en compte que produeixen dos tipus d'espermatozoides, 50% portadors del cromosoma X i 50% portadors del cromosoma Y. Com que la fecundació es produeix a l'atzar, un òvul pot unir-se a qualsevol dels tipus d'espermatozoides que s'han produït, pel que en la meitat dels casos es formaran femelles i en l'altre, mascles.

No obstant, l'XX/XY propi de l'espècie humana no és l'únic sistema, sinó que també es coneix el sistema XX/XO o ZZ/ZO, determinació pròpia d'alguns insectes perquè un dels dos sexes només té un cromosoma sexual o el sistema ZZ / ZW, pròpia de les aus, alguns amfibis i rèptils i dels lepidòpters (papallones).

S'utilitza la notació ZZ / ZW per no confondre amb la determinació XX / XY; ja que en aquest sistema les femelles són heterogàmetes (ZW) i els mascles homogamètics (ZZ).

En alguns insectes (abelles, formigues, vespes) no existeixen cromosomes sexuals, sinó que el sexe ve donat pel número de dotacions cromosòmiques; els individus diploides (2n) són femelles mentre que els haploides (n) són mascles. Les femelles es desenvolupen a partir d'òvuls fecundats, mentre que els mascles ho fan a partir d'òvuls sense fecundar (partenogènesi). Aquest tipus de mecanisme s'anomena determinació haplodiploidia o cariotípica.

7. HERÈNCIA LLIGADA AL SEXE

La majoria dels animals i plantes mostren dimorfisme sexual, o dit en altres paraules, un individu pot ser tant mascle com femella. En aquests organismes, hi ha dos tipus de cromosomes, els cromosomes sexuals i els autosomes, el qual gran part d'aquests casos el sexe ve determinat pels cromosomes sexuals.

Els cromosomes sexuals són menors en nombre i en els organismes diploides, normalment, només hi ha un parell. Per exemple, en el cariotip humà hi trobem 46 cromosomes: 22 parells homòlegs d'autosomes i 2 cromosomes sexuals. Com ja sabem, en les dones, hi ha un parell de cromosomes sexuals idèntics anomenats cromosomes X mentre que en els homes, no hi ha un parell idèntic, sinó un cromosoma X i un cromosoma Y.

La majoria dels cromosomes en un genoma són autosomes.

Durant el procés de meiosi, les femelles formen els òvuls que contenen un cromosoma X, però a partir de la divisió cel·lular en les cèl·lules germinals masculines, es formen dos tipus d'espermatozoides; uns amb cromosoma X i altres amb el cromosoma Y, de manera que el sexe de la descendència dependrà de l'espermatozoide (X o Y) que fecundi l'òvul. Si és X, s'originaran femelles mentre que si és Y, mascles.

Hi ha alguns caràcters que estan determinats per gens que es troben en els cromosomes sexuals i, per tant, s'hereten alhora que el sexe.

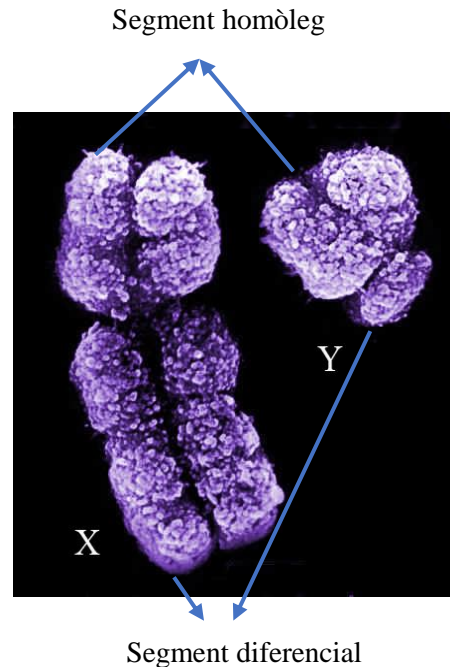
El tipus d'herència d'aquests caràcters és el que es coneix com a herència lligada al sexe.

7.1 Diferenciació de cromosomes sexual

La principal diferència entre el cromosoma X i Y no tracta de la mida, ja que podem observar que l'Y és considerablement més curt que l'X, sinó que tenen diferent contingut gènic.

Específicament, hi ha un gen en el cromosoma Y anomenat SRY que és el que fa la gran diferència. Aquest gen determina que la descendència sigui mascle, ja que sense ell, s'originarien femelles.

Tant el cromosoma X com el cromosoma Y estan compostos per un segment homòleg on es localitzen gens que regulen els mateixos caràcters i un altre segment diferencial, on es troben tant els caràcters ginàndrics com els caràcters holàndrics.



http://hectorarita.files.wordpress.com/2011/11/x_y.jpg

7.2 Herència lligada al sexe en la *Drosophila*

Thomas Hunt Morgan va ser un dels primers científics en relacionar l'herència d'alguns caràcters amb el sexe, ja que va descobrir que el gen causant del color d'ulls a la mosca *Drosophila melanogaster* es troba localitzat en el cromosoma X. D'aquesta manera es demostra que aquests cromosomes no només porten els gens que determinen el sexe, sinó d'altres que influeixen sobre caràcters hereditaris no relacionats amb ell.

A partir d'aquest descobriment es parla de caràcters lligats al sexe com aquells que estan determinats per gens localitzats en els cromosomes sexuals; es tracta doncs, de caràcters que apareixen en un de sol dels sexes o bé, si ho fan en dos, en un d'ells amb més freqüència que en l'altre.

Les mosques de la fruita també tenen cromosomes XX les femelles i XY els mascles. Però, el mecanisme de determinació del sexe en la *Drosophila* no es el mateix que en la dels mamífers.

Com podem veure en el requadre, en la *Drosophila*, el nombre de cromosomes X determina el sexe: dos X donen lloc a una femella i un X resulta en un home. En canvi en els mamífers, la presència de la Y determina la masculinitat, mentre que l'absència d'aquesta Y determina la feminitat.

| Cromosomes sexuals | | | | |
|--------------------|----|----|-----|----|
| Espècie | XX | XY | XXY | XO |
| <i>Drosophila</i> | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ |
| Humà | ♀ | ♂ | ♂ | ♀ |

Per tant, a diferència dels éssers humans, el sexe en les mosques de la fruita és determinat pel nombre de cromosomes X, en lloc de per la presència del cromosoma Y.

8. LES MUTACIONS

Les mutacions són alteracions a l'atzar del material genètic (DNA a les cèl·lules i DNA o RNA als virus). Normalment, es tracta de deficiències i poden arribar a ser letals, però en general són recessives i queden amagades.

Malgrat que les mutacions solen ser negatives per a l'individu, a vegades comporten un aspecte positiu per a l'espècie, com és per exemple, el procés de la selecció natural, que permet l'evolució. És a dir, si es produeix un canvi en l'ambient i les noves condicions són adverses per als individus normals, l'existència d'individus mutants fa possible que alguns éssers suportin aquestes condicions, de manera que gràcies a aquests, l'espècie no s'extingeixi.

Així doncs, algunes mutacions permeten la continuïtat de la vida al llarg dels anys i l'evolució.

Segons el tipus de cèl·lula afectada, les mutacions es poden classificar en mutacions somàtiques, si la mutació té lloc a les cèl·lules somàtiques, o mutacions germinals, si la mutació es dona en les cèl·lules reproductores.

El primer tipus de mutació, la més freqüent, no suposa cap problema (tret que converteixi les cèl·lules somàtiques en cèl·lules cancerígenes), ja que es poden substituir per altres i encara que es propaguin, al dividir-se per mitosi formen una colònia de cèl·lules iguals a les primeres (clons), sense implicar cap mena de complicació. No obstant, les mutacions germinals sí que són transcendents, ja que totes les cèl·lules del nou organisme tindran la mateixa informació que la cèl·lula zigot.

La mutació, pot haver estat produïda per moltes causes, entre les quals cal destacar les següents:

- Errors en els mecanismes de replicació d'ADN o en els processos de reparació.
- Errors en la separació i repartiment del material hereditari en la meiosi o mitosi.

- Acció sobre la molècula d'ADN per part d'alguns agents físics o químics.

Les mutacions poden aparèixer espontàniament, que és el que es coneix com a mutació natural, o bé poden ser provocades artificialment per agents mutàgens. Aquest últim tipus de mutació rep el nom de mutació induïda.

8.1 Les mutacions gèniques

Les mutacions gèniques o també anomenades puntuals, són degudes a l'alteració de la seqüència de nucleòtids en un gen. Segons el tipus d'alteració, es classifiquen en:

Mutacions per substitució de bases: Hi ha dos tipus de bases, les púriques (A i G) i les pirimidíniques (T i C), i per tant, aquesta mutació es produeix quan es canvia una base per una altra.

Hi distingim dos tipus de substitució:

- Transicions: substitucions d'una purina per una altra o d'una pirimidina per una altra.
- Transversions: substitucions d'una purina per una pirimidina o viceversa. Les substitucions provoquen l'alteració d'un únic triplet. No solen ser perjudicials, i constitueixen el 20% de les mutacions gèniques espontànies.

Mutacions per pèrdua o inserció de nucleòtids, també anomenades delecions o addicions: es produeix un corriment de lectura, ja que el missatge genètic es tradueix de tres en tres i per tant, alteren tots els triplets següents.

Constitueixen l'altre 80% restant de les mutacions gèniques espontànies.

Un exemple de mutació gènica es l'albinisme.

8.2 Les mutacions cromosòmiques

Aquest tipus de mutacions afecten fragments de cromosomes, cromosomes sencers o fins i tot, el conjunt de tot el genoma. Es produeixen durant la divisió cel·lular, generalment en la formació dels gàmetes durant la meiosi. Es distingeixen diferents tipus:

Deleció: consisteix en la pèrdua d'un fragment del cromosoma. Sovint són letals.

Duplicació: es produeix una duplicació d'un fragment del cromosoma.

Inversió: un fragment del cromosoma es trenca i després s'uneix de manera invertida.

Translocació: es tracta del canvi de posició d'un segment de cromosoma. Un fragment del cromosoma pot anar a parar a un altre cromosoma.

8.3 Les mutacions genòmiques

Es tracta de les alteracions en el nombre de cromosomes propi d'una espècie. Se'n distingeixen aquests tipus:

Aneuploïdia: és l'alteració en el nombre normal, generalment dos, d'un o més tipus de cromosomes. Per exemple, es produeix quan en lloc de dos cromosomes de cada parell no n'hi ha cap (nul·lisomies), o n'hi ha un (monosomies), tres (trisomies), etc.

| | NOM DE LA MALALTIA | TIPUS DE MUTACIÓ GENÒMICA | QUADRE CLÍNIC |
|--|-------------------------|--|--|
| Per alteracions en els AUTOSOMES | Síndrome de Down | Trisomia del cromosoma 21 (47 cromosomes) | Deficiència mental Cara plana i ampla |
| | Síndrome d'Edwards | Trisomia del cromosoma 18 (47 cromosomes) | Retard mental i de desenvolupament Orelles deformades Hipertensió |
| Per alteracions en els HETERO-CROMOSOMES | Síndrome de Turner | Un sol cromosoma X (44 autosomes + X) | Dones amb retard en el creixement Infantilisme sexual Esterilitat |
| | Síndrome de la triple X | Tres cromosomes X (44 autosomes + XXX) | Dones amb mames poc desenvolupades Genitals externs infantils |
| | Síndrome de Klinefelter | Tres heterocromosomes (44 autosomes + XXY) | Homes amb genitals petits Absència d'espermatogènesi Retard mental |
| | Síndrome de la doble Y | Tres heterocromosomes (44 autosomes + XYY) | Homes amb retard mental Alts i violents |

Les causes de les aneuploïdies poden ser degudes a causa de:

- Fusió cèntrica: és la unió de dos cromosomes no homòlegs, perdent així el centròmer d'algun dels dos. Un exemple és l'origen de les dotacions genètiques d'espècies de *Drosophila*.
- Fissió cèntrica: és la divisió d'un cromosoma en dos, donant lloc a un nou centròmer.
- Segregació errònia: és la distribució errònia de les cromàtides homòlogues entre les cèl·lules filles durant la meiosi.

Euploïdia: és l'alteració en el nombre normal de dotacions haploides d'un individu. Hi distingim dos tipus:

- La monoploïdia o haploïdia: és l'existència d'una sola dotació cromosòmica, és a dir, d'un sol exemplar de cada tipus de cromosoma.
- La poliploïdia: és l'existència de més de dos jocs de cromosomes, és a dir, més de dos exemplars de cada tipus de cromosomes.

En els humans, la taxa de mutació espontània és d'un gen mutat per cada 50.000 gens.

8.4 Els gens Hox

El científic britànic William Bateson (1861-1926) va ser un dels iniciadors de la genètica mendeliana. Ell, no obstant, era contrari al gradualisme de Darwin i argumentava que l'evolució no es podia produir mitjançant el canvi continu de les espècies, sinó que, com en les plantes i animals que havia observat, les estructures apareixien i desapareixien sobtadament o es transformaven de manera discreta però completa, i no gradualment.

Per exemple, els pèsols de Mendel són llisos o rugosos, verds o grocs, però no canvien mai gradualment d'una forma a l'altra. Bateson defineix aquesta transformació discreta i completa d'una forma en un altra com a *homeosi*.

La primera homeosi en animals es va produir el 1915, quan Calvin Bridges va trobar una mutació en la *Drosophila melanogaster* que transformava el tercer segment toràcic (que té un parell de petits òrgans per estabilitzar el vol anomenats balteris) en una còpia del segon segment toràcic (portador de les ales). El resultat doncs, va ser el d'una mosca amb dos parells d'ales.

Gràcies a uns estudis posteriors, es va demostrar que la identitat anatòmica de cada segment de *Drosophila* depèn d'uns gens reguladors anomenats gens

homeòtics, les mutacions dels quals poden provocar alteracions de la posició de les estructures d'un animal.

Els gens homeòtics codifiquen factors de transcripció específics; aquestes proteïnes reguladores són activadores o repressores de gens que controlen l'expressió dels gens responsables d'estructures anatòmiques específiques.

Per exemple, una versió mutant del gen que codifica la proteïna homeòtica toràcica determina que també s'expressi en el segment cefàlic. En aquest lloc es sobreposa amb la proteïna normal activadora del gen de les antenes i designa el segment com a toràcic en lloc de cefàlic, la qual cosa produeix el desenvolupament de potes en comptes d'antenes.

L'anàlisi molecular dels gens homeòtics de la *Drosophila* va evidenciar que tots tenen una seqüència de 180 nucleòtids anomenada *homeobox* o seqüència homeòtica.

Al llarg dels anys, s'ha pogut demostrar que animals tant diversos com els insectes, els ratolins o els humans compartim la mateixa homeobox (seqüència homeòtica) i per tant, els mateixos patrons de desenvolupament.

Tant es així que fins i tot els gens Hox (abreviació de homeobox) són intercanviables entre espècies i, un gen Hox humà és capaç de "curar" una mosca que tingui mutat el gen equivalent.

Els gens hox, a més, són un dels conjunts de gens més implicats en el desenvolupament embrionari.

9. AGENTS MUTÀGENS

Un mutagen és un agent físic o químic que canvia el material genètic d'un individu, incrementant d'aquesta manera, la freqüència normal de mutació.

Es van descobrir a la dècada del 1920, quan Hermann Joseph Muller va observar que els raigs X causaven mutacions en la *Drosophila melanogaster*.

9.1 Tipus d'agents mutàgens

Agents biològics: són aquells organismes "vius" que poden alterar les seqüències del material genètic del seu hoste, com per exemple:

- Virus
- Bacteris
- Fongs

Agents químics: són compostos químics capaços d'alterar les estructures de l'ADN de forma brusca, com per exemple:

- Els anàlegs de les bases nitrogenades
- Els alcaloides, com la cafeïna o la nicotina
- El gas mostassa
- L'aigua oxigenada (H_2O_2)
- L'àcid nítrós (HNO_2), perquè des-amina algunes bases nitrogenades, és a dir, elimina el grup $-HN_2$

Agents físics: intervenen les radiacions, alterant la seqüència i estructura de l'ADN. Segons els efectes que causen, hi distingim dos tipus:

- Radiacions no ionitzants: són els rajos ultraviolats (UV). Estan formats per les radiacions electromagnètiques com la llum però de menys longitud d'ona (entre 160-400nm).

- Radiacions ionitzants: són radiacions de longitud d'ona inferior a les no ionitzants, i per tant, molt més energètiques. Provoquen la pèrdua d'electrons en els àtoms de l'ADN, quedant en forma d'ions molt reactius. En són exemples:

- Els raigs X
- Els raigs gamma
- Les emissions de partícules com les radiacions alfa (α), que són àtoms d'heli
- Les radiacions beta (β), que són electrons
- Les radiacions de neutrons, propi de les explosions nuclears

Segons la forma en la que l'energia viatja per l'espai, la podem classificar en:

9.2 La radiació corpuscular

Format per partícules atòmiques i subatòmiques que es mouen a grans velocitats, provocant danys quan xoquen amb altres partícules, incloent-hi les molècules biològiques, com és el cas de les partícules alfa (α) i les partícules beta (β).

9.3 La radiació electromagnètica

És la combinació de camps elèctrics i magnètics que es propaguen per l'espai transportant energia. Aquesta propagació es fa en forma d'ones electromagnètiques i, a diferència de les ones mecàniques com el so, no necessita un medi per desplaçar-se.

Una ona electromagnètica està formada per dues ones: una elèctrica i una magnètica que viatgen perpendicularment l'una respecte de l'altre. La quantitat de energia que transporten depèn de la longitud d'ona i la freqüència.

I per tant, com més gran es la longitud d'ona, més baixa és la freqüència i l'energia que transporta. L'amplitud d'ona, per una altra banda, ens indica la intensitat.

Els raigs gamma, raigs X i la radiació ultraviolada pertanyen a aquest tipus de radiació.

QUADRE CLASSIFICATORI D'ONES ELECTROMAGNETIQUES

| Sigles | Rang | Longitud | Denominació | Utilitat |
|--------|----------------|--------------|-------------------------------|----------------------------------|
| VLF | 10 khz-30kHz | 100 km-10 km | Molt baixa freqüència | Radio gran abast |
| LF | 30 kHz-300kHz | 10 km-1 km | Baixa freqüència | Ràdio, navegació |
| MF | 300 kHz-3MHz | 1 km-100 m | Freqüència mitja | Ràdio d'ona mitja |
| HF | 3 MHz-30 MHz | 100 m-10 m | Alta freqüència | Ràdio d'ona curta |
| VHF | 30 MHz-300 MHz | 1 m-1 dm | Ultra alta freqüència | TV, radar, telefonia mòbil, WiFi |
| UHF | 300 MHz-3 GHz | 1 dm-1 cm | Super alta freqüència | Radar |
| EHF | 30 GHz-300 GHz | 1 cm-1 mm | Extremadament alta freqüència | Radar |

9.4 Fonts de radiació

El simple fet d'estar vius ens exposa, constantment, a radiacions que poden causar mutacions. Entre les fonts de radiació hi trobem:

- Radiacions ambientals: procedeixen de fonts naturals de radiació, com els raigs còsmics, la llum solar i els minerals radioactius de l'escorça terrestre (urani).
- Radiacions produïdes per l'home: com és el cas de les maquinàries utilitzades amb objectius mèdics (radiografies, TACs), per l'àmbit de l'agricultura, les produïdes en els laboratoris d'investigació, centrals nuclears i algunes plantes de manufactura.

També hi consten molts productes de consum diari, com els aparells de televisió, detectors de fum, els rellotges d'esfera lluminosa, etc.

Una altra font de radiació són les bombes atòmiques i d'hidrogen, de les quals encara avui dia moltes persones pateixen els seus efectes.

PART PRÀCTICA

10. LA *DROSOPHILA MELANOGASTER*

No cal dir que la *Drosophila* ha esdevingut un paper importantíssim en la història de la genètica des de que T. H. Morgan va convertir-la en un subjecte experimental ideal. A aquest diminut ésser de 2-3 mm de mida se li hauria de dedicar un monument milers de vegades més gran comparat a les seves proporcions, ja que molts milions d'aquestes mosques van deixar la seva vida en els laboratoris per tal de que l'home pogués desvelar un dels majors enigmes de la natura, els fonaments moleculars de la informació genètica.

La *Drosophila* és més coneguda com a mosca de la fruita o del vinagre, ja que aquests constitueixen una part important de la seva dieta, especialment en la fruita en fermentació.

I què és el que la fa tant apropiada per als usos d'investigació? Doncs, dues de les seves característiques més importants són:

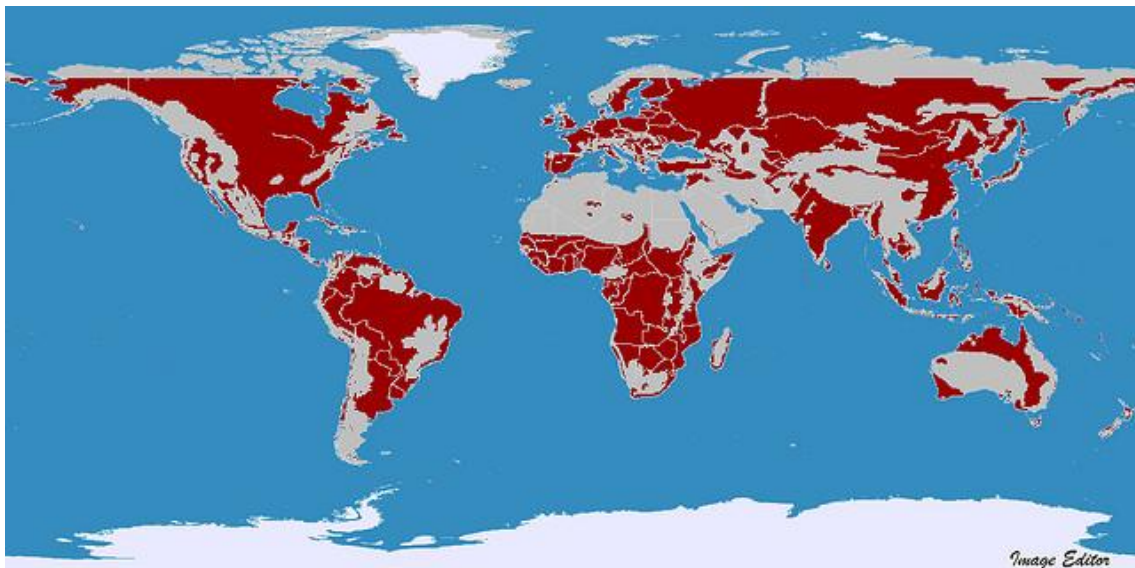
- Només necessita 10 dies per madurar sexualment, o sigui que, en quatre setmanes es poden fer investigacions sobre els nets de la parella original i per tant, al cap de quatre anys, la primera generació compta ja amb tantes generacions descendents com l'home des del final de l'època glacial.
- Conté tota la informació en simplement quatre parells de cromosomes.

Morgan va criar mosques durant 40 anys, i es van registrar els trets de més de 1400 generacions. Que apareguessin mutacions ja no era tan estrany com es pensava en un principi, ja que les mosques canviaven en molt aspectes; alguns tenien ulls gegants, altres no en tenien, uns tenien les ales corbes, etc i, més tard, es va observar que alguns d'aquests trets es manifestaven sempre junts, com per exemple, la longitud de les ales i el color del cos.

10.1 Hàbitat

La *Drosophila melanogaster* viu en una àmplia gamma d'hàbitats, ja que s'ha introduït a cada continent de la Terra, excepte un, l'Antàrtida. La raó és pel fet de que la mosca necessita viure en regions temperades, i per tant, els únics aspectes que delimiten l'existència de dita mosca són les muntanyes, els deserts i les altes latituds.

El nom científic *Drosophila* significa “amant de la rosada”, implicant que aquestes espècies requereixen ambients humits.



https://c2.staticflickr.com/4/3072/2992498125_aac1462312_z.jpg?zz=1

10.2 Comportament

De fet, el comportament de la *Drosophila* és molt simple. Són fàcilment atretes cap a la llum o l'olor de qualsevol font d'aliment i és gairebé indiscriminable aparellar-se amb qualsevol individu del sexe oposat.



<http://www.flickr.com/photos/11304375@N07/2992496261/>

Els adults es nodreixen de plantes en descomposició, de fruita en mal estat i de la fermentació de líquids. La femella, en canvi, busca la fruita que és verda o només lleugerament madura.

El seu objectiu és trobar la fruita que s'acaba de començar a podrir per quan les larves surtin de l'ou.



<http://www.flickr.com/photos/11304375@N07/2993392544/in/photostream/>

10.3 Morfologia

La *Drosophila* és un petit insecte d'uns 3 mm de longitud i 2 mm d'amplitud.

A continuació, per tal d'estudiar la morfologia de la mosca de la fruita més detalladament, dividirem la seva estructura en diferents parts:

CAP

Al cap es troben sobretot òrgans dels sentits i és format per sis segments; labrum, clipeus, antenal-ocular, mandibular, maxil·lar i labial. La part frontal està completament formada pel tercer segment antenal-ocular. Els ulls, compostos, són relativament grans, estan separats amb amplitud i són de la mateixa mida i forma en els dos sexes.



Entre els ulls estan les antenes, que es troben molt properes entre si, i estan formades per sis segments: els tres primers són molt petits, en el segon apareixen truges allargades de diverses mides i en el tercer constitueix una estructura bulbosa.

http://1.bp.blogspot.com/-hMBvWO4j_Ps/TbYwc56Nmul/AAAAAAAAAAyA/ggT97UA9lQw/s1600/Foto%2B1.jpg

A la regió ventral del cap es presenten les parts bucals, el llavi i el clipeus. No presenten mandíbules.

TÒRAX

El tòrax està dividit en tres parts: el protòrax, el mesotòrax i el metatòrax.

Les parets de cada segment involucren transversalment una placa dorsal, una lateral a cada costat entre les ales i la base de les potes, i una placa ventral entre les bases de les potes. Tots els segments del tòrax es troben gairebé fusionats formant una caixa pràcticament sòlida.

El protòrax per si mateix és molt reduït i només serveix de suport per al primer parell de potes. La posició dorsal és un collaret estret que s'estén a través del tòrax, fusionat amb el mesonoto i lateralment amb els elements pleurals del seu propi segment, separats per un plec.

Els grans pèls del tòrax ocupen una posició gairebé definitiva i fixa, estan formats per dos tipus de cèl·lules amb funció nutricional i sensorial.

Els segments des d'on apareixen les ales estan estretament units. Es presenta un allargament del mesotòrax i una reducció del metatòrax, de manera que les ales mesotoràciques tenen la funció total del vol, mentre que les ales metatoràciques funcionen com a òrgans d'equilibri. Aquests es divideixen en tres parts: una porció basal, una mitjana i una apical.



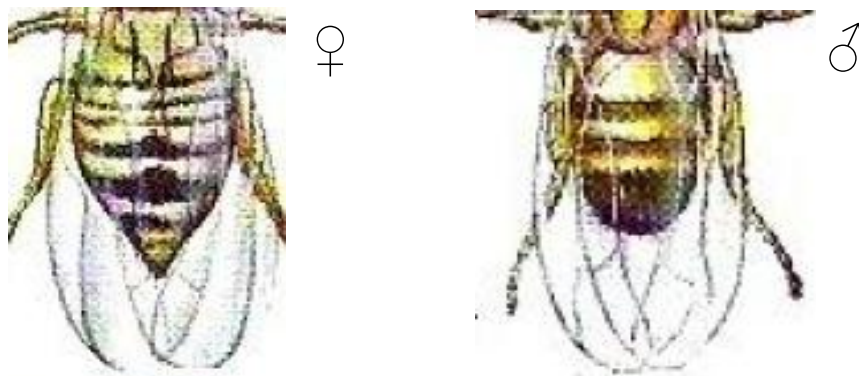
https://c1.staticflickr.com/9/8246/8589795947_939804f6f2_z.jpg

ABDOMEN

En tots dos sexes la segmentació ha estat modificada per desenvolupaments secundaris, de manera que el nombre primitiu de segments és difícil de trobar. Tanmateix, en tots dos sexes falta la placa ventral del primer segment abdominal.

La femella mostra ser més generalitzada: el 8è segment no té ni espiracles ni una placa ventral definida. Després d'aquest, només es troba un petit segment on apareix l'anús; l'obertura genital es troba entre els segments 8è i 9è.

En el mascle la situació és complicada: el 7è i 8è segments desapareixen i queden representats només per un espiracle i una petita placa a cada costat, respectivament. El 9è segment està modificat; mostra una esquena molt gran i una placa ventral molt petita i el 10è, es troba representat per un parell de plaques situades al costat de l'anús.



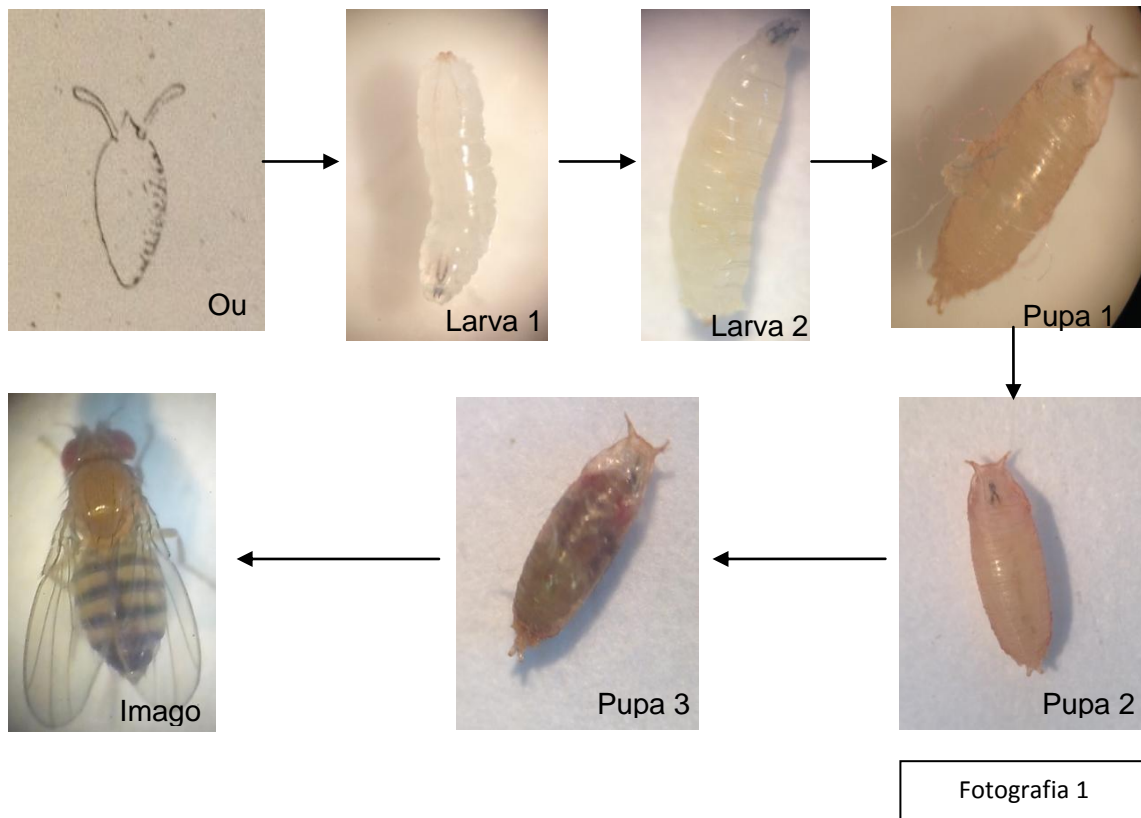
http://1.bp.blogspot.com/_OMBGRwOP_MY/THqM9GvgC7I/AAAAAAAAAs/lkesFDW_hnE/s1600/Drosophila+melanogaster+macho+y+hembra.png

10.4 Cicle vital

L'òvul de la *Drosophila* és bilateralment simètric; el seu costat dorsal és aplanat mentre que el ventral és convexa. El pol anterior i posterior es diferencien per certs aspectes:

- El micròpil sempre es troba situat a la regió anterior.
- Les dimensions de l'òvul són 420x150 micres, és a dir, 0'420 mm de llarg per 0'150 mm d'amplada.
- Les seves membranes protectores són el cori opac i la membrana vitel·lina secretada per l'òvul.
- L'òvul en caure a l'úter ocupa la major part d'aquest, quedant els filaments dorsals de l'òvul suspesos en els oviductes, i els espermatozoides passen a l'oviducte on hi ha polispèrmia, o sigui, que entra més d'un espermatozoide.

El cicle vital de la *Drosophila Melanogaster* dura aproximadament una setmana si la temperatura ambient és de 25°C.



L'OU

Després de l'aparellament, la fecundació dels ous té lloc dins de l'úter. L'oviposició, és a dir, la posta dels ous per les mosques femelles adultes, comença a partir del segon dia després d'emergir i arriben a produir entre 400 a 500 ous com a màxim en 10 dies.

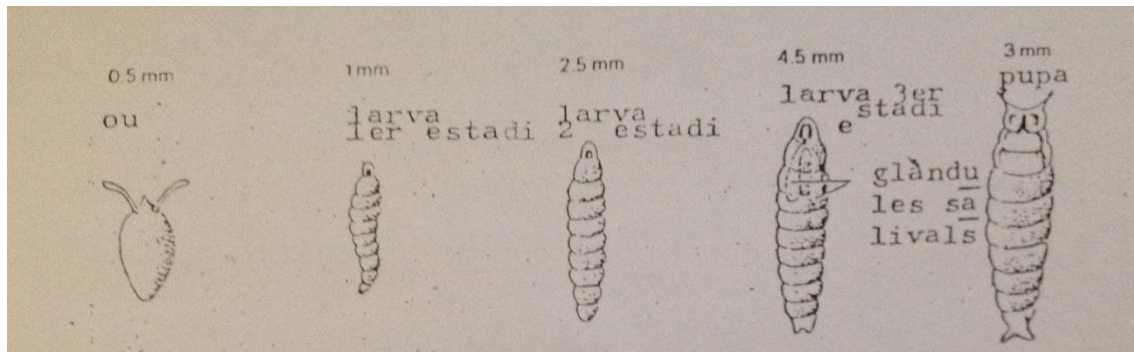
Els ous de la *Drosophila* son ovoides i petits (0'5mm aprox.), amb dos filaments o banyetes primes que sobresurten de l'ou i que actuen com a "flotadors" per evitar que l'ou s'enfonsi en la superfície tova de l'aliment en la que és dipositada. No obstant, això es molt difícil d'observar a través del flascó, pràcticament impossible.

LA LARVA

Després d'un dia surt la larva de l'ou, blanca, segmentada i amb forma de cuc. Les larves són molt actives i per tant, fàcils de localitzar gràcies a les seves parts bucals (mandíbules) que són negres i s'observen amb facilitat, ja que es mouen cap enrere i cap endavant contínuament. Aquest moviment els permet formar solcs i canals, el qual demostra que l'aliment ha estat treballat i indica l'èxit del creixement de cultiu.

El desenvolupament larval es caracteritza per incloure tres estadis, en les quals la larva pateix dues mudes fins a arribar, finalment, a la mida d'adult. Aquests períodes entre muda i muda reben el nom de "estadi lavari". El canvi es produeix quan s'esquinça la pell de l'anterior estadi per tal de que surti d'ella una larva d'una grandària una mica major.

El tercer estadi lavari acaba quan la larva es fixa per donar lloc a una pupa.



A les larves es distingeixen 12 segments: un cefàlic, tres toràcics i vuit abdominals. La boca es troba en el primer segment en posició ventral on al voltant hi han ganxos quitinosos. Les larves són transparents, amb cossos grassos de color blanquinós i, els òrgans més visibles són els respiratoris.

LA PUPA

La metamorfosis és un procés biològic que té lloc durant el desenvolupament d'alguns animals, especialment en els insectes. En el cas de la *Drosophila*, la larva en el seu tercer estadi larvari, canvia els espiracles per unes antenes. La larva prepupal és molt inactiva, ja que expandeix els espiracles anteriors i perd moviment. Al poc temps s'escurça i augmenta de volum, adquirint de mica en mica la forma de pupa en la qual no es nota la segmentació i la seva cutícula és de color blanc.

La cutícula que es caracteritza en la prepupa per ser blanca, s'endureix i es va enfosquint lentament, fins que aproximadament tres hores i mitja després, l'organisme es troba absolutament pigmentat, rebent la càpsula el nom de "puparium".

Aquesta prepupa la podem considerar, també, com el quart estadi larvari el qual acabarà amb una muda. És aleshores quan comença el període de "pupa" o "crisàlida", en la qual es produeixen una sèrie de canvis per donar lloc al teixit adult.

IMAGO

(Altrament conegut com a fase adulta)

Durant la metamorfosi es destrueixen certs teixits i òrgans larvaris, de manera que l'adult o imago emergeix, trencant en el procés, l'extrem anterior de l'embolcall pupari.

La *Drosophila* és de color clar però en poques hores adquireix la pigmentació normal de l'adult. En els primers moments de vida però, és molt difícil diferenciar entre mascle i femella.

La vida d'aquest insecte pot arribar a durar al voltant d'un mes.

TEMPS APROXIMAT DE DESENVOLUPAMENT A 25°C

| HORES | DIES | FASE |
|-------|------|--|
| 0 | 0 | Posta d'ous |
| 0-22 | 0-1 | Embrió |
| 22 | 1 | Sortida d'ous |
| 47 | 2 | Primera muda |
| 70 | 3 | Segona muda |
| 118 | 5 | Formació del pupari |
| 122 | 5 | Muda prepupal |
| 130 | 5 ½ | Pupa: es fan visibles el cap, les ales i les potes |
| 167 | 7 | Pigmentació d'ulls de la pupa |
| 214 | 9-10 | Els adults surten del pupari |
| 215 | 9-10 | Desplegament d'ales |

10.5 Femelles verges

Obtenir femelles verges per fer els encreuaments, és probablement, la tasca que s'ha de dur a terme amb més cura i delicadesa. Es tracta d'un procés meticulós, ja que s'han de tenir en compte diversos factors:



Fotografia 2

- La nit anterior a la collita, buidar tots els pots amb mosques adultes.
- La temperatura afecta al desenvolupament. Si estem a 17°C farà més lent el procés que si estem a 25°C, la qual l'accelera. No obstant, els 30°C pot provocar l'esterilitat.
- Al començament neixen més pupes femenines que masculines, ja que com a norma general, les femelles tenen un desenvolupament més ràpid.
- Al dia següent d'haver buidat els pots de les mosques adultes, collir les femelles verges ben aviat (7:00h-8:00h del matí), ja que surten d'hora, just després de la sortida del Sol.
- Així doncs, la probabilitat de trobar més verges a la tarda serà menor que al matí.

A l'hora d'observar les femelles verges per dur a terme l'encreuament, seguirem els passos següents:

- Primer de tot, identifiquem la grandària de l'abdomen de la mosca. Les drosophiles femelles verges, a diferència de les que ja han estat fecundades, tenen un abdomen molt més gran i allargat, blanquinós en general i molt tendre al tacte.
- Si són verges, han de tenir un puntet negre a un costat de l'abdomen.
- Observem la coloració dels arcs genitals i de les pintes sexuals, totes dues presents en mascles, però no en femelles.
- Fixem-nos en les ales. Si les ales estan mullades i replegades vol dir que la mosca ha sorgit recentment però, si estan seques i completament

estes, la mosca ha sorgit farà d'entre 5h-6h i potser ja ha estat fecundada.

Si volem assegurar-nos completament, el que farem serà col·locar la mosca femella en un pot apartat i esperar durant 2-3 dies. Si al cap d'aquest temps, no ha sortit cap ou, la considerarem verge.

10.6 Distinció de sexes

La mosca de la fruita presenta dimorfisme sexual. Saber distingir el tipus de sexe en la *Drosophila melanogaster* és fonamental per poder realitzar els encreuaments correctament. Encara que a primer cop d'ull sembli complicat diferenciar entre un mascle i una femella, no ho és realment. Sinó que simplement, s'ha de ser observador.

El sexe d'aquest diminut ésser es pot diferenciar des de que és una larva, una pupa o més senzill, quan passa a ser un adult.

FASE LARVÀRIA

El gènere de la *Drosophila* ja es pot diferenciar des de un primer moment durant el tercer estadi larvari, ja que els òrgans reproductors masculins són majors que els femenins.

FASE PUPÀRIA

En l'estat de pupa, el mascle posseeix una pinta de quetes negres, anomenada pinta sexual, situada en el primer tars del primer parell de potes.

Aquesta pinta és visible en pupes de més de tres dies d'edat.

FASE IMAGO

Un cop la mosca ja es adulta, les diferències que hi trobem entre una *Drosophila* mascle i una *Drosophila* femella són molt abundants. A continuació, explicarem l'ordre a seguir dels diferents aspectes distintius que mostra aquesta mosca per tal d'assegurar-nos al 100% el sexe amb el qual estem tractant.

1. Mida de la mosca

Aquest és el pas principal per diferenciar un mascle d'una femella. Com sabràs, les femelles són considerablement més grans que els mascles (un 25% aproximadament).

2. Forma de l'abdomen

La forma de l'abdomen també es important i molts cops, ens és de gran ajuda perquè es pot diferenciar molt bé el sexe.

La femella té la punta de l'abdomen més allargada i punxeguda mentre que el mascle la té més arrodonida.

3. Coloració de l'abdomen

El que varia són els últims dos segments de l'abdomen. En les femelles, la coloració s'alterna entre unes bandes fosques amb unes clares, mentre que en els mascles, tot és fosc, com si fos una taca.



Fotografia 3

4. Segment abdominal

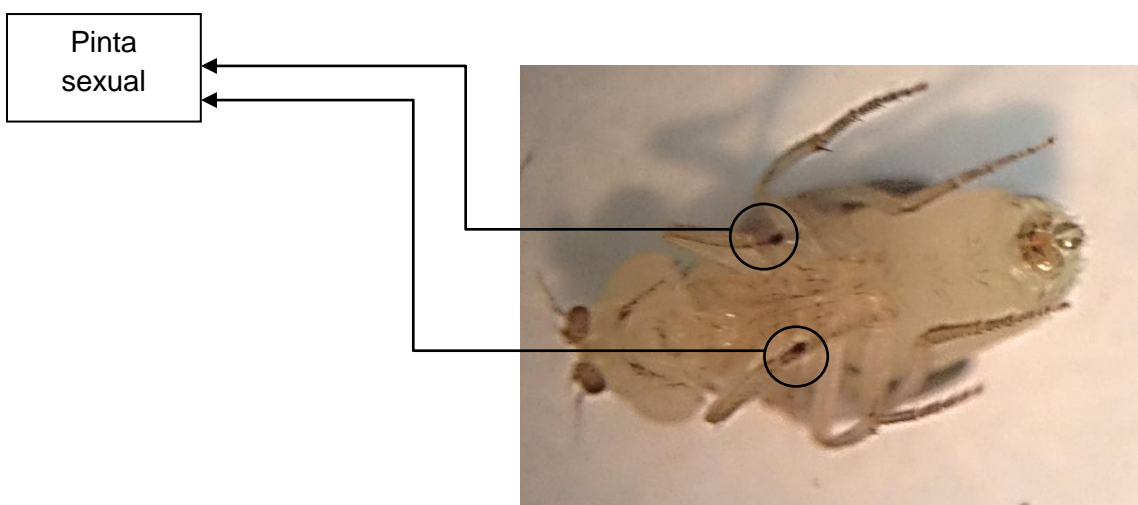
En el cas de la femella es poden distingir 7 segments abdominals, però en el mascle, els últims dos segments es troben fusionats.



Fotografia 4

5. Pinta sexual

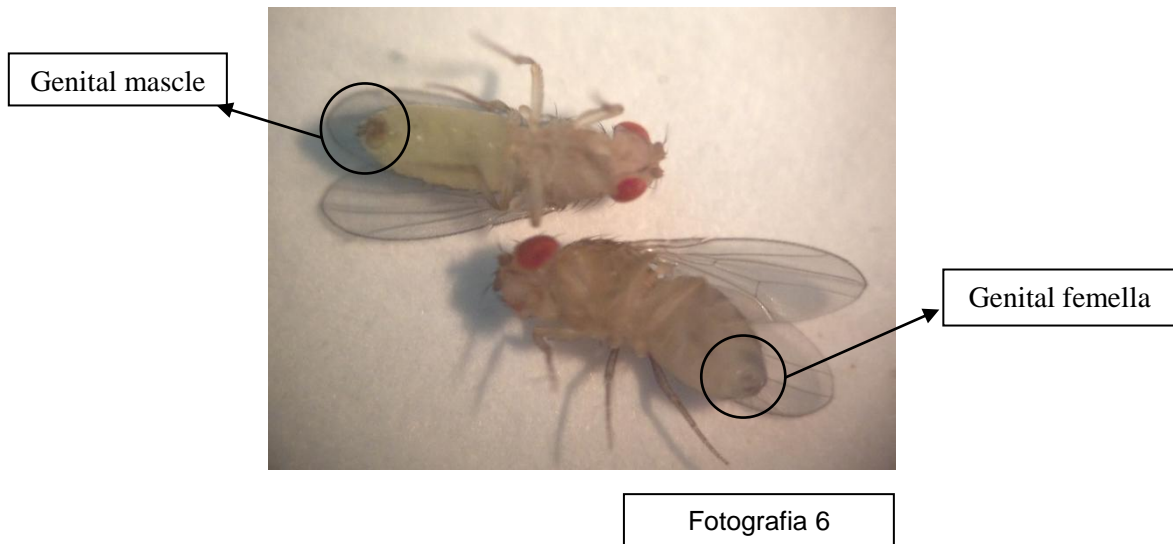
La característica més distintiva és que en els mascles, en el primer parell de potes tenen un grup de truges gruixudes que es coneix com pinta sexual i serveix per subjectar a la femella en el moment de l'aparellament.



Fotografia 5

6. Genitals

La característica més fiable són els genitals. Voltegem la mosca a l'esquena i observem l'extrem de l'abdomen. El masculí mostrarà genitals foscos, mentre que el d'una femella serà color pàl·lid i relativament llis.



10.7 Mutacions monogèniques de la *Drosophila* emprats

Thomas Hunt Morgan va trobar 85 mutacions monogèniques en la *Drosophila melanogaster*. Aquestes mutacions són alteracions en el gens que modifiquen la naturalesa o qualitats d'un òrgan (ulls, ales, potes, etc.). El tipus de *Drosophila* emprats en el meu experiment són:



Fotografia 7

SALVATGE O SILVESTRE

- Es caracteritzen per tenir els ulls grans i vermells.
- La coloració del cos és classifica com a beige clar.
- Aquest tipus de *Drosophila* és considerat com la normal i per tant, s'agafa com a patró.



Fotografia 8

WHITE.

- Reben el nom a causa de la seva coloració d'ulls blancs, que és el que les caracteritza (White en anglès significa blanc).
- Aquesta mutació monogènica presenta un defecte en el seu gen "blanc", l'encarregat de produir els pigments vermells.

11. MEDI DE CULTIU

Per a la preparació del medi de cultiu per a les mosques, hem utilitzat una recepta facilitada pel Departament de Genètica de la facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona.

Com que les proporcions que ens donaven eren per fer-ne 10 flascons i només en necessitàvem 5, he dividit tot entre dos, de manera que les quantitats que s'han utilitzat han sigut les següents:

| | |
|------------------------|-----------------------|
| Flascons | 5 |
| Agar-agar | 2.8 g |
| Sucre | ½ cullerada |
| Aigua | 312.5 cm ³ |
| Farina de blat de moro | 45.5 g |
| Nipagin | 0.45 g |
| Alcohol etílic | 5.15 cm ³ |

Altres materials que han resultat essencials han estat:

| | | |
|----------------------|-------------------|-------------------------|
| Vasos de precipitats | Proveta | Pipeta i pipetejador |
| Vareta | Balança | Cullera (gran i petita) |
| Cassola | Espàtula | Embut |
| Paper vegetal | Llevat (ecològic) | Rotllo de paper |

PREPARACIÓ

1. Desfer l'agar-agar i el sucre en 187.5 cm³ d'aigua, afegint també una mica de llevat.
2. En un vas de precipitats diferent, desfer la farina de blat de moro en 125 cm³ d'aigua.
3. Escalfar la primera solució fins que bulli, evitant la formació de grumolls.
4. Un cop bulli, afegir la solució de la farina de blat de moro, remenant constantment per evitar l'agrumollament. Deixar-ho coure entre 10-15 minuts.
5. Mentrestant, es dissol el nipagin en l'alcohol.
6. Retirar la solució "papilla" del foc i afegir la solució del nipagin.
7. Remenar i posar el medi en els flascons ràpidament, abans de que arribi a quallar.
8. Tallar tires de paper prou llargues per plegar fent ziga-zaga i introduir-les en els pots.
9. Deixar refredar i eixugar la humitat que queda.
10. Afegir una mica de llevat esmicolat a cadascun dels flascons.
11. Finalment, es tapa amb uns taps d'esponja i es guarda a la nevera.



Fotografia 9

11.1 Suggeriments

- El primer que cal tenir en compte és el nombre de flascons que necessitarem per fer els encreuaments i per tant, la quantitat de papilla que haurem de fer.
- Un cop preparada la papilla, hem utilitzat un embut per passar-la als flascons, ja que veiem que la boca era bastant estreta. No obstant, es quedava enganxada en l'embut i no baixada pel canal, de manera que hem decidit que ficar-ho a ull era una millor opció.
- El paper vegetal que fiquem en els flascons ha d'estar expressament en forma de ziga-zaga, perquè així les larves puguin enfilar-s'hi per les parets per passar a la fase de pupa.
- S'ha intentat que tots els productes emprats siguin ecològics, lliure de transgènics, com és el cas de la farina de blat de moro i el llevat, ja que volia reduir les probabilitats de qualsevol possible alteració en les mosques al 0% i, d'aquesta manera, centrar la causant en la meva font proposada.
- Hem fet 5 flascons amb medi de cultiu per a la *Drosophila*, encara que en un principi només es faran servir 4. El cinquè s'ha fet per si un cas sorgeix algun problema o volem conservar viva alguna mosca, tenir un de reforç.

12. MANIPULACIÓ DE MOSQUES

Passar *Drosophiles* d'un flascó a un altre sembla una tasca senzilla, però s'han de tenir en compte molts aspectes alhora per tal de no cometre cap error i perdre les mosques.

En quant a les tècniques d'eterització, hi distingim dos maneres d'eteritzar les mosques, la tècnica del tap de cotó flux i la tècnica de l'eteritzador. Tanmateix, només en farem ús del primer mètode ja que considero que és la més pràctica i senzilla.

12.1 Tècnica del tap de cotó flux

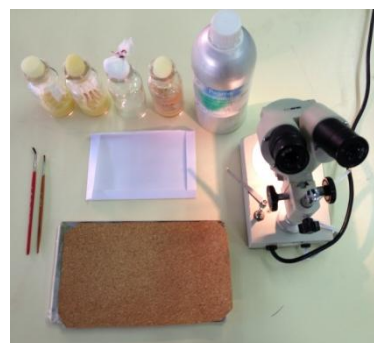
| <u>MATERIAL</u> | | |
|-----------------|-------------------------|----------------|
| Èter etílic | Parell de pinzells fins | Flascons buits |
| Paper | Lupa binocular | Cotó |
| Cordill | Gasses | Tisores |
| Picador de suro | Paperines | Paper de vàter |

PROCEDIMENT

1. Construïm un tap de cotó flux. Fem una bola de cotó, de la mida de la boca del flascó, i l'emboliquem amb una gassa que lligarem amb un cordill.

2. Sobre una superfície tova (picador de suro), col·loquem el flascó que conté les mosques i el buit. Aquest ha d'estar net i sobretot sec, si no ho és, el netegem i l'assequem abans d'utilitzar-lo.

3. Amb el flascó que conté les mosques, donem uns quants cops secs sobre el picador per tal de que aquestes caiguin al fons.



Fotografia 10

4. Ràpidament, retirem el tap i encarem aquest flascó amb la boca del flascó buit.

5. Impregnem el tap de cotó amb una mica d'èter.

6. Col·locar el flascó que té mosques a sobre del que és buit i colpejar-lo amb suavitat però amb cops secs perquè les mosques caiguin al nou flascó. 7. Un cop hagin caigut totes les mosques al nou flascó, retirem el flascó on es

conreen i ràpidament tapem el que ara conté les mosques amb el tap de cotó fluix impregnat d'èter fins que quedin adormides.

8. Quan vegem que ja estan anestesiades, retirem el tap de cotó per evitar que es morin a causa d'un sobre excés d'èter.

9. Passem les mosques a un paper blanc, amb l'ajut d'un pinzell si cal, per poder-les observar amb la lupa binocular. Les manipulem amb un pinzell fi.

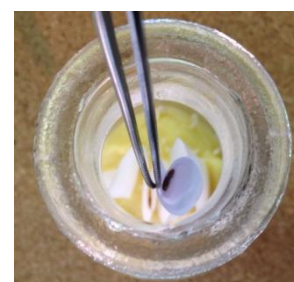
10. Per tornar a passar-les al flascó de cultiu, s'ha d'introduir aquestes mosques en petites paperines per tal d'evitar que es quedin enganxades al medi nutritiu al caure adormides.



Fotografia 11



Fotografia 12



Fotografia 13

12.2 Precaucions i suggeriments

- La principal qüestió que cal comentar és que a l'hora de separar les mosques, hem de tenir paciència i estar tranquils.
- Hem d'assegurar-nos sempre, de que els flascons als quals passarem les mosques estiguin nets i sobretot secs, ja que si no és així, quan les mosques caiguin en aquest segon medi, moriran ofegades.
- Hem d'estar atents de no deixar el tap de cotó adormint les mosques massa temps, perquè sinó, moriran també.
- I sobretot, no deixar mai cap flascó destapat.

13. PROCEDIMENT

Experiment de Juny de 2014:

L'**objectiu** d'aquest experiment és observar, a partir de l'encreuament de dues races pures al igual que va fer Mendel, la primera i la segona generació de *Drosophiles melanogasters* i determinar que, a diferència dels experiments de Mendel, en aquest cas hi influeix el sexe (demostrat per T.H. Morgan).

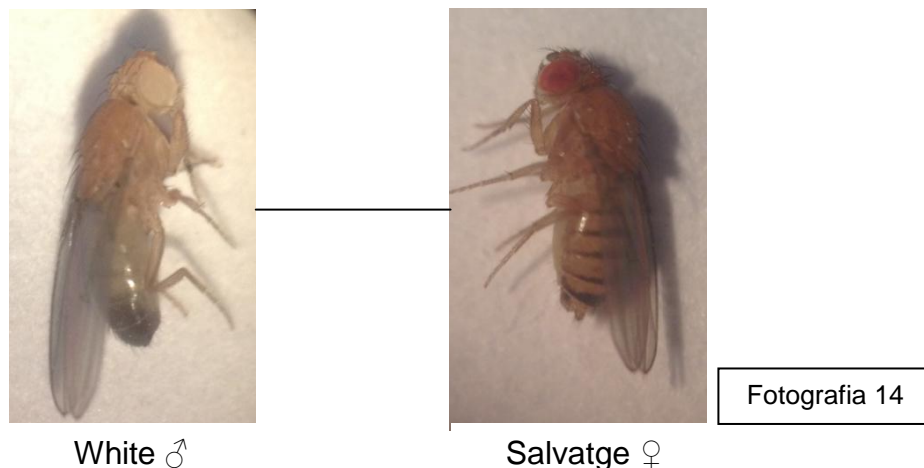
A més a més, aprofitaré aquest mateix experiment per comprovar com afecta la radiació electromagnètica del telèfon sense fil en el cicle vital de la *Drosophila*.

Hipòtesi: S'han trobat mutacions de *Drosophiles* causades per la radiació electromagnètica; no tan feble com les ones que emeten els telèfons sense fil però aquestes últimes també formen part de dita radiació.

Tanmateix, degut a la baixa taxa de mutacions, no espero trobar cap *Drosophila* mutada.

A continuació, per tal de dur a terme els objectius proposats prèviament, es realitzaran els encreuaments següents:

Primer encreuament:



Segon encreuament (recíproc):



White ♀



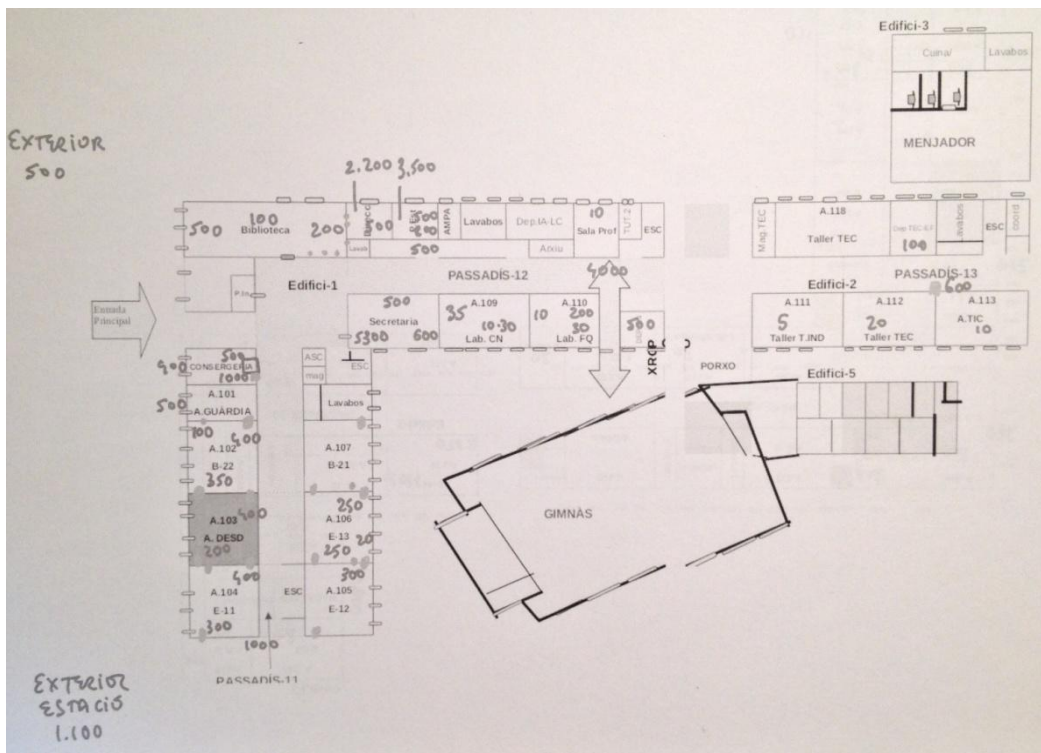
Salvatge ♂

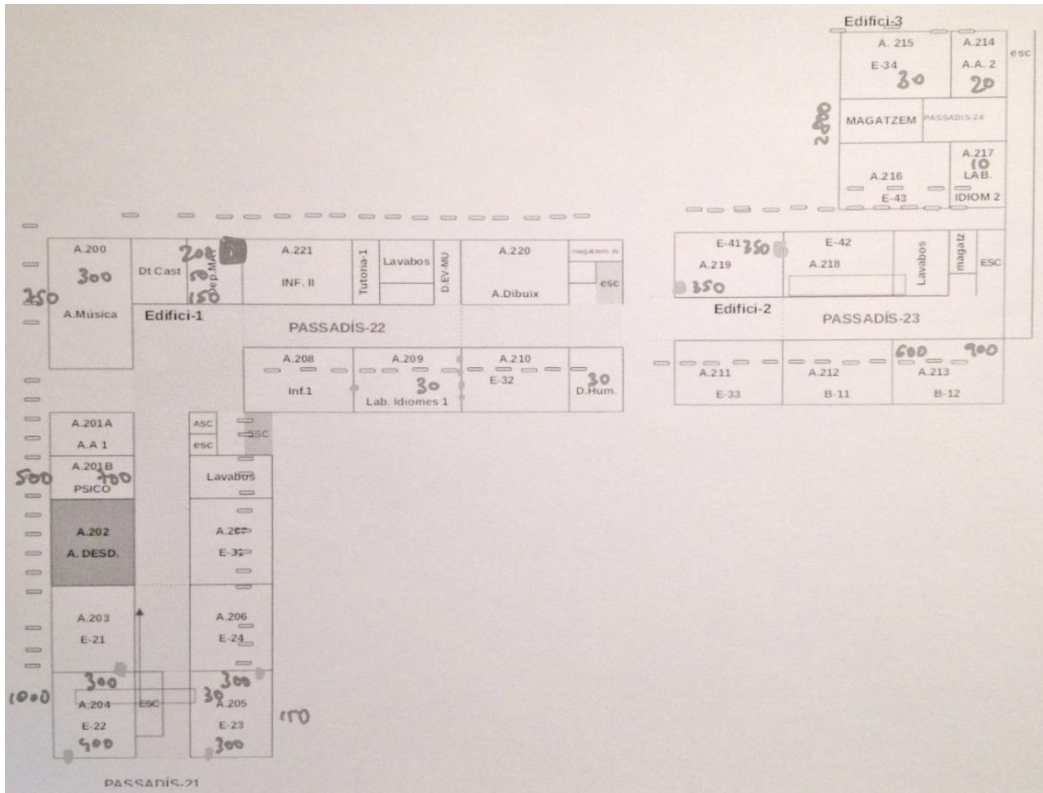
Fotografia 15

De cada encreuament es faran dos exemplars de flascons i per tant, obtindrem 4 flascons. Dos d'ells es trobaran sota radiació electromagnètica mentre que els altres dos restants estaran lliures d'ella.

Amb un aparell que mesura les ones electromagnètiques, he mesurat els punts on hi ha més radiació en el centre escolar. Vegeu l'esquema següent:

Mesures de radiació de l'Ins Josep Lluís Sert de Castelldefels





No obstant, s'ha de tenir en compte que aquestes mesures es van fer durant l'estiu, de manera que les mesures són menors als que vaig utilitzar jo.

En el primer experiment, es va utilitzar el despatx del cap d'estudis, on la radiació mesurada a partir de l'aparell marcava entre 8000-9000 mV/m, encara que l'inalàmbic només estava encès durant 6h (horari lectiu).

Igualment, dos dels flascons van ser dipositats allà.



Fotografia 16

Per una altra banda, el lloc utilitzat on hi havia menys radiació va ser el mateix laboratori, ja que l'aparell tan sols marcava 5,4 mV/m.



Fotografia 17

Experiment de Setembre de 2014:

L'**objectiu** d'aquest segon experiment és reforçar el primer que es va realitzar al juny.

Hipòtesi: Donat els alarmants resultats obtinguts en el darrer experiment, no em sorprèn que la radiació electromagnètica afecti en el cicle vital de la *Drosophila*.

Per dur a terme aquesta segona prova, no ha fet falta encreuar mosques White x Salvatge o a l'inrevés, ja que només es pretén observar l'efecte de la radiació del telèfon sense fil en les *Drosophiles*.

Per tant, hem encreuat les dues races pures entre elles, generant una descendència homozigota en totes les generacions filials obtingudes.

Novament, realitzarem dos flascons de cada i deixarem que es reproduïxin per autofecundació.

Primer encreuament:



Salvatge ♂



Salvatge ♀

Fotografia 18

Segon encreuament:



White ♂



White ♀

Fotografia 19

D'un altra banda, gràcies a l'aparell que mesura la radiació electromagnètica, observem que ara, el lloc en tot el centre on hi ha més radiació és al despatx del director, ja que marca 9026 mV/m.





A més a més, aquest cop el telèfon sense fil no s'apaga mai, de manera que les *Drosophiles* estaran més hores sotmeses a aquesta radiació.



Fotografia 20

14. RESULTATS

14.1 Comprovació de les lleis Mendel i de la teoria cromosòmica

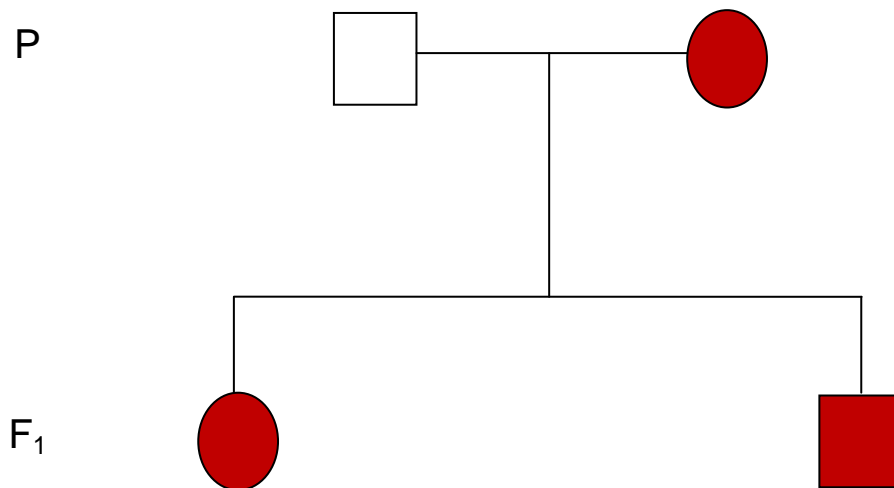
| LLEGENDA | | | | |
|---|---|--|---|----|
| WHITE | | SALVATGE | | |
| X^wX^w | X^wY | XX | XX^w | XY |
|  |  |  |  | |

1er ENCREUAMENT:

| | | |
|-------------------|----------|------------|
| P: WHITE ♂ | X | SALVATGE ♀ |
| X^wY | | XX |

Diagrama d'encreuament:

| | | |
|---|-------|----|
| ♂ | X^w | Y |
| ♀ | X | XY |
| | X | XY |



| FENOTIP | |
|---------------|----------------|
| ♂ | ♀ |
| Tots Salvatge | Totes Salvatge |

- Recompte de la F₁:
(Lliure de radiació)

| P | WHITE ♂ (4) X ^w Y | | SALVATGE ♀ (4) XX | |
|----------------|---------------------------------|---|----------------------|----|
| | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| F ₁ | 0 | 0 | 8 | 15 |
| TOTAL | 23 | | | |

Els resultats segueixen les proporcions esmentades.

- Recompte de la F₁:
(Sota radiació)

| | | | | |
|----------------------|------------------------------|---|-------------------------------|----|
| P | WHITE ♂ (4) X^wY | | SALVATGE ♀ (4) XX | |
| | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| F₁ | 0 | 0 | 24 | 23 |
| | TOTAL 47 | | | |

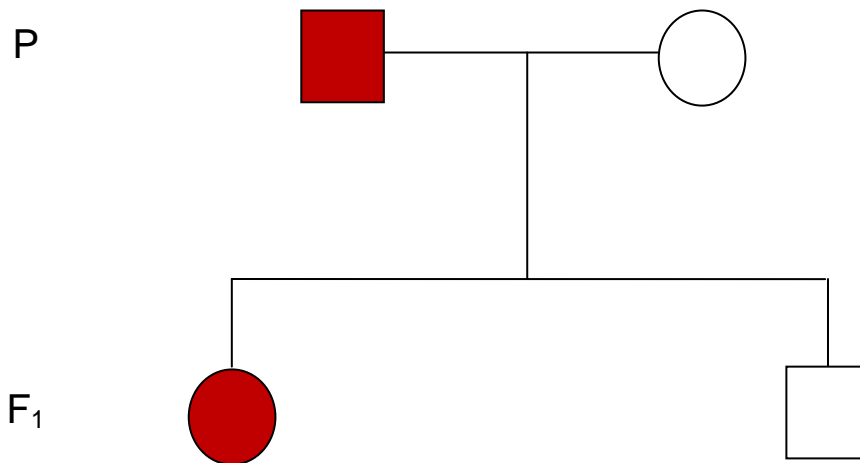
Els resultats segueixen les proporcions esmentades.

2n ENCREUAMENT (RECÍPROC):

| | | |
|----------------------|----------------------------|----------------|
| P: SALVATGE ♂ | X | WHITE ♀ |
| XY | X^wX^w | |

Diagrama d'encreuament:

| | | |
|-------|--------|--------|
| ♀ \ ♂ | X | Y |
| X^w | X^wX | X^wY |
| X^w | X^wX | X^wY |



| FENOTIP | |
|------------|----------------|
| ♂ | ♀ |
| Tots White | Totes Salvatge |

- Recompte F₁:
(lliure radiació)

| P | SALVATGE ♂ (4) | | WHITE ♀ (4) | |
|----------------|----------------|---|-------------------------------|---|
| | XY | | X ^w X ^w | |
| F ₁ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| | 0 | 8 | 2 | 0 |
| TOTAL | 10 | | | |

Els resultats segueixen les proporcions esmentades.

- Recompte F₁:
(sota radiació)

| | | | | |
|----------------------|-----------------------|----|-------------------------------|---|
| P | SALVATGE ♂ (4) | | WHITE ♀ (2) | |
| | XY | | X ^w X ^w | |
| F₁ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| | 0 | 19 | 3 | 0 |
| TOTAL | 22 | | | |

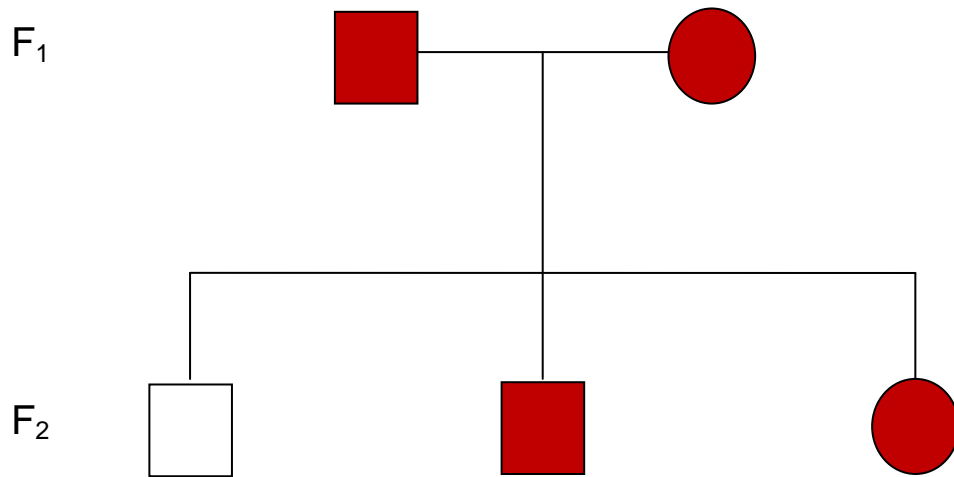
Els resultats segueixen les proporcions esmentades.

3r ENCREUAMENT:

| | | |
|----------------------|----------|-----------------------|
| P: SALVATGE ♂ | X | SALVATGE ♀ |
| XY | | XX^w |

Diagrama d'encreuament:

| | | |
|----------------|------------------|------------------|
| ♂ | X | Y |
| ♀ | X | XY |
| X ^w | X ^w X | X ^w Y |



| <u>FENOTIP</u> | |
|------------------------|----------------|
| ♂ | ♀ |
| ½ Salvatge ½ White. | Totes Salvatge |

- Recompte F₂ del primer encreuament:
(Lliure de radiació)

| F ₁ | SALVATGE ♂ (5) XY | | SALVATGE ♀ (5) XX ^w | |
|----------------|-----------------------------|---|--|---|
| Fenotip | SALVATGE | | WHITE | |
| F ₂ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| | | 8 | 16 | 0 |
| TOTAL | 24 | | | |

Els resultats no segueixen les proporcions esmentades

- Recompte F₂ del primer encreuament:
(sota radiació)

| | | | | |
|----------------------|-----------------------------|----|--|---|
| F₁ | SALVATGE ♂ (5) XY | | SALVATGE ♀ (5) XX ^w | |
| Fenotip | SALVATGE | | WHITE | |
| F₂ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| | 22 | 41 | 12 | 0 |
| TOTAL | 75 | | | |

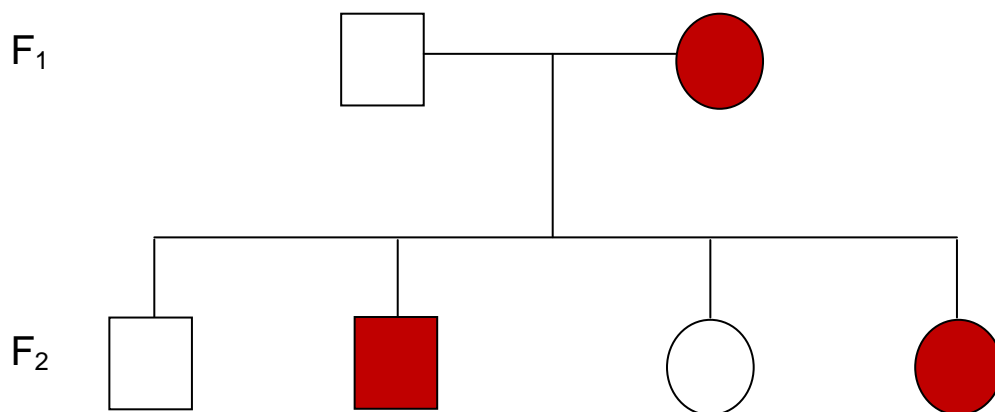
Els resultats segueixen les proporcions esmentades.

4rt ENCREUAMENT:

| | | |
|-----------------------|----------|-----------------------|
| P: WHITE ♂ | X | SALVATGE ♀ |
| X^wY | | X^wX |

Diagrama d'encreuament:

| | | |
|---|-------------------------------|------------------|
| ♂ | X ^w | Y |
| ♀ | X ^w | X |
| | X ^w X ^w | X ^w Y |
| | XX ^w | XY |



| <u>FENOTIP</u> | |
|----------------|------------|
| ♂ | ♀ |
| ¼ White | ¼ White |
| ¼ Salvatge | ¼ Salvatge |

- Recompte de la F₂ del segon encreuament:
(lliure de radiació)

| F ₁ | WHITE ♂ (5) X ^w Y | | SALVATGE ♀ (5) X ^w X | |
|----------------|---------------------------------|---|------------------------------------|----|
| | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| F ₂ | 9 | 7 | 11 | 15 |
| TOTAL | 42 | | | |

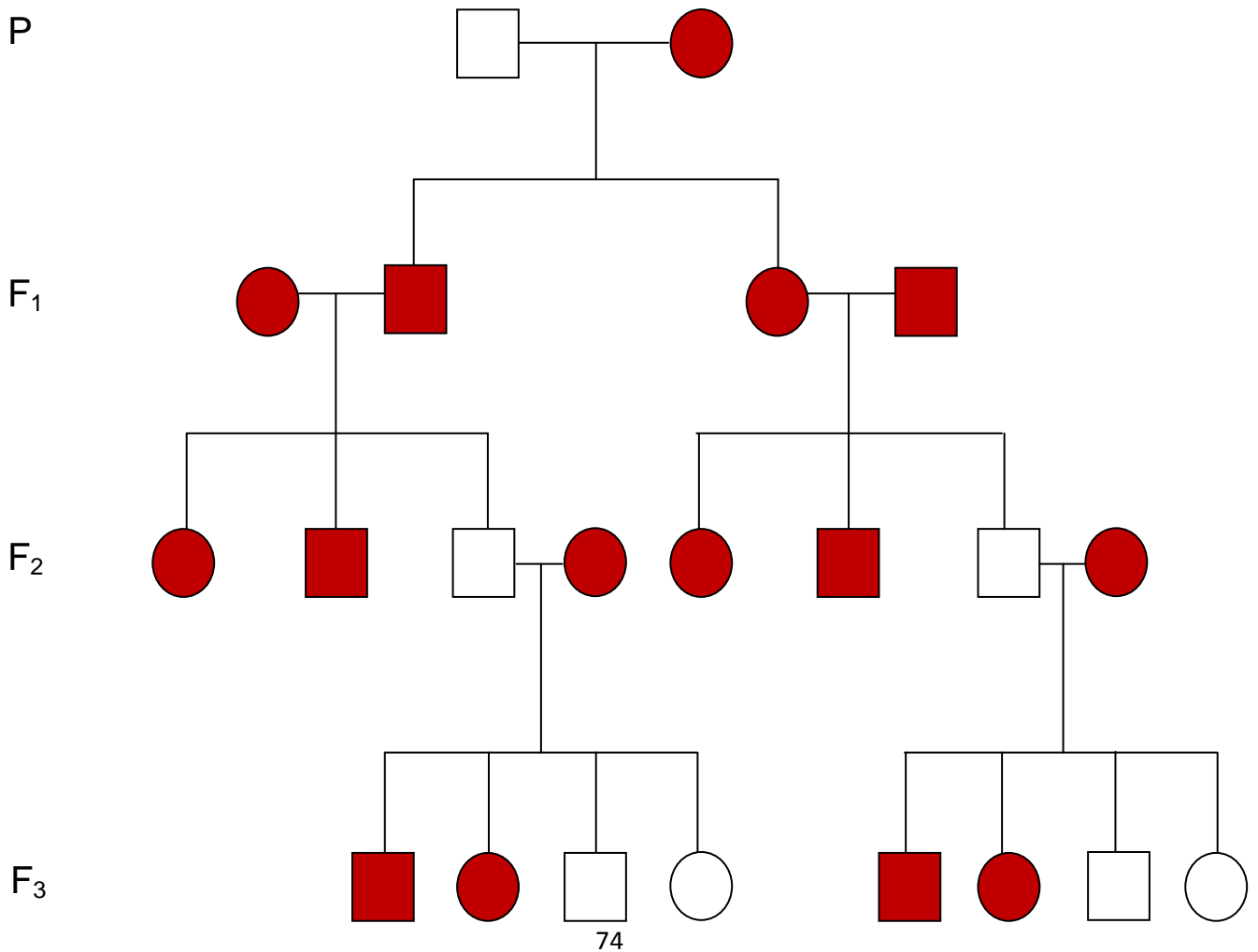
Els resultats segueixen les proporcions esmentades.

- Recompte F₂:
(sota radiació)

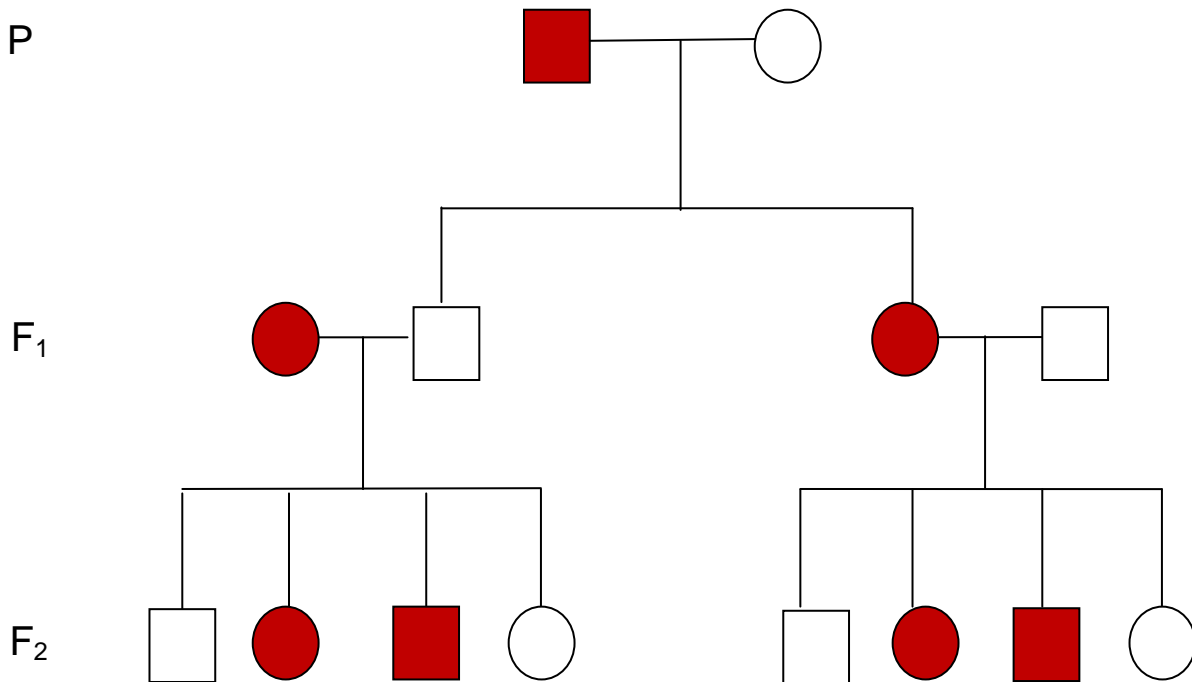
| | | | | |
|----------------------|--------------------|----|-----------------------|----|
| F₁ | WHITE ♂ (4) | | SALVATGE ♀ (4) | |
| | X^wY | | X^wX | |
| F₂ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| | 15 | 15 | 11 | 24 |
| TOTAL | 65 | | | |

Els resultats segueixen les proporcions esmentades.

PEDIGRÍ GENERAL (Encreuament 1):



PEDIGRÍ GENERAL DE L'ENCREUAMENT RECÍPROC (Encreuament 2):



Cal aclarir que en el quart encreuament, les femelles Salvatge que s'aparellen amb els mascles White ($X^W Y$), obtinguts de la F₁ del segon encreuament, han de ser XX^W , ja que de no ser així, no apareixerien *Drosophiles* White en la descendència (F₂).

14.2 Prova de Khi-quadrat (X^2) de Pearson

La prova de X^2 de Pearson s'utilitza per fer dos tipus de proves per determinar l'associació o la independència de dos o més caràcters qualitius.

El primer pas és calcular l'estadístic khi-quadrat. Això es fa trobant la diferència entre cada fenotip observat i cada fenotip esperat (teòric), elevant aquesta diferència al quadrat, dividint-la per la freqüència teòrica, i fent la suma de cada un d'aquests resultats. S'ha de tenir en compte que un altre factor important en aquesta prova és el grau de llibertat.

$$X^2 = \sum \frac{(F_o - F_t)^2}{F_t}$$

Un valor estarà dins de la proporció estimada si el resultat calculat amb la fórmula és menor al valor establert per la taula de la X^2 .

Per a aquests tipus de pràctiques utilitzarem la columna del 0'05, que és la més aconsellable. Per tant, obtindrem un marge d'error del 5%.

Probabilitat d'un valor superior

| Graus de llibertat | 0,1 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 2,71 | 3,84 | 5,02 | 6,63 | 7,88 |
| 2 | 4,61 | 5,99 | 7,38 | 9,21 | 10,60 |
| 3 | 6,25 | 7,81 | 9,35 | 11,34 | 12,84 |
| 4 | 7,78 | 9,49 | 11,14 | 13,28 | 14,86 |
| 5 | 9,24 | 11,07 | 12,83 | 15,09 | 16,75 |
| 6 | 10,64 | 12,59 | 14,45 | 16,81 | 18,55 |
| 7 | 12,02 | 14,07 | 16,01 | 18,48 | 20,28 |

- 1) Així doncs, per tal de demostrar que el caràcter White és lligat al sexe, farem els càlculs següents:

Total: 47

| White (♂) x Salvatge (♀) | | |
|--------------------------|------|------|
| Fo | 24 ♂ | 23 ♀ |
| Ft | 23 ♂ | 24 ♀ |

$$X^2 = \frac{(24-23)^2}{23} + \frac{(23-24)^2}{24} = 0,085$$

Total: 23

| White (♂) x Salvatge (♀) | | |
|--------------------------|------|------|
| Fo | 8 ♂ | 15 ♀ |
| Ft | 12 ♂ | 11 ♀ |

$$X^2 = \frac{(8-12)^2}{12} + \frac{(15-11)^2}{11} = 2,79$$

Grau de llibertat (n-1) = 2-1 = 1

Veiem a la taula de X^2 (1,0'05) = 3,84. Com que els nostres resultats són inferiors a aquest valor, es compleix la proporció 1:1.

*n = Nombre de fenotips.

2) Per demostrar matemàticament la proporció 3:1 de la F₂, farem els càlculs següents:

Total: 75

| Salvatge (♂) x Salvatge (♀) | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|
| Fo | S 63 | W 12 |
| Ft | S 57 | W 18 |

$$\chi^2 = \frac{(63-57)^2}{57} + \frac{(12-18)^2}{18} = 2,63$$

Grau de llibertat (n-1) = 3-1 = 2

Veiem a la taula χ^2 (2,0'05) = 5'99. Com que el nostre resultat és inferior a aquest valor, sí que es compleix la proporció 3:1.

Per un altra banda, no podem aplicar el test estadístic al segon flascó perquè no va sortir cap White, per tant, no es compleix la proporció 3:1 en aquest darrer cas.

14.3 L'efecte de la radiació en la *Drosophila*

En relació al segon experiment realitzat, observo que tots els flascons sotmesos a la radiació tenen un cicle vital més ràpid que no pas els que en són lliures (sempre i quan els encreuaments siguin simultanis).

Ho podem veure en els resultats següents:

Primer encreuament:

- F1:

| | |
|--|----|
| F₁ Lliure de radiació electromagnètica | |
| TOTAL | 23 |

| | |
|--|----|
| F₁ Sotmesa a radiació electromagnètica | |
| TOTAL | 47 |

- F2:

| | |
|--|----|
| F₂ Lliure de radiació electromagnètica | |
| TOTAL | 24 |

| | |
|--|----|
| F₂ Sotmesa a radiació electromagnètica | |
| TOTAL | 75 |

Segon encreuament:

- F1:

| | |
|--|----|
| Lliure de radiació electromagnètica | |
| TOTAL | 10 |

| | |
|--|----|
| Sotmesa a radiació electromagnètica | |
| TOTAL | 22 |

- F2:

| | |
|--|----|
| Lliure de radiació electromagnètica | |
| TOTAL | 42 |

| | |
|--|----|
| Sotmesa a radiació electromagnètica | |
| TOTAL | 65 |

No es pot tenir en compte l'experiment de Setembre en aquest cas perquè l'encreuament no es va produir els mateixos dies per a tots dos tipus de flascons. En l'experiment de Juny en canvi, sí que es van fer simultàniament i a més, l'extracció de mosques es va dur a terme els mateixos dies. Si això no era possible, el recompte es feia un dia més tard, però igualment afavoreix els nostres resultats. (Igualment hi havia menys mosques).

Per una altra banda, sembla ser que aquestes *Drosophiles* sota radiació tendeixen a morir amb més facilitat; concretament les White, ja que com comento repetidament en el punt 17.1 *Diari de laboratori*, vaig haver de reomplir els flascons diverses vegades per tal d'aconseguir que s'aparellessin entre elles. Una hipòtesi podria ser que aquestes mutants fossin més sensibles a dita radiació que les de tipus Salvatges.

No obstant això, les dues possibles mutacions trobades són Salvatges.

- Divendres, 16 de maig de 2014



Fotografia 21



Fotografia 22

Com podem veure en totes dues fotografies, aquesta *Drosophila* no té cap. És més, l'abdomen que presenta és alarmantment prim comparat amb una mosca corrent i, pel que podem observar en la fotografia 2, sembla que tingui un sol ull a la part superior del que vindria a ser el tòrax. Tot apunta a que es tracta d'una mutació. Si fos així, podria ser deguda als gens Hox?

- Dimarts, 14 d'octubre de 2014



Fotografia 23



Fotografia 24

Aquesta mosca em va cridar l'atenció quan feia el recompte del flascó de la F_2 per la forma en la que caminava. Al analitzar-la amb la lupa, em vaig fixar en la posició de les ales, les quals semblen que facin de potes

Es pot tractar, doncs, d'una altra mutació?

14.4 Càlcul de la freqüència de mutació

Per realitzar el càlcul de la freqüència de mutació, farem la divisió entre el nombre de *Drosophiles* mutades i el total de *Drosophiles* exposades a la radiació, multiplicat per cent.

És a dir:

$$X = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de mutants}}{\text{Total exposades}} \times 100$$

La suma de totes les generacions de *Drosophiles* exposades a la radiació del telèfon sense fil dels experiments de juny i setembre és de: 747 en total. I per tant,

$$X = \frac{2}{747} \times 100 = 0,23 \%$$

R: Obtenim un 0,23% de freqüència de mutació.

15. CONCLUSIONS

- Gràcies al primer experiment realitzat, podem determinar que els caràcters situats en els cromosomes sexuals no compleixen les lleis de Mendel, ja que:

En un principi, si encreuem dues races pures amb White (♂) x Salvatge (♀), obtenim les proporcions 1:1 i 3:1 (calculats a partir del test estadístic Khi-quadrat) de la primera i segona llei de Mendel, respectivament; els quals segueixen els patrons de les lleis mendelianes. Sembla ser, doncs, que es compleixen dites lleis.

Tanmateix, si fem l'encreuament recíproc, és a dir, Salvatge (♂) x White (♀), demostrarem que aquestes lleis s'invaliden, ja que en la primera generació filial (F₁) no apareixen individus uniformes d'un mateix tipus, sinó que es manifesten tant Salvatges com Whites.

1r encreuament:

| White (♂) x Salvatge (♀) | | |
|--------------------------|---------------|---------------|
| Flascó 1 | S 8 ♂ | S 15 ♀ |
| Flascó 2 | S 24 ♂ | S 23 ♀ |

2n encreuament:

| | | |
|--------------------------|--------------|---------------|
| Salvatge (♂) x White (♀) | | |
| Flascó 1 | W 2 ♂ | S 8 ♀ |
| Flascó 2 | W 3 ♂ | S 19 ♀ |

Per tant, s'observa que variant el sexe dels individus, el caràcter recessiu blanc del color d'ulls en els resultats de les F_1 no són els mateixos, és a dir, en un cas es manifesta el fenotip White i en l'altre no. Es tracta doncs, d'un patró d'herència lligat al sexe recessiu.

D'aquesta manera, a diferència dels experiments de Mendel, influeix el sexe. És més, com que el tret d'ulls blanc és possible quan encreuem una femella White (X^wX) amb un mascle Salvatge (XY), podem determinar que el caràcter color d'ulls ha de residir en el segment diferencial del cromosoma X, i que per tant, es tracta d'un caràcter ginàndric.

Per tant, he complert l'objectiu proposat de demostrar el paper dels cromosomes sexuals com a portadors dels gens, confirmant així la teoria cromosòmica de Sutton i Boveri a partir dels encreuaments realitzats, que per cert, han resultat coincidir amb els experiments de Morgan.

- En relació als resultats del segon experiment realitzat, podem determinar que la radiació electromagnètica afecta en el cicle vital de la *Drosophila*, accelerant així el seu procés de desenvolupament.

És més, estudis han demostrat que les cèl·lules mare posseeixen un ritme circadià o ritme intern, relacionat amb el dia i la nit. Aquest rellotge biològic s'ha adaptat de tal manera que durant el dia, que és quan dites cèl·lules es troben més exposades a la llum UV i a altres agents patògens, deixen d'actuar i per tant, és a la nit quan es duu a terme la regeneració de teixits.

D'aquesta manera, si tenim en compte que en el cas de l'experiment de setembre el telèfon sense fil mai va estar apagat, aquesta radiació a la qual les *Drosophiles* van estar sotmeses amb constància, pot haver afectat a les cèl·lules mare, repercutint així, a totes les demés en les que aquestes es diferenciïn.

Cal destacar, doncs, que les *Drosophiles* sotmeses a la radiació de setembre han resultat ser molt més sensibles a dita radiació que no pas les de juny, ja que va morir tot un flascó de *Drosophiles* White (comentat en el punt 17.1 *Diari de laboratorí*). Conseqüentment, pot ser per aquesta mateixa raó per la qual es presentés una segona mutació en menys temps, ja que la radiació a la que aquestes *Drosophiles* van estar sotmeses va ser quatre vegades més duradora que en el cas de l'experiment de juny.

Com ja s'ha calculat anteriorment mitjançant les operacions realitzades en l'apartat 14.4 *Freqüència de mutació*, hem trobat una freqüència del 0,23%. Aquesta freqüència ha sigut produïda sota les condicions d'exposició de radiació que va de 3000-9000 mV/m aproximadament, ja que la radiació electromagnètica del telèfon sense fil no és contínua. Si la comparem amb la taxa de mutació espontània en les cèl·lules haploides (10^{-7}) i en les cèl·lules diploides (10^{-14}), el resultat obtingut és exageradament més gran.

En quant al cas de les possibles *Drosophiles* mutants trobades, sospito que en el primer cas, pot tractar-se d'una mutació deguda als gens Hox.

Les raons que donen suport a la meva hipòtesi són les següents:

Com ja sabem, s'ha demostrat que la identitat anatòmica de cada segment de la *Drosophila* depèn dels gens Hox, i que les mutacions dels quals poden provocar alteracions de la posició de les estructures corporals.

És més, en el cas de la mutació de la *Drosophila* causada per aquests gens, es relaciona el segment toràcic amb el cefàlic, que és concretament el nostre cas (Fotografies 21 i 22).

En quant al segon cas de possible mutació (Fotografies 23 i 24) considero que no pot haver sigut deguda als gens Hox, ja que encara que la part afectada de la *Drosophila* hagi estat novament en el segment toràcic, on trobem les ales, el "normal" hagués sigut que apareguessin potes en comptes d'ales, la qual cosa no ha succeït, sinó que en comptes d'això, semblava que les ales fessin la funció de les potes. Ara bé, si es pot considerar una mutació, deu ser gènica, cromosòmica o genòmica.

Per tant, amb aquesta informació i els resultats obtinguts, he complert el segon objectiu del meu Treball de Recerca al categoritzar la radiació electromagnètica feble com un agent mutagen que ha provocat en la *Drosophila*, la mutació.

Tot i que la meva hipòtesi inicial no era aquesta, ja que considerava que dita radiació només afectaria al cicle biològic de la mosca.

15.1 Conclusions personals

Finalment i per acabar, un altre aspecte important que m'agradaria comentar és el fet de que els humans compartim la mateixa seqüència homeòtica que les *Drosophiles*. Què vol dir això? Doncs bé, com ja s'ha explicat anteriorment en el punt 8.4 *Gens Hox*, la seqüència homeòtica o *homeobox* és una seqüència de 180 nucleòtids que formen els gens homeòtics. Aquests gens, són els encarregats de determinar la identitat de les parts d'un embrió en les seves etapes inicials, de manera que si aquests gens són intercanviables entre espècies, que de fet ho són, vol dir que les persones també tenim els mateixos patrons de desenvolupament.

Per tant, si les *Drosophiles* han pogut patir una mutació relacionada amb els gens Hox a partir de la radiació electromagnètica feble, nosaltres, les persones, també en podem ser víctimes d'ella.

Gràcies a aquest treball de recerca, he adquirit una gran quantitat de coneixements sobre l'àmbit de la genètica. A més, m'ha fet comprendre i ser conscient del veritable impacte dels aparells que avui en dia, a la nostra societat, ens envolten.

16. BIBLIOGRAFÍA

LLIBRES:

Kaspar, Robert. *¿Cómo llego al árbol la manzana?* Madrid: Akal, 1993.

Jimeno, Antonio; Ugedo, Luis. *Biología 1 BATXILLERAT*. 1ª ed. Barcelona: Santillana, 2008.

De Manuel, Jordi; Grau, Ramon; Molina, Joaquim. *Biología 2*. 1ª ed. Barcelona: Teide, 2008.

LLIBRES DIGITALS:

Morgan, Thomas Hunt. 1910. *Sex-limited inheritance in Drosophila* [En línia]. *Science*, 32: 120-122. [Consulta: Agost 2014]. Disponible en:

<http://www.esp.org/foundations/genetics/classical/thm-10a.pdf>

Sutton, Walter. 1902. On the morphology of the chromosome in group *Brachystola magna*. *Biological Bulletin*, 4:24-39. [Consulta: Setembre 2014]. Disponible en:

<http://www.esp.org/foundations/genetics/classical/wss-02.pdf>

ADRECES WEB:

Princeton University. *Sex-determination system* [En línia]. Princeton, Nova Jersey, EEUU. Novembre, 2011. [Consulta: Juliol 2014]. Disponible en:

http://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Sex-determination_system.html

National Center for Biotechnology Information (NCBI). *Chromosomal Sex Determination in Drosophila* [En línia]. Bethesda, EEUU. [Consulta: Juliol 2014].

Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10025>

Palomar College. *Sex Linked Gens* [En línia]. San Martos, California, EEUU. [Consulta: Juliol 2014]. Disponible en:

http://anthro.palomar.edu/biobasis/bio_4.htm

University of Cincinnati. Clermont College. *Linked and Sex-linked Gens* [En línia]. Ohio, EEUU. [Consulta: Juliol 2014]. Disponible en:

<http://biology.clc.uc.edu/courses/bio105/sex-link.htm>

McGraw-Hill Concise Encyclopedia of Bioscience. *Sex-linked inheritance* [En línia]. 2002, EEUU. [Consulta: Juliol 2014]. Disponible en:

<http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/sex-linked+inheritance>

The National Health Museum. *Sex-linked inheritance: Drosophila* [en línia]. Atlanta, Geòrgia, EEUU. [Consulta: Juliol 2014]. Disponible en:

<http://www.accessexcellence.org/RC/VL/GG/sex.php>

Stanford University, The Tech Museum of Innovation. *DNA Basics* [En línia]. San Jose, California, EEUU. [Consulta: Juliol 2014]. Disponible en:

<http://genetics.thetech.org/ask/ask456>

Indiana University. *Drosophila as a Model System* [En línia]. Indiana, EEUU. [Consulta: Agost 2014]. Disponible en:

<http://www.indiana.edu/~oso/lessons/Genetics/Drosophila.html>

Fly Base. *A Database of Drosophila Genes and Genomes* [En línia]. [Consultat: Agost 2014]. Disponible en: <http://flybase.org>

Memorial University. *Introduction to Drosophila Genetics* [En línia]. Newfoundland, Canada. [Consulta: Agost 2014]. Disponible en:

http://www.mun.ca/biology/dinnes/B2250/dros_intro.pdf

University of Illinois. *Collecting Virgin Flies (Drosophila melanogaster)*. [En línia]. Illinois, EEUU. [Consulta: Agost 2014]. Disponible en:

https://sib.illinois.edu/pittendrigh/documents/SOP_Collecting_Virgin_Flies.pdf

Miller, Conrad. University of Michigan. *Drosophila Melanogaster* [En línia]. 2000, Animal Diversity Web. Michigan, EEUU. [Consulta: Agost 2014]. Disponible en:

http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/Drosophila_melanogaster

Carles López, Joan. *Electromagnetisme* [En línia]. 2009, Geohabitat. [Consulta: Agost 2014]. Disponible en: <http://www.geohabitat.cat/electromagnetisme.html>

University of Arkansas. Sutton-Boveri theory: The chromosome theory of inheritance [En línia]. Arkansas, EEUU. [Consulta: Setembre 2014]. Disponible en:

http://comp.uark.edu/~mlehmman/sex_05.pdf

Diputació de Barcelona. Camps Electromagnètics [En línia]. Barcelona. [Consulta: Setembre 2014]. Disponible en:

<http://www.diba.cat/web/mediambient/magn>

ARTICLES:

Penn State University. *Men And Women: The Differences Are In The Genes*. ScienceDaily. ScienceDaily, 23 Març de 2005. [Consulta: Juliol 2014]. Disponible en:

<http://www.sciencedaily.com/releases/2005/03/050323124659.htm>

Nature Education. *Thomas Hunt Morgan and Sex Linkage* [En línia]. Scitable. Cambridge, Massachusetts, EEUU. [Consulta: Agost 2014] Disponible en:

<http://www.nature.com/scitable/topicpage/sex-chromosomes-and-sex-determination-44565>

Margaritis, Lukas H. University of Athens. *Drosophila oogenesis as a bio-marker responding to EMF sources* [En línia]. ReseachGate. Agost de 2013. [Consulta: Agost 2014]. Disponible en:

http://www.researchgate.net/publication/255691380_Drosophila_oogenesis_as_a_bio-marker_responding_to_EMF_sources

L.A.-C.P. Martins. *Did Sutton and Boveri Propose the So-Called Sutton-Boveri Chromosome Hypothesis?* [En línia]. SciELO (Scientific Electronic Library Online). [Consulta: Setembre 2014]. Disponible en:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-47571999000200022

Nature Education. *Developing the Chromosome Theory* [En línia]. Scitable. Cambridge, Massachusetts, EEUU. [Consulta: Setembre 2014]. Disponible en:

<http://www.nature.com/scitable/topicpage/developing-the-chromosome-theory-164#>

Exploratorium. *Mutant Fruit Flies* [En línia]. EEUU. [Consulta: Setembre 2014]. Disponible en:

http://www.exploratorium.edu/exhibits/mutant_flies/mutant_flies.html

324. *Científics de 13 països es proposen aclarir si les ones electromagnètiques són perjudicials per a la salut o no* [En línia]. 28 de Gener de 2014, Barcelona. [Consulta: Setembre 2014]. Disponible en:

<http://www.324.cat/noticia/2292717/lleida/Cientifics-de-13-paisos-es-proposen-aclarir-si-les-ones-electromagnetiques-son-perjudicials-per-a-la-salut-o-no#>

BLOCS:

Bel, Joan; Aragó, Àngels. *Comissió Wifi* [Bloc]. [Consulta: Juny de 2014].
Disponible en: <http://cowi-wico.blogspot.com.es>

Scitechlab. The humble fruit fly, *Drosophila melanogaster* [Bloc] [Consulta: Agost 2014]. Disponible en:

<http://scitechlab.wordpress.com/2008/11/02/the-humble-fruit-fly-drosophila-melanogaster>

Drosophila Melanogaster. Algo sobre la *Drosophila Melanogaster* [Bloc], [Consulta: Agost 2014]. Disponible en:

<http://drosophilidae.blogspot.com.es>

17. ANNEX

17.1 Diari de laboratori

DIMARTS, 22 D'ABRIL DE 2014

Objectiu del dia: Anar al CDEC de Barcelona per recollir les mosques que m'havien de proporcionar. Un cop allà, m'ha atès una noia anomenada la, qui m'ha explicat i aconsellat sobre el tema de les mosques.

Problema presentat: No trobàvem enlloc l'Agar-Agar.

DIMECRES, 23 D'ABRIL DE 2014

Objectiu del dia: Treure totes les *Drosophiles* White i Salvatge adultes dels flascons proporcionats pel CDEC, ja que no podem assegurar quines són verges i quines no, deixant només les larves dintre.

Ja que hi estem, fer una primera observació de la mosca (morfologia, sexe, etc.).

Netejar tots els meus flascons fins que estiguin ben nets, amb aigua, sabó i un darrer cop amb lleixiu per desinfectar-los completament, ja que serà en aquests flascons on cultivarem les mosques.

Construir, amb una bola de cotó fluix, una gasa i un cordill, un tap de cotó fluix que servirà per la tècnica d'esterilització.

Problema presentat: El primer error que s'ha comès ha sigut el fet de passar les mosques d'un pot a un altre que encara estava mullat, la qual cosa ha fet que, juntament amb l'èter amb el que les hem adormit, algunes s'hagin ofegat i per tant, hagin mort.

DIVENDRES, 25 D'ABRIL DE 2014

Objectiu del dia: Preparar el medi de cultiu per a les mosques, ja que sembla ser que sortiran dintre de poc.

Observar diferents pupes, tant de White com de Salvatge en diferents lupes i microscopis, amb la finalitat de decidir quina és la millor opció. Finalment, ens hem decantat per la lupa.

Problema presentat: L'únic material que ens faltava era una balança per mesurar els grams que havíem d'agafar de cada substància. Ens la ha proporcionat el Departament de Química.

DILLUNS, 28 D'ABRIL DE 2014

Objectiu del dia: Observem que han sortit moltes mosques, però només Salvatges.

Amb la lupa he observat i diferenciat els mascles de les femelles, que no ha resultat difícil, però sí diferenciar les femelles que eren verges i les que no. Finalment, per no córrer riscos, només he considerat verge les que encara eren molt petites, les quals les seves ales encara no havien crescut del tot i que gairebé no tenien l'abdomen pigmentat.

He aprofitat les mosques verges que he trobat per ficar-les ja al nostre propi medi de cultiu.

Problema presentat: No ha sortit cap White.

DIMARTS, 29 D'ABRIL DE 2014

Objectiu del dia: Extreure i observar les mosques que han sortit. Diferenciar les que són verges de les que no. Si ho són, ficar-les als flascons corresponents.

Gràcies a un aparell que mesura ones electromagnètiques, he mesurat el lloc on hi ha més radiació en tot el centre. Ha resultat ser el despatx del cap d'estudis, de manera que li he demanat permís per deixar alguns pots de mosques, la qual cosa ha accedit.

Problemes presentats: De White encara no ha sortit cap mosca.

DIMECRES, 30 D'ABRIL DE 2014

Objectiu del dia: Observem que finalment han sortit *Drosophiles White*, de manera que igual que les Salvatges, mirem si hi ha alguna que sigui verge.

A més, ficarem algunes mosques White en el flascó on ja hi són algunes mosques Salvatges, de manera que ja es pot produir un primer encreuament recíproc.

Dur dos dels quatre flascons que tinc de *Drosophiles* (2 exemplars de cada tipus d'encreuament) al despatx del cap d'estudis.

Problema presentat: No han sortit prou White, de manera que hi ha menys probabilitat de que s'encreuin amb les Salvatges.

Per tant, m'he hagut d'endur tot el material necessari, incloent l'èter i la lupa, a casa per acabar de fer els encreuaments.

S'ha escapat un mascle Salvatge d'un dels flascons dels encreuaments.

DIJOURS, 1 DE MAIG DE 2014

Objectiu del dia: Observar si han sortit *Drosophiles White*, fet que sí. He afegit per tant, un mascle i una femella verge als pots que pertocaven.

Problema presentat: Cap.

DISSABTE, 3 DE MAIG DE 2014

Objectiu del dia: Observar les mosques White que han sortit, de les quals només m'he quedat amb 3 mascles. Hi havien 18 femelles, però totes estaven massa desenvolupades, així que no m'he quedat amb cap.

Problema presentat: A causa de la gran quantitat de mosques que han sortit, he hagut de treballar de pressa, ja que dos o tres mosques s'han despertat en el procés i les he hagut d'adormir amb èter per segon cop.

DIUMENGE, 4 DE MAIG DE 2014

Objectiu del dia: Observar les *Drosophiles White* repetint el mateix procediment que els dies anteriors. Només m'he quedat amb una femella verge.

Problema presentat: Els tres mascles que vaig incorporar en un dels flascons ahir sembla ser que no han sobreviscut, probablement a causa de l'excés d'èter amb el qual els vaig adormir.

DIMECRES, 5 DE MAIG DE 2014

Objectiu del dia: Afegir una femella verge White al flascó sotmès a la radiació. Observo que hi ha bones notícies; presencio les primeres fases de larva en aquest pot.

Problema presentat: Cap.

DIVENDRES, 9 DE MAIG DE 2014

Objectiu del dia: He afegit un mascle White a un flascó perquè se'm va morir una, encara que no cal perquè tres mascles ja es poden reproduir si hi ha quatre femelles. Igualment, ho he fet per a què quedés proporcional.

Problema presentat: Cap.

DIMARTS, 13 DE MAIG DE 2014

Objectiu del dia: Comprovar i confirmar que els resultats obtinguts dels encreuaments són els esperats.

Fer el recompte de la F₁, lliure de radiació:

| | | | |
|--------------------|------------------------------------|----------|-------------------------|
| | WHITE ♂ X ^w Y | X | SALVATGE ♀ XX |
| <u>NO RADIACIÓ</u> | | Salvatge | White |
| Mascle | | 8 | 0 |
| Femella | | 15 | 0 |

Problema presentat: Al principi, tant la professora com jo ens pensàvem que l'encreuament havia sortit malament, ja que segons els nostres càlculs, no hauria d'haver sortit cap mosca mascle White, i jo hi havia contat 4.

Què havíem fet malament? Ja estàvem considerant possibles hipòtesis quan de sobte ens ha vingut al cap que en realitat, es tractaven de les mosques de la generació parental que havia ficat per fer els encreuaments.

També vaig fer el recompte de la F₁ d'un flascó de les que estan sota radiació:

| | | |
|--|----------|-------|
| SALVATGE ♂ X WHITE ♀ XY X X ^w X ^w | | |
| <u>SOTA RADIACIÓ</u> | Salvatge | White |
| Mascle | 0 | 3 |
| Femella | 19 | 0 |

Problema presentat: Cap.

DIMECRES, 14 DE MAIG DE 2014

Objectiu del dia: Fer un nou medi de cultiu per a la segona generació filial de mosques. Considero que aquest cop ha sortit millor, ja que he aconseguit passar la papilla als flascons abans que aquesta s'endurís.

Problema presentat: Cap.

DIJOUS, 15 DE MAIG DE 2014

Objectiu del dia: Continuar separant les mosques, contar-les i comprovar que s'han fet els encreuaments correctament.

Fer el recompte de la F1 de les Drosophiles lliures de radiació:

| | | |
|--|----------|-------|
| SALVATGE ♂ X WHITE ♀ XY X X ^w X ^w | | |
| <u>NO RADIACIÓ</u> | Salvatge | White |
| Masclle | 0 | 2 |
| Femella | 8 | 0 |

Problema presentat: Cap.

DIVENDRES, 16 DE MAIG DE 2014

Objectiu del dia: Fer el recompte de l'últim flascó de mosques de la primera generació, aquest sota radiació. A més, he aprofitat la ocasió per agafar les mosques que necessito ficar en els flascons amb el nou medi de cultiu per a la següent generació. S'han fet dos flascons nous. (Un per als que estan lliures de radiació i un altre per als sotmesos a dita radiació).

| | | | |
|----------------------|------------------------------------|----------|-------------------------|
| | WHITE ♂ X ^w Y | X X | SALVATGE ♀ XX |
| <u>SOTA RADIACIÓ</u> | | Salvatge | White |
| Mascle | | 24 | 0 |
| Femella | | 23 | 0 |

Una de les mosques observades m'ha cridat molt l'atenció perquè no té cap, tota la part del cos es molt més prima que totes les altres mosques que he observat i sembla que tingui un sol ull a la part del coll. Es una mosca monstruosa.

Problema presentat: S'ha comès l'error de llançar-la, ja que amb les presses només he tingut en compte les mosques que em feien falta per a la següent generació filial.

DIJOUS, 22 DE MAIG de 2014

Objectiu del dia: Durant aquests últims dies he anat observant si ja havien aparegut larves als flascons, i efectivament, han sortit larves en tots dos tipus de pots, les que son lliures de radiació i les que estan sotmeses a ella. Tanmateix, observo que en encara que hi hagin sortit larves en els pots de les que no es troben afectades per aquesta radiació, en els flascons en les que sí, hi han sortit moltes més.

Ha passat exactament el mateix que en la F_1 , on les que estan sotmeses a aquesta radiació neixen abans. Però no solament m'ha sorprès això, sinó que hi ha una pupa, (una sola, ni dos ni tres) que es desenvolupa abans que totes les demés, ja que es troba en fase avançada.

Problema presentat: Cap.

DILLUNS, 26 DE MAIG DE 2014

Objectiu del dia: Observo que les larves del pot del dia 19/5 s'han convertit en pupes en el flascó de mosques sotmès a la radiació, mentre que en el flascó lliure de radiació del 16/5 segueixen sent larves, encara que hi ha sortit moltes més.

Problema presentat: Cap.

DIMARTS, 27 DE MAIG DE 2014

Objectiu del dia: Observem que gairebé totes les pupes es trobem en última fase en els pots sotmesos a la radiació. En el que és lliure de radiació també hi ha algunes.

Problema presentat: Cap.

DIJOURS, 29 DE MAIG DE 2014

Objectiu del dia: Han sortit les mosques que estan sotmeses a la radiació del dia 16.

Problema presentat: No les he pogut observar degut a la falta de temps.

DIVENDRES, 30 DE MAIG DE 2014

Objectiu del dia: Comprovar i confirmar que els resultats obtinguts dels encreuaments del 16/5 són els esperats.

Fer el recompte de la F₂, lliure de radiació:

| | | |
|--|----------|-------|
| WHITE ♂ X SALVATGE ♀ X ^w Y X X ^w X | | |
| <u>NO RADIACIÓ</u> | Salvatge | White |
| Masclle | 11 | 9 |
| Femella | 15 | 7 |

Problema presentat: Cap.

DILLUNS, 2 DE JUNY DE 2014

Objectiu del dia: Extreure les *Drosophiles* i comprovar que els resultats obtinguts de l'encreuament del 19/5 (flascó lliure de radiació) són els esperats.

| | | |
|---|----------|-------|
| SALVATGE ♂ X SALVATGE ♀ XY X X ^w X | | |
| <u>NO RADIACIÓ</u> | Salvatge | White |
| Masclle | 5 | 0 |
| Femella | 16 | 0 |

Problema presentat: Haurien d'haver sortit mascles White i no n'ha sortit cap.

DIMARTS, 3 DE JUNY DE 2014

Objectiu del dia: Extreure les mosques del dia 19/5 (flascó amb radiació) i comprovar que els resultats obtinguts dels encreuaments són els esperats.

Fer el recompte d'aquesta F₂.

| | | |
|---|----------|-------|
| SALVATGE ♂ X SALVATGE ♀ XY X X ^w X | | |
| <u>SOTA RADIACIÓ</u> | Salvatge | White |
| Mascle | 22 | 12 |
| Femella | 41 | 0 |

En aquest flascó sotmès a radiació electromagnètica, observo que sí que han sortit mascles White, encara que menys que mascles Salvatge. Pot la radiació influenciar en el desenvolupament de les mosques i fer-les créixer més ràpid?

Problema presentat: Cap.

DIVENDRES, 6 DE JUNY DE 2014

Objectiu del dia: Extreure les mosques del pot amb radiació del dia 16/5. Contar-les i comprovar que els encreuaments són els esperats.

| | | | |
|----------------------|--------------------------|----------|-----------------------------|
| | WHITE ♂ X^wY | X | SALVATGE ♀ X^wX |
| <u>SOTA RADIACIÓ</u> | | Salvatge | White |
| Mascle | | 11 | 15 |
| Femella | | 24 | 15 |

Les proporcions són més o menys les mateixes en excepció de les femelles salvatge, les quals han sortit moltes més.

Problema presentat: Molt de xivarri al laboratori. Hi havia massa gent.

He observat que en el pot del 30/4 (de la primera generació) han mort gairebé totes les mosques.

Al principi m'he sobtat. ja que no sabia que havia passat però al mirar la data he caigut en que ja feia poc més d'un mes que havien nascut i per tant, ja havien fet tot un cicle vital.

DILLUNS, 9 DE JUNY DE 2014

Objectiu del dia: Observar mosques. Hi ha dos que he guardat perquè m'han resultat estranyes.

Problema presentat: Cap.

DIJOURS, 12 DE JUNY DE 2014

Objectiu del dia: Extreure i fer el recompte total de la F₃ (per autofecundació) de tots quatre flascons:

- Sotmès a la radiació del 16/5:

| <u>SOTA RADIACIÓ</u> | FENOTIP SALVATGE I WHITE |
|----------------------|--|
| TOTAL | 84 |

- Lliure de radiació del 16/5:

| <u>NO RADIACIÓ</u> | FENOTIP SALVATGE I WHITE |
|--------------------|--|
| TOTAL | 261 |

- Sotmès a la radiació del 19/5:

| <u>SOTA RADIACIÓ</u> | FENOTIP SALVATGE I WHITE |
|----------------------|--|
| TOTAL | 228 |

- Lliure de radiació del 19/5:

| <u>NO RADIACIÓ</u> | FENOTIP SALVATGE I WHITE |
|--------------------|--|
| TOTAL | 197 |

No em molesto en separar-les per sexes perquè ja he comprovat tot el que m'havia proposat amb els anteriors recomptes. Per tant, simplement miro si hi ha cap mosca mutant.

Problema presentat: Cap.

DILLUNS, 1 DE SETEMBRE DE 2014

Objectiu del dia: He tornat a demanar dos pots de soques, un de tipus Salvatge i un altre de White als laboratoris del CDEC de Barcelona per tal de reforçar la meva hipòtesi, realitzant un segon experiment.

Problema presentat: No podré anar a recollir les *Drosophiles* fins a dintre de quinze dies, la qual cosa ja hauré començat el curs escolar.

DILLUNS, 15 DE SETEMBRE DE 2014

Objectiu del dia: Degut a l'inici de les classes, no he pogut anar a recollir els pots de mosques al CDEC. Per això la meva professora de biologia i tutora de Treball de Recerca ha anat per mi.

Problema presentat: Cap.

DIMECRES, 17 DE SETEMBRE DE 2014

Objectiu del dia: Preparar el medi de cultiu per a la nova generació i alliberar les mosques dels pots proporcionats per poder trobar verges amb més facilitat.

Problema presentat: Cap.

DIVENDRES, 19 DE SETEMBRE DE 2014

Objectiu del dia: han sortit 6 mosques, 5 femelles i un mascle salvatge. 4 femelles en un pot i 3 fem x 1 mascle en l'altre. (pot proporcionat pel CDEC)

Problema presentat: Cap.

DILLUNS, 22 DE SETEMBRE DE 2014

Objectiu del dia: Del pot original proporcionat pel CDEC he extret totes les mosques per tal de que surtin de noves i poder agafar alguna verge. També he ficat 1 femella i 3 mascles al pot que estarà sense radiació per completar i fer 4 femelles x 4 mascles. Tots dos gèneres salvatge.

Problema presentat: No m'ha donat temps a fer res amb les White.

DIMECRES, 24 DE SETEMBRE DE 2014

Objectiu del dia: He extret les drosophiles white del pot proporcionat pel CDEC i he fet un encreuament 4 femelles x 4 salvatges. Aquest serà el flascó sense radiació.

Problema presentat: En el segon pot de mosques White, només he ficat 4 mascles però cap femella, ja que no ha sortit cap verge. Tampoc ha sortit cap femella verge salvatge.

DIJOUS, 25 DE SETEMBRE DE 2014

Objectiu del dia: Veure si han sortit femelles verges tant White com Salvatges i extreure totes les mosques dels pots originals que no ho siguin.

Problema presentat: No hem trobat cap femella verge.

DIJOUS, 2 D'OCTUBRE DE 2014

Objectiu del dia: Extreure i fer el recompte de les *Drosophiles* Salvatge del flascó lliure de radiació.

- Recompte F₁:

| Salvatge x Salvatge | |
|-------------------------|----|
| Fenotip Salvatge | |
| ♂ | ♀ |
| 56 | 68 |

Problema presentat: Cap.

DIVENDRES, 3 D'OCTUBRE DE 2014

Objectiu del dia: Extreure les mosques dels flascons "mare" proporcionats per trobar mosques verges. Efectivament, he trobat una femella verge més, Salvatge, i l'he ficat al flascó que es troba sota radiació electromagnètica.

Problema presentat: En el flascó de les *Drosophiles* White sotmeses a radiació, han mort totes les mosques. Només en queda una femella White.

DIMARTS, 7 D'OCTUBRE DE 2014

Objectiu del dia: Extreure i fer el recompte de les *Drosophiles White* del flascó lliure de radiació.

- Recompte F₁:

| White x White | |
|---------------|----|
| Fenotip White | |
| ♂ | ♀ |
| 10 | 21 |

Problema presentat: Cap.

DIMECRES, 8 D'OCTUBRE DE 2014

Objectiu del dia: Extreure les *Drosophiles White* del pot mare per veure si hi ha cap mascle. Hem trobat un i l'hem ficat al pot amb radiació.

Problema presentat: Calen més mosques White. Tant mascles com femelles.

DIVENDRES, 10 D'OCTUBRE DE 2014

Objectiu del dia: Comprovar si hi ha cap *Drosophila verge*, tant White com Salvatge. (Òbviament, dels flascons mare)

Problema presentat: No hem trobat cap femella verge, ni tampoc més mascles White.

DILLUNS, 13 D'OCTUBRE DE 2014

Objectiu del dia: Observar *Drosophiles*.

Problema presentat: Totes les White sotmeses a la radiació han mort. No obstant, veiem que han sortit pupes en aquest mateix flascó.

DIMARTS, 14 D'OCTUBRE DE 2014

Objectiu del dia: Extreure i fer el recompte de les *Drosophiles* Salvatge sotmeses a la radiació.

- Recompte F_2 :
(sota radiació)

| Salvatge x Salvatge | |
|---------------------|----|
| Fenotip Salvatge | |
| ♂ | ♀ |
| 44 | 53 |

- Una de les *Drosophiles* que observades m'ha semblat anormal, de manera que l'he guardat en un altre pot a part.

Problema presentat: Cap.

DIMECRES, 15 D'OCTUBRE DE 2014

Objectiu del dia: Extreure i fer el recompte de les *Drosophiles* White del flascó sotmès a la radiació.

- Recompte F₂:

| White x White | |
|---------------|----|
| Fenotip White | |
| ♂ | ♀ |
| 9 | 10 |

Problema presentat: Han sortit moltes menys mosques que en el cas del flascó de les Salvatges perquè en aquest pot s'han anat morint moltes White i per tant, no donava temps a que s'emparellessin entre elles.

DIJOUS, 16 D'OCTUBRE DE 2014

Objectiu del dia: Extreure i fer el recompte de les *Drosophiles* Salvatge del flascó lliure de radiació.

- Recompte F₃:

| Salvatge x Salvatge | |
|---------------------|----|
| Fenotip Salvatge | |
| ♂ | ♀ |
| 90 | 96 |

Problema presentat: Cap.

DIMECRES, 22 D'OCTUBRE DE 2014

Objectiu del dia:

Extreure i fer el recompte de les *Drosophiles White* del flascó lliure de radiació.

- Recompte F₃:

| White x White | |
|----------------------|-----|
| Fenotip White | |
| ♂ | ♀ |
| 104 | 105 |

Extreure i fer el recompte de les *Drosophiles Salvatge* del flascó sotmès a la radiació.

- Recompte F₃:

| Salvatge x Salvatge | |
|----------------------------|----|
| Fenotip Salvatge | |
| ♂ | ♀ |
| 28 | 36 |

Extreure i fer el recompte de les *Drosophiles* White del flascó sotmès a la radiació.

- Recompte F₂:

| White x White | |
|---------------|----|
| Fenotip White | |
| ♂ | ♀ |
| 21 | 25 |

Problema presentat: Cap.

17.2 Article de la oogènesi de la *Drosophila* sota camps electromagnètics

La *Drosophila melanogaster* ha sigut subjecte d'experiment per avaluar els efectes sobre la mort cel·lular apoptòtica del fol·licles i la disminució de la seva capacitat reproductiva (fecundació). S'han realitzat un total de 280 experiments diferents, sotmetent a mosques recentment emergides (verges) a la exposició de diferents fonts de camps electromagnètics, que entre ells incloïa: telèfon mòbil (900/1800 MHz), router (1880-1900 MHz), Wi-Fi (2.44 GHz), Bluetooth (2.44 GHz), monitor de bebès (27.15 MHz), generador de ràdio (900 MHz), microones (2.44 GHz) i altres aparells, però com què com podem observar, tots d'ús diari i habitual.

El temps d'exposició a aquestes fonts van ser de curta durada per dia en un període de 3-7 dies.

El telèfon mòbil va ser utilitzat com a referència, mesurant la distància de la font, la durada de la exposició i la repetibilitat. Totes les fonts electromagnètiques utilitzades van crear estadísticament, efectes significants sobre la fecunditat i la mort cel·lular apoptosi, fins i tot a nivells de molt baixa intensitat (bluetooth 0.3 V/m), molt per sota de les directrius de la ICNIRP (Comissió internacional de protecció de radiació no-ionitzant).

Autor: Lukas H.Margaritis

(Traduït per mi mateixa)

Facultat de Biologia de la Universitat d'Atenes.

17.3 Organitzacions que adverteixen contra la tecnologia sense fils

1993: Agència de Protecció Ambiental (EPA): l'exposició de la FCC té "greus deficiències".

Comentaris oficials a la FCC (Comissió de Comunicacions Federals) sobre les directrius per a l'avaluació dels efectes de les radiacions EMF de les radiofreqüències. Novembre 9, 1993.

1993: Administració d'Aliments i Medicaments (FDA)

"Les normes de la FCC no aborden el problema de l'exposició a llarg termini i els camps de RF cròniques" Comentaris de la FDA .

1993: Institut Nacional de Seguretat Ocupacional i Salut (NIOSH)

L'estàndard de la FCC és inadequada, ja que "es basa en un mecanisme únic de salut advers efecte dominant causat per l'escalfament del cos".

1994: Lliga Comitè Bio-Efectes Relay Ràdio Amateur

"L'estàndard de la FCC no protegeix contra els efectes no tèrmics".

2000: Ministeri d'Educació britànic

Els nens menors de 16 anys no han d'utilitzar telèfons mòbils. La Societat Interdisciplinària de Medicina Ambiental (3.000 metges a Alemanya) recomana la prohibició d'ús de telèfons mòbils per part de nens i la prohibició de telèfons mòbils i telèfons sense fil en els centres preescolars, escoles, hospitals, llars d'avis, salons d'esdeveniments, edificis públics i vehicles.

http://www.powerwatch.org.uk/pdfs/20021019_english.pdf

2003: Protecció de les Aus i el Consell per a la Conservació dels boscos dels EUA presenta una demanda en contra de la FCC pel fet que milions d'aus migratòries van ser confosos per la radiació de microones i es van estavellar contra les torres mòbils.

2004: Associació Internacional de Bombers s'oposa a la instal·lació d'antenes de comunicació a les estacions de bombers.

<http://www.iaff.org/HS/Facts/CellTowerFinal.asp>

2005 Salzburg: Departament de Salut Pública d'Àustria prohibeix WLAN i els telèfons DECT a les escoles públiques.

<http://www.safeinschool.org/2011/01/wi-fi-is-removed-from-schools-and.html>

2005 agost: l'Associació Mèdica d'Àustria adverteix contra els Wi-Fi, telèfons sense fil i ús de telèfons mòbils per part de nens.

http://www.thepeoplesinitiative.org/Wifi_and_Schools.html

2005: Associació Mèdica de Viena, adverteix en contra de la connexions Wi-Fi i ús de telèfons mòbils per part de nens de fins a 16 anys.

2006 Frankfurt: El govern alemany decideix no instal·lar WiFi a les seves escoles fins que la seva seguretat ha estat demostrada.

http://www.icems.eu/docs/deutscher_bundestag.pdf

2.006 escoles al Regne Unit van retirar les seves xarxes sense fils

http://www.timesonline.co.uk/tol/life_and_style/education/article642575.ece

2007: Ballinderry Primary School, Irlanda: Eliminat Wi-Fi per protegir els nens petits.

<http://www.safeinschool.org/2011/01/sense-fil-es-retirat-de-escoles-and.html>

2007: a Baviera, el Parlament alemany vota en contra de la Wi-Fi a les escoles.

http://www.icems.eu/docs/deutscher_bundestag.pdf

2007: Els demòcrates d'Austràlia: "L'explosió de les comunicacions sense fils està provocant una malaltia generalitzada".

http://www.democrats.org.au/docs/2007/Joining_the_Dots_ExecSummary.pdf

2008, la Comissió Internacional sobre Seguretat Electromagnètica (integrada per científics de 16 nacions) recomana limitar l'ús de telèfons mòbils per part de nens, adolescents, dones embarassades i les persones grans.

<http://www.icems.eu/resolution.htm>

2007: Therold, Ontario granja en tot el sistema de control sense fil de la ciutat

<http://www.glastonburynaturalhealth.co.uk/WhyWi-Fi.html>

2008: Universitat de Lakehead, Ontario. prohibició dels telèfons Wi-Fi al campus

<http://www.cbc.ca/news/canada/toronto/story/2010/08/15/ontario-wifi.HTML>

2008: Biblioteca nationale de France: Elimina Wi-Fi a causa de problemes de salut i limitar les connexions dels cables d'instal·lació.

<http://www.next-up.org/pdf/FranceNationalLibraryGivesUpWiFi07042008.pdf>

2008: París, França supressió de Wi- Fi a quatre biblioteques públiques a causa de problemes de salut.

http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-35451555_ITM

2008: Universitat de Sainte-Geneviève, París: Eliminat Wi-Fi a la biblioteca a causa de problemes de la Lliga Progressista de Bibliotecaris, qui s'oposa a la tecnologia sense fils a les biblioteques.

<http://libr.org/plg/wifiresolution.php>

2008 Comitè Nacional Rus per a la protecció contra la radiació no ionitzant adverteix que els telèfons mòbils són perillosos fins i tot per converses curtes. Els nens menors de 16 anys d'edat, dones embarassades, epilèptics i les persones amb pèrdua de memòria, trastorns del son i de malalties neurològiques no han d'usar telèfons mòbils.

http://www.radiationresearch.org/pdfs / rncnirp_children.pdf

2008 Sebastopol: Califòrnia denuncia el seu contracte per a la instal·lació de Wi-Fi a la ciutat.

<http://www.boingboing.net/2008/03/24/town-of-sebastopol-c.html>

2008: L'Institut de Càncer a la Universitat de Pittsburgh:

“Els nens mai no han d'usar un telèfon mòbil, excepte en cas d'emergència.”

<http://www.post-gazette.com/pg/08205/898803-114.stm>

2008: Veu (Unió de Docents al Regne Unit) demana la prohibició de Wi-Fi.

Hérouville Saint-Clair, França: prohibició de la tecnologia Wi-Fi gratuïta a les escoles públiques.

<http://www.wifiinschools.org.uk/4.html>

2009: Metges irlandesos Associació Mediambiental: Adverteixen que les normes de seguretat actuals són inadequades.

<http://www.ideaireland.org/>

2009: l'estat de Karnataka, Índia: Els telèfons mòbils estan prohibit en totes les escoles i col·legis preuniversitaris

<http://www.hindu.com/2009/09/14/stories/2009091454460500.htm>

2009: EUA Fish and Wildlife Service insta el Congrés a centrar-se en la possible relació entre els camps electromagnètics i "el col·lapse de les colònies d'abelles."

2010: El Parlament francès: adopta una llei que prohibeix la publicitat de telèfons mòbils als nens menors de 14 anys, prohibeix que els nens menors de 14 anys l'ús de telèfons mòbils en les llars d'infants i escoles públiques demanen que els telèfons mòbils poden marcar amb els valors de SAR i la recomanació d'utilitzar.

2011: el Consell d'Europa aprova una resolució que recomana les connexions a Internet per cable a les escoles i la creació de zones lliures de radiació per protegir les persones electro.

<http://assembly.coe.int/Documents/AdoptedText/ta11/eRES1815.htm30>

2011: El Ministeri d'Educació israelià

Publica directrius que limiten estrictament l'ús de telèfons mòbils en tots els terrenys de l'escola, on se cita l'augment del risc de tumors malignes en nens i joves, així com "l'exposició passiva" amb el suport dels nens que no fan servir el telèfon.

<http://norad4u.blogspot.com/2011/09/israeli-ministry-of-education-is-going.html>

2011: Pretty Riu Academy a Collingwood, Ontario:

Elimina campus WiFi com a mesura de precaució, unint-se a les "Arrels i Ales" Montessori School a Surrey, British Columbia.

http://www.safeschool.ca/uploads/CTV_School_cuts_WiFi.pdf;

http://www.safeschool.ca/School_Bans_WiFi.html

2012, l'Associació Mèdica d'Àustria (OAK) publica directrius per al diagnòstic i tractament dels problemes de salut causats per l'exposició a camps electromagnètics.

<http://www.aerztekammer.at/documents/10618/976981/EMF-Guideline.pdf>

2012: El Comitè Nacional Rus de Protecció contra la Radiació No Ionitzant recomana formalment que el WiFi no es pot utilitzar a les escoles.

<http://youtu.be/5CemiJ-yIA4>

17.4 Glossari

Al·lel: Informació que rep cada caràcter determinat.

Caràcter: Qualitat morfològica o fisiològica de l'ésser viu.

Caràcter ginàndric: Caràcter determinat per un gen situat en la regió no homòloga del cromosoma X. Ex: els gen del daltonisme i de l'hemofília.

Caràcter holàndric: Caràcter determinat per un gen situat en la regió no homòloga del cromosoma Y. Ex: el TDF (gen del desenvolupament testicular).

Cromosoma: estructures cel·lulars que contenen els materials portadors de l'herència biològica.

Espermatogènesi: Procés de formació d'espermatozoides.

Espermatogònia: Cèl·lula mare especialitzada en diferenciar-se per donar lloc a un espermatozoide a un través del procés d'espermatogènesi.

Fenotip: Manifestació externa del genotip.

Gàmeta: Cèl·lula sexual de l'organisme.

Gametogènesi: Nom que rep la producció de gàmetes.

Genotip: Conjunt de gens heretats.

Gen: fragment d'ADN que duu informació per a un determinat caràcter.

Heterozigot. Individu que per a un gen donat té en cada cromosoma homòleg un al·lel diferent.

Homozigot: Individu que per a un gen donat té en cada cromosoma homòleg el mateix tipus d'al·lel.

Híbrid: Descendent de dues línies pures en relació a un mateix caràcter.

Loci (plural **locus**): posició fixa que ocupa cada gen en un cromosoma.

Oogènesi: Procés de formació d'òvuls.

