

Com es determina el fenotip sexual a *Drosophila melanogaster*?

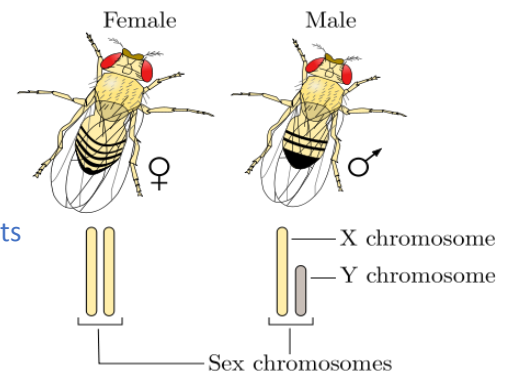
D. melanogaster i la reproducció sexual

Drosophila melanogaster és un insecte dípter (de dues ales) conegut popularment com “mosca del vinagre” que constitueix un dels **organismes models** de la ciència de la **genètica**, és a dir, és un dels més estudiats i coneguts en l’anàlisi genètica.

Com la gran majoria d’eucariotes, aquesta espècie basa la seva continuïtat com a tal en la **reproducció sexual**. Aquesta consisteix en la formació de descendència a partir de la **combinació de material genètic** de dos organismes de la mateixa espècie, donant com a resultat una progènie diferent dels seus progenitors; es duu a terme a través d’una fase inicial de **meiosi**, un tipus especialitzat de divisió cel·lular utilitzat per a la producció de gàmetes o cèl·lules sexuals haploides (només presenten un joc de cromosomes) i una fase posterior de **fecundació**, basada en la fusió de dos gàmetes de diferents individus per tal de formar una nova cèl·lula diploide (amb 2 jocs de cromosomes) o zigot.

Aquests **gàmetes** tenen característiques **diferents**, raó per la qual es solen diferenciar en dos tipus: **òvul**, cèl·lula haploide de gran mida i immòbil, i **espermatozoide**, cèl·lula també haploide però de mida menor i amb mobilitat. Els seus orígens difereixen, ja que la producció de cada un d’ells està associada a un determinat tipus d’individu o “sexe”, que sol referir-se al fenotip sexual. Molts organismes, com el que es tracta en aquest article, només presenten **dos fenotips sexuals: mascle** (productor d’espermatozoides) i **femella** (sintetitzadora d’òvuls).

En el cas de *Drosophila*, ambdós sexes són distingibles mitjançant l’observació dels seus trets físics, perquè aquests difereixen. Per exemple, la femella presenta una mida major a la del mascle, un abdomen morfològicament distint i l’absència de la “pinta sexual” (només trobada als mascles) a les extremitats anteriors.



A més a més, aquesta **diferenciació** és possible gràcies a la heterogeneïtat de la informació genètica entre els dos sexes, la qual permet l’expressió de diferents caràcters en cada individu.

Determinació del sexe cromosòmica

Aquesta **informació genètica** (en forma de gens) abans esmentada es basa en la seqüència de les **molècules d’ADN** que es troben al nucli de les cèl·lules eucariotes en forma de **cromatina** (associades a proteïnes), les quals es condensen durant la fase de divisió cel·lular en estructures denominades **cromosomes**, mitjançant els quals s’expliquen els mecanismes d’herència.

En concret, i com que *Drosophila* és un organisme **diploide** ($2n$, presenta dos jocs de cromosomes), en l’espècie analitzada trobem **3 parells de cromosomes autosòmics**, dels quals cada parell presenta la mateixa morfologia específica, distingible de la dels altres. A més, consta d’un altre parell de cromosomes, que constitueixen el **parell de cromosomes sexuals**, en què es poden trobar dos tipus de cromosomes de forma i mida diferent, fet que s’associa normalment amb la determinació sexual.

En el cas de *Drosophila melanogaster*, l’espècie presenta un **sistema de determinació cromosòmica del sexe XY**, ja que aquests dos tipus de cromosomes són els que poden formar

el parell de cromosomes sexuals. Així doncs, el cromosoma X és de majors dimensions, mentre que el cromosoma Y ha evolucionat a una mida menor.

De manera general, s'associa una combinació dels cromosomes **XY** en un individu amb el **sexe masculí**, mentre que la combinació homogènia de **dos cromosomes X**, amb el **sexe femení**. Per tant, es considera amb freqüència, com **en el cas dels humans**, que la **masculinització** es basa en informació genètica present al **cromosoma Y**.

Tanmateix, el fet que també el sexe heterogamètic (XY) es correspongui amb el mascle de *Drosophila* i el monogamètic (XX) amb la femella no és a causa de la consideració anterior, sinó que es pot interpretar com una oportuna casualitat basada en la diploïdia de la majoria dels organismes.

Descobriments de la determinació pel quocient X/A i les seves conseqüències

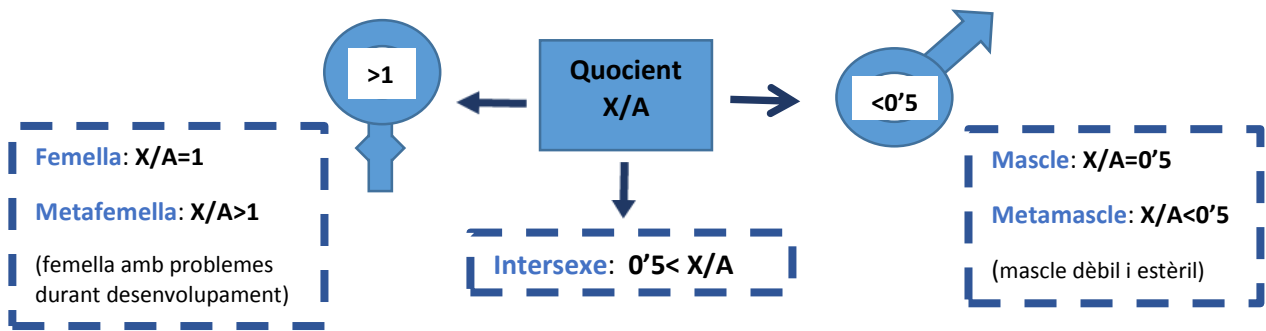
Com ja s'ha explicat abans, l'espècie analitzada és molt utilitzada als laboratoris de genètica i, aleshores, s'han realitzat multitud d'**experiments** amb ella. Entre aquests, cal destacar els realitzats per un dels estudiants del genetista Thomas Morgan, **Calvin Bridges**, al principi dels **anys 20**.

A la natura, **Drosophila** es categoritza com un **organisme diploide**, perquè posseeix dos jocs de cromosomes (dos cromosomes de cada tipus: I, II, III i dos sexuals), fet que es representa amb $2n$, sent n el nombre de tipus de cromosomes diferents propis d'aquella espècie (en aquest cas, $n=4$); la **ploidia** però, entesa com la **dotació cromosòmica de l'individu**, pot ser variada per mitjà d'experiments genètics.

Bridges efectuà un seguit d'experiments en què aconseguí obtenir **individus de Drosophila poliploides**, amb més de dos jocs de cromosomes (com triploides, $3n$, o tetraploides, $4n$). En disposar de tots aquests organismes mutats, els analitzà i els diferencià segons el seu sexe, arribant a unes conclusions molt particulars, ja que no es complia sempre la masculinització d'un individu amb la presència d'un cromosoma Y. Així doncs, observà una **certa relació en la proporció de cromosomes X i la ploidia autosòmica** (jocs de cromosomes autosòmics), representada per **X/A**, i la determinació del sexe a partir de l'estudi de les taules experimentals:

Complement de cromosomes sexuals	Ploidia (jocs d'autosomes, A)	Raó X:A	Fenotip sexual
X	1	1	Femella
XX	2	1.0	Femella
XY	2	0.5	Mascle
X0	2	0.5	Mascle
XXY	2	1.0	Femella
XXX	2	1.5	Metafemella
XXXY	2	1.5	Metafemella
XX	3	0.67	Intersexe
X0	3	0.33	Metamascle
XXX	3	1	Femella
XXXX	3	1.3	Metafemella
XXXX	4	1	Femella

D'aquí es podria **deduir** que el sexe de *Drosophila* ve determinat per aquesta proporció, X/A, quedant **aquestes conclusions**:



Així doncs, aquesta **determinació del sexe** es basa en un **mecanisme d'equilibri gènic** entre els **gens** localitzats als **autosomes** i els situats al **cromosoma X**, **sense participar-hi** els gens del **cromosoma Y**.

En aquest sistema, una sèrie de gens diferents influeixen en el desenvolupament sexual; el **cromosoma X** conté **gens amb efectes "feminitzadors"**, entretant que els **autosomes** consten de **gens "masculinitzadors"**.

Mecanisme gènic

De fet, **tres gens** localitzats al **cromosoma X**, a més d'altres situats als autosòmics, estan involucrats en la determinació del sexe en aquesta espècie, però un d'ells, **Sex-lethal gene**, és el que adquireix **més importància** durant el procés de desenvolupament del nou individu, ja que **els altres** dos gens només **regulen la seva expressió**.

Sex-lethal és, llavors, una mena d'**interruptor mestre**, ja que té la capacitat **d'activar o inactivar** els **processos** necessaris **per a la feminització** de l'individu en formació. Més concretament, la seva funció és la de **codificar un enzim capaç de fragmentar** les molècules d'**ARN** transcrit, les quals contenen informació genètica per sintetitzar proteïnes que determinen el sexe femení en l'organisme.

Així doncs, quan la **proporció** entre **cromosomes X** i **autosomes** és **major o igual que 1** (cas d'una **femella**), aquest fet representa que la quantitat de cromosomes X és suficient per tal que els **gens** abans esmentats (**presents** cada un d'ells a **cada cromosoma X**), els **reguladors de Sex-lethal**, poden **sintetitzar** una major quantitat de **proteïnes**, les quals **s'uniran a la regió promotora** (on s'inicia la transcripció de l'ADN a ARN missatger) del gen determinant, cosa que suposarà la seva **activació**.

No obstant, en el cas dels **mascles**, com que presenten un **nombre menor de cromosomes X**, es permet que les **proteïnes sintetitzades** pels **gens** localitzats als **autosomes**, les dels suposats efectes masculinitzadors, puguin **inhibir l'acció** dels **gens reguladors de Sex-lethal**, provocant així la seva **inactivació**.