

26

Les lleis de l'herència biològica

► Mendel i el seu treball

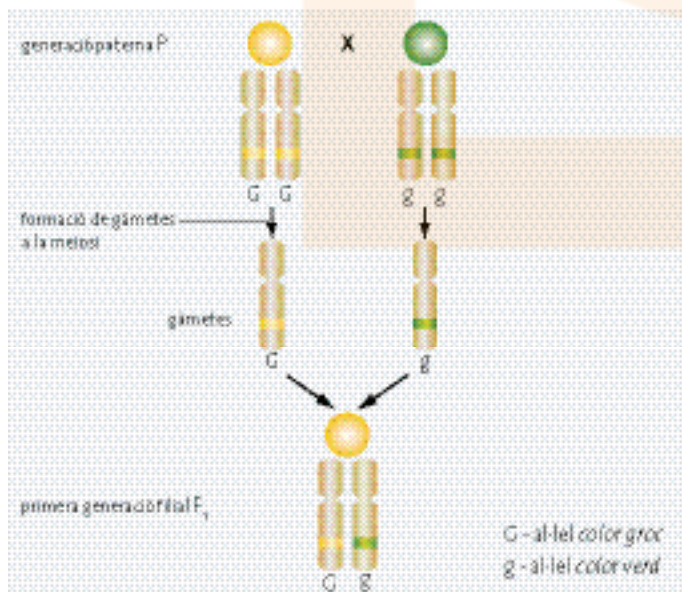
Les **lleis de l'herència dels caràcters biològics** es basen en els experiments de Gregor J. Mendel amb pesoleres. Mendel va estudiar l'herència de set caràcters, com el color dels pèsols (groc o verd) i la seva textura (llisa o rugosa). Per això, les *lleis de l'herència dels caràcters biològics* es coneixen com a **lleis de Mendel**, malgrat que no va ser ell qui les va enunciar en el format que tenen actualment.

Aquestes lleis són generalment vàlides en organismes diploides, com els animals i els vegetals.

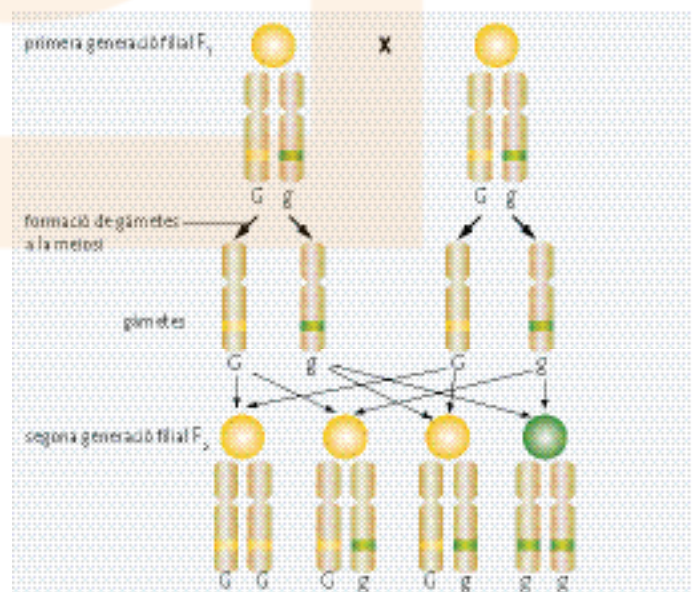
Llei de la segregació dels caràcters

La **llei de la segregació dels caràcters** justifica que, en els organismes diploides, quan es formen els gàmetes en el procés de la meiosi, cada un rep una única informació (un sol al·lel) per a cada caràcter (per a cada gen). Per deduir aquesta llei s'analiza l'herència d'un sol caràcter. Cal considerar els aspectes següents:

- **Monohibridisme:** herència d'un sol caràcter durant dues generacions consecutives (figura 20).
- Els **progenitors (P)** han de ser *línies pures* o *homozigots* respecte del caràcter que es vol analitzar (vegeu l'apartat 25).
- Els individus de la **primera generació filial (F₁)** són **híbrids** o **heterozigots** (vegeu l'apartat 25) respecte del caràcter estudiat.
 - És parla d'**al·lel dominant** per referir-se al que es manifesta en l'heterozigot.
 - L'**al·lel recessiu** és el que no es manifesta en l'heterozigot, tot i que l'organisme n'és portador i el pot transmetre als seus descendents.
 - Aquesta relació entre al·lells no és vàlida per a tots els gens.
- A la **segona generació filial (F₂)** reapareix la manifestació de l'al·lel recessiu (figura 21).
 - Cal esperar que la meitat dels individus siguin homozigots per a l'al·lel recessiu, i per tant, que el manifestin.
 - S'espera que $\frac{1}{4}$ dels individus siguin homozigots per a l'al·lel i que $\frac{2}{4}$ ($\frac{1}{2}$) siguin heterozigots, per la qual cosa $\frac{3}{4}$ manifestarien l'al·lel dominant.
- Aquest patró d'herència és degut a la segregació dels al·lells homòlegs durant la meiosi (vegeu l'apartat 21) i a la fusió dels nuclis dels dos gàmetes durant la fecundació (vegeu l'apartat 23).
- La llei de la segregació dels caràcters s'enuncia de la manera següent: *en la formació dels gàmetes, els al·lells se separen, és a dir, se separen, i en la generació següent, en la fecundació, se'n restableix el nombre inicial.*



▲ **Figura 20.** Segregació dels al·lells en la formació dels gàmetes i restabliment del nombre inicial en la generació següent per al caràcter *color dels pèsols*.



▲ **Figura 21.** Segregació dels al·lells en la formació dels gàmetes i restabliment del nombre inicial en la generació següent.

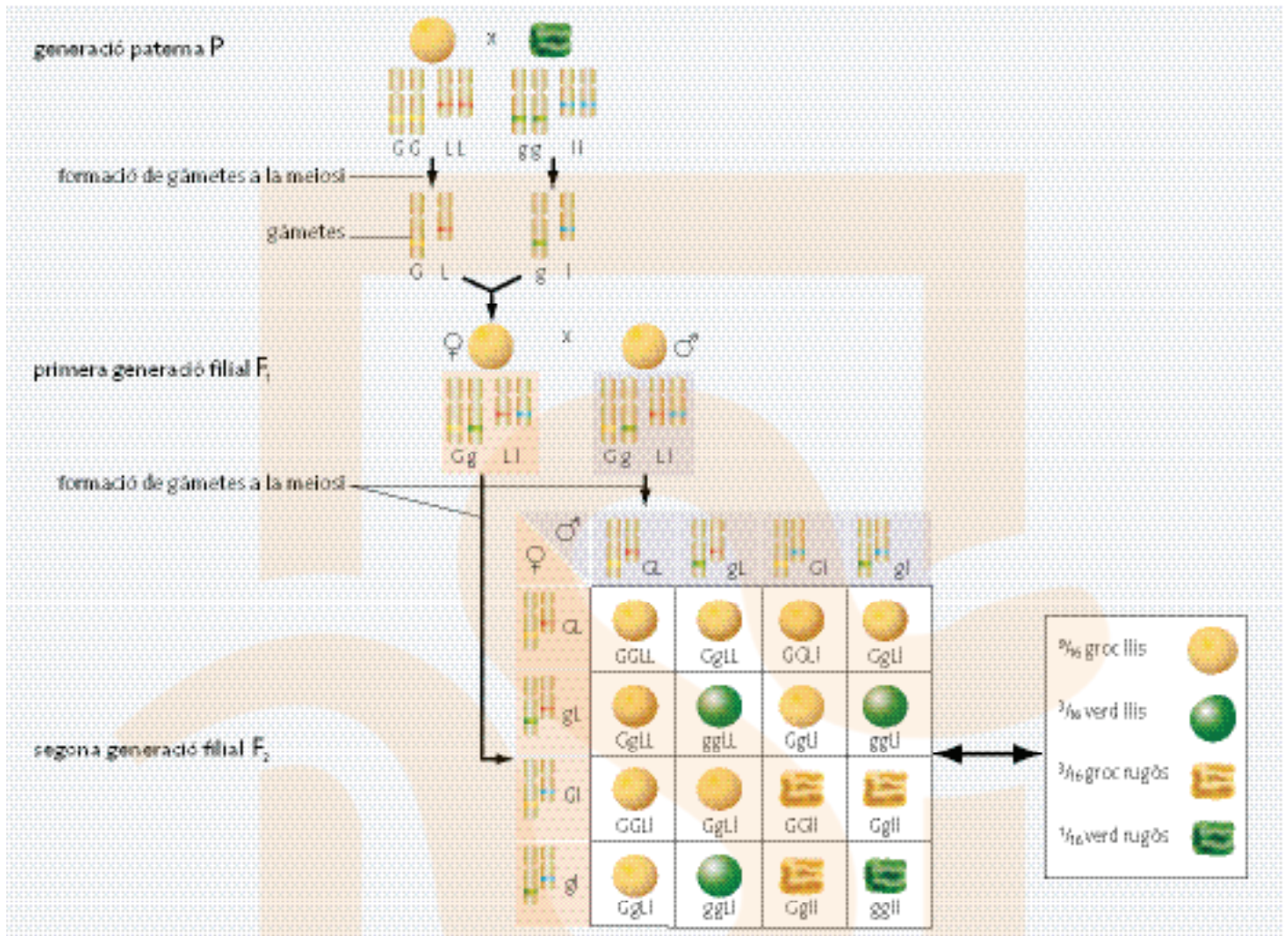
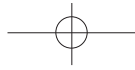


Figura 22. Segregació independent dels al·lels de diversos gens fins a la F₂.

El gen *color dels pèsols* presenta dos al·lels:

- *G*, que determina *color groc*;
- *g*, que determina *color verd*.

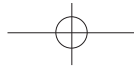
El gen *textura dels pèsols* presenta dos al·lels:

- *L*, que determina *textura llisa*;
- *l*, que determina *textura rugosa*.

Llei de la segregació independent

La **lleï de la segregació independent** justifica l'herència independent dels al·lels de diferents gens. Per deduir aquesta lleï s'analitza l'herència de dos caràcters. Cal considerar els aspectes següents:

- **Dihybridisme:** estudi de l'herència simultània de dos caràcters.
- Cal encreuar dues línies pures però amb diferents manifestacions per als caràcters que es volen estudiar (figura 22).
- Si els caràcters que es volen estudiar es troben sobre cromosomes diferents, es transmeten *independentment*.
- Aquest patró d'herència també és degut a la segregació dels al·lels homòlegs i a la segregació independent dels caràcters durant la *meiosi* (vegeu l'apartat 21) i a la fusió dels nuclis dels dos gàmetes durant la *fecundació* (vegeu l'apartat 23).
- La lleï de la segregació independent s'enuncia de la manera següent: *en la formació dels gàmetes, la separació dels al·lels d'un gen determinat és independent de la separació dels al·lels d'un altre gen.*
- Aquesta lleï només és vàlida per als gens que es trobin en cromosomes diferents.



26

Les lleis de l'herència biològica

► La determinació del sexe

Segons l'espècie, hi ha diversos mecanismes que determinen el sexe:

- **Determinació del sexe per cromosomes sexuals:** el sexe està determinat per la presència o l'absència d'un tipus determinat de cromosoma sexual. En aquestes espècies hi ha dos tipus de cromosomes:

- **Cromosomes sexuals o heterocromosomes:** cromosomes portadors de la informació que determina el sexe, com el cromosoma X i el cromosoma Y.
- **Autosomes:** cromosomes que no porten informació per determinar el sexe.

Segons la combinació de cromosomes sexuals, hi haurà dos sexes diferents (figura 23):

- **Sexe homogamètic:** és aquell que conté el parell de cromosomes X (XX). Després de la meiosi, tots els seus gàmetes seran portadors d'un cromosoma X.
- **Sexe heterogamètic:** és aquell que conté un cromosoma X i un cromosoma Y (XY). En la meiosi es produiran dos tipus de gàmetes, uns amb el cromosoma X i uns altres amb el cromosoma Y.

En els mamífers, com l'espècie humana, i en la major part de peixos, equinoderms, mol·luscs i molts artròpodes, el sexe heterogamètic és el masculí. En els ocells, els rèptils, els amfibis i alguns insectes, en canvi, el sexe heterogamètic és el femení.

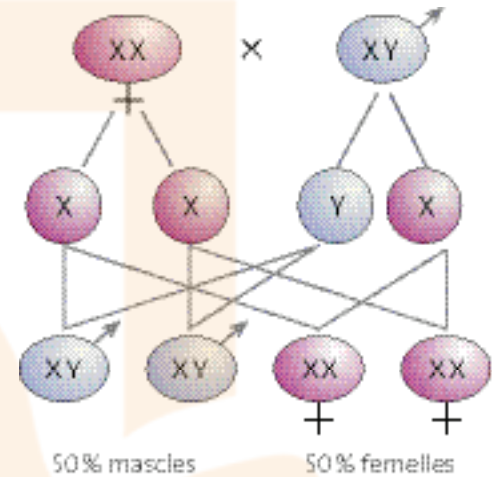
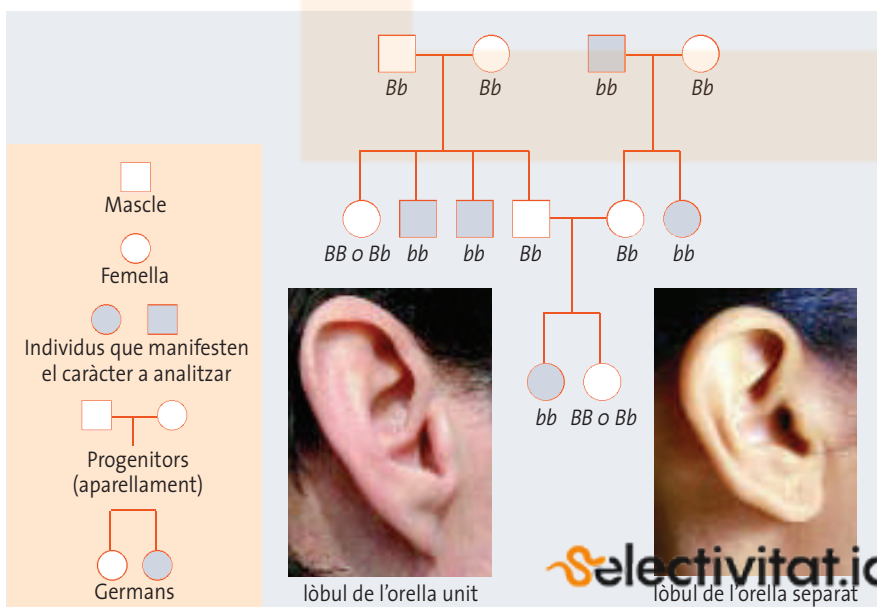


Figura 23. Determinació del sexe per cromosomes sexuals.

- **Determinació del sexe per haploïdia:** en les abelles i les formigues, per exemple, si els òvuls que produeix la reina es fecunden, originen individus *diploïdes*, els quals esdevindran noves *reines* (femelles fèrtils) o *obreres* (femelles estèrils), segons el tipus de nutrició rebuda (gelea reial o mel, respectivament). En canvi, els òvuls no fecundats es desenvolupen directament i originen mascles *haploïdes*, els *abellots*, productors d'espermatozoides.
- **Determinació del sexe per l'ambient:** en alguns peixos, cucs, mol·luscs i crustacis, la determinació del sexe depèn de *factors ambientals*, com la proporció entre sexes, la concentració de diòxid de carboni o la temperatura.
- **Sense distinció de sexes:** en molts vegetals no hi ha sexes separats; tots els individus són mascles i femelles alhora (produeixen gàmetes masculins i femenins).

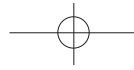
► Arbres genealògics



L'**arbre genealògic** és la representació de la història genètica d'una família respecte d'un caràcter concret, amb la indicació del fenotip que tenen respecte del caràcter que es vol analitzar.

En aquests arbres, el sexe dels individus, les relacions de parentiu i la manifestació del caràcter que es vol analitzar es representen mitjançant símbols convencionals (figura 24). Els arbres genealògics permeten deduir el genotip d'alguns individus i com s'hereten els caràcters.

Figura 24. Arbre genealògic d'un caràcter recessiu, el lòbul de l'orella unit.



Les lleis de l'herència biològica

▶ Altres tipus d'herència

La relació de dominància entre al·lells és un fenomen comú, però no universal. Així doncs, es poden donar altres tipus de relacions:

- **Herència intermèdia:** relació que es dona quan el fenotip és una barreja de les característiques produïdes pels dos al·lells (figura 25).
- **Codominància:** relació que es dona quan els dos al·lells dominen de manera igual (taula 2).
- **Al·lells múltiples:** situació que es dona quan hi ha més de dos al·lells per a un mateix gen, els quals poden presentar relacions diverses entre ells (taula 3).

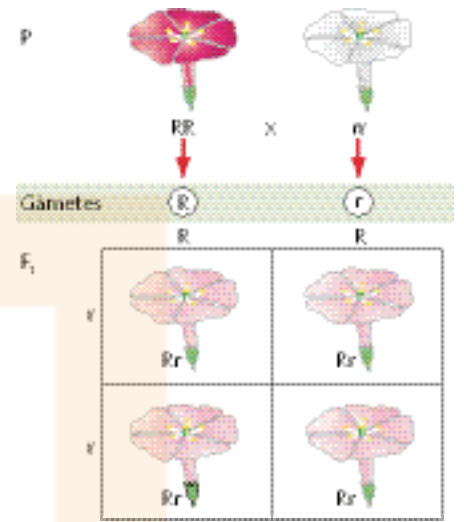
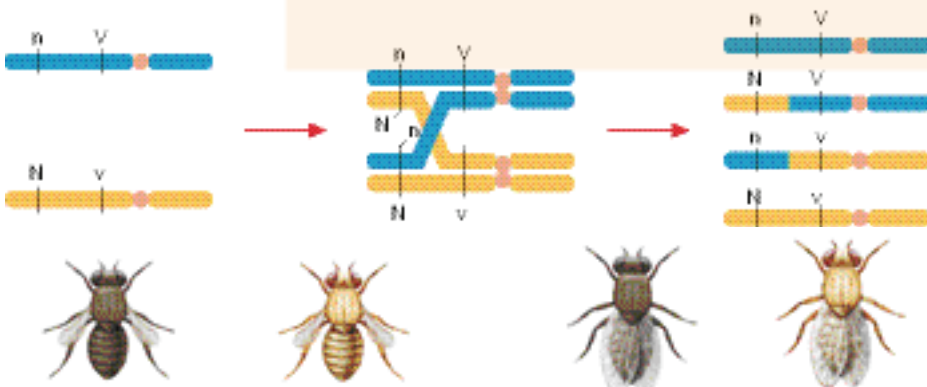


Figura 25. Herència intermèdia del caràcter *color dels pètals* a la flor de nit. Aquest caràcter presenta dos al·lells, *color blanc* i *color vermell*. Les flors dels individus heterozigots són roses. En la F₂ reapareixen individus amb flors blanques i individus amb flors vermelles.

Al·lells	Relacions	Genotips	Fenotips
I^A I^B i	$I^A > i$ $I^B > i$ $I^B <> I^A$ > domina <> codomina	$I^A I^A$	Grup sanguini A: – glucoproteïna A a la membrana dels eritròcits – producció d'anticossos contra la glucoproteïna B (anti-B)
		$I^A i$	
		$I^B I^B$	Grup sanguini B: – glucoproteïna B a la membrana dels eritròcits – producció d'anticossos contra la glucoproteïna A (anti-A)
		$I^B i$	
		$I^A I^B$	Grup sanguini AB: – glucoproteïna A i glucoproteïna B a la membrana dels eritròcits – no hi ha producció d'anticossos contra la glucoproteïna A (anti-A) ni contra la glucoproteïna B (anti-B)
		ii	Grup sanguini 0: – sense glucoproteïna A i glucoproteïna B a la membrana dels eritròcits – producció d'anticossos contra la glucoproteïna A (anti-A) i contra la glucoproteïna B (anti-B)

◀ **Taula 3.** Al·lells múltiples del caràcter *grup sanguini* en els humans. Aquest caràcter presenta tres al·lells: I^A i I^B són codominants entre ells (es manifesten tots dos alhora), i tots dos dominen sobre i .

- **Lligament:** situació en què els gens tenen tendència a transmetre's conjuntament perquè es troben en un mateix cromosoma (**gens lligats**). Però no tots els gens d'un mateix cromosoma es transmeten de manera conjunta; això és degut a l'**encreuament**, que és l'intercanvi de segments entre els cromosomes homòlegs durant la meiosi (figura 26).
- **Herència lligada al sexe:** situació que es dona en caràcters que es troben controlats per gens situats al segment diferencial del cromosoma X (**caràcters ginandres**), com l'hemofília (taula 4), o del cromosoma Y (**caràcters holàndrics**). Aquests cromosomes tenen un segment homòleg i un segment diferencial.



▶ **Figura 26.** Gens lligats i encreuament de cromosomes amb intercanvi de seqüències homòlogues de DNA durant la meiosi en la mosca del vinagre. Locus 1 (*color del cos*): N, *color normal* (dominant); n, *color groc* (recessiu). Locus 2 (*longitud de les ales*): V, *ales normals* (dominant); v, *ales vestigials* (recessiu).

Taula 4. Genotips i fenotips de l'hemofília. X⁺: cromosoma X portador de l'al·lel normal. X^h: cromosoma X portador de l'al·lel recessiu causant de l'hemofília. Y: cromosoma Y que no conté aquest locus.

Genotips possibles	Fenotips corresponents
Femelles	
X ⁺ X ⁺	normals
X ⁺ X ^h	normals portadores
X ^h X ^h	hemofíliques (rarament sobreviuen)
Mascles	
X ⁺ Y	normals
X ^h Y	hemofílics