

# L'HERÈNCIA BIOLÒGICA - L'EVOLUCIÓ

## Els caràcters hereditaris

Els diversos colors que poden tenir els ulls, o la pell, les diverses formes que pot tenir el cos humà (l'alçada, el cabell) constitueixen el que s'anomenen caràcters hereditaris. El que és cert per als humans també ho és per als altres éssers vius, per a les altres espècies. Cada ésser viu té uns caràcters hereditaris que ha rebut del pare i de la mare.

La genètica és la ciència que té per objecte l'estudi de l'herència, és a dir, la manera com són transmesos els caràcters hereditaris de pares a fills.

Una generació és el temps que triguen els fills a madurar i poder-se reproduir. La mosca de la fruita té una generació cada 10 dies, els cavalls cada quatre anys, els elefants cada dotze, els humans cada vint. Per estudiar l'herència cal per tant analitzar diverses generacions i observar com s'han transmès els caràcters hereditaris.

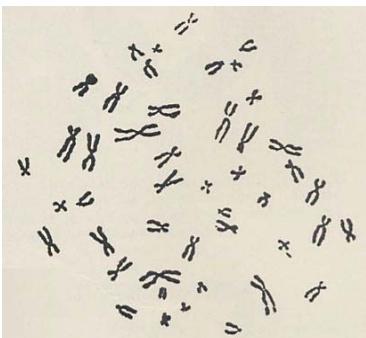
## Els cromosomes i els gens

Cada caràcter hereditari depèn en darrer terme d'una biomolècula, depèn de l'àcid desoxiribonucleic (ADN). L'ADN és la molècula portadora de la informació hereditària.

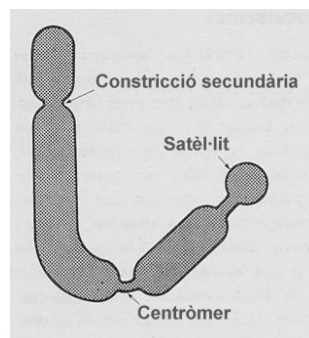
En els organismes procarionts l'ADN ocupa una regió del citoplasma que s'anomena nucleòide.

En els organismes eucarionts l'ADN es troba en el nucli, associat amb les histones, un tipus de proteïnes, formant la cromatina. La cromatina es tenyeix intensament amb alguns colorants i quan la cèl·lula es divideix dona lloc als cromosomes, uns orgànuls que només s'observen quan la cèl·lula s'està dividint. Tenen formes variades. Totes les cèl·lules d'un individu, així com totes les cèl·lules dels diferents individus d'una mateixa espècie, tenen el mateix nombre de cromosomes, aquest fet s'anomena **lleï de la constància numèrica dels cromosomes**. Hi ha però una excepció a aquesta regla, les cèl·lules sexuals o gàmetes, els òvuls i els espermatozoides, que tenen la meitat de cromosomes de les altres cèl·lules de l'individu.

Un fragment d'ADN que porta la informació per a l'herència d'un caràcter rep el nom de gen. Els caràcters hereditaris són codificats con a mínim per un parell de gens, alguns caràcters però són codificats per molts gens. És per això que les cèl·lules sexuals o reproductores tenen la meitat de cromosomes. Els dos gens que com a mínim porten la informació per a un caràcter els hem heretat un del pare i l'altre de la mare.



Cromosomes Humans



Parts d'un cromosoma

## Mendel



Johann Mendel (1822-1884), un monjo nascut a Heinzendorf (Àustria), fou una de les primeres persones a estudiar l'herència. Mendel, que fou ordenat sacerdot de l'ordre de Sant Agustí, adoptà el nom de pare Gregor, per la qual cosa també se'l coneix com a Gregor Mendel. Estudià els caràcters hereditaris en diverses plantes. Una d'elles fou una classe de pèsols. Observà que hi havia pèsols verds i pèsols grocs. També observà que hi havia plantes de pèsols baixes i plantes de pèsols altes, i que hi havia pèsols llisos i pèsols arrugats. Mendel realitzà experiments per determinar com els caràcters hereditaris eren transmesos de pares a fills, de generació a generació.

### La dominància

Mendel realitzà els seus experiments al jardí i a l'hort del convent de Sant Tomàs a Brno (Txèquia). Plantà pèsols de color groc i els seleccionà perquè sempre donessin pèsols de color groc.

Quan un caràcter hereditari, com el color dels pèsols, es transmet de generació en generació es pot afirmar que els individus són raça pura respecte d'aquest caràcter. Per tant els pèsols seleccionats de color groc eren raça pura. També seleccionà pèsols de color verd.

Mendel volia saber què passaria si encreuava plantes de pèsols de color groc amb plantes de pèsols de color verd. Per fer-ho pol·linitzava les plantes artificialment. Tallava els estams de les flors i pol·linitzava els pistils amb pol·len d'una altra planta de característiques diferents tot evitant que les plantes s'autofecundessin.

Aquest primer encreuament només originà plantes amb llavors de color groc, i li permeté deduir la **primera llei: quan encreuem dues races pures, la descendència és uniforme.**

Aquesta descendència l'anomenà híbrida, Mendel digué que el caràcter que es manifestava en aquests descendents, el color groc, amagava el caràcter de l'altra pare. El caràcter que es manifesta és dominant mentre que l'amagat rep el nom de recessiu. Aquesta teoria rep el nom de llei de **la dominància.**

### L'encreuament dels híbrids

Sembrà aquestes llavors híbrides i obtingué plantes amb pèsols de color groc i plantes amb pèsols de color verd en una proporció de 3:1. Aquests resultats li permeteren deduir la **segona llei: quan s'encreuen híbrids, reapareixen en la seva descendència els caràcters que restaren amagats en la primera generació filial.**

Les conclusions que es poden treure dels treballs de Mendel són:

1. Alguns caràcters hereditaris són dominants, d'altres recessius.
2. Quan en un individu es troben presents el gen dominant i el gen recessiu d'un caràcter hereditari, només es manifesta el dominant.
3. Els gens recessius poden passar de generació en generació sense que es manifestin, però poden manifestar-se en els individus que presentin dos gens recessius per al mateix caràcter hereditari.

## **L'herència intermèdia**

La llei de la dominància no es pot aplicar a tots els caràcters hereditaris. Els científics de l'època de Mendel sabien que alguns caràcters s'heretaven com una barreja, com una mescla. És el que s'anomena herència intermèdia.

Diem que hi ha una herència intermèdia quan el caràcter heretat és una combinació dels caràcters hereditaris dels pares. Si encreuem plantes de la flor de nit (*Mirabilis jalapa*) de flors vermelles amb plantes de la flor de nit de flors blanques obtenim una descendència amb plantes de la flor de nit de flors de color rosa.

En encreuar els híbrids obtinguts de flors de color rosa híbrides s'obtenen plantes de flor de nit de flors de color vermell, de color rosa i de color blanc en una proporció de 1:2:1. Per tant es recuperen els fenotips dels avis que havien restat amagats en els híbrids.

## **L'herència del sexe**

El sexe també és un caràcter hereditari, però comprèn gran quantitat de característiques de l'organisme per la qual cosa no depèn exclusivament de dos gens sinó de dos cromosomes, un parell de cromosomes anomenats sexuals.

Les cèl·lules del cos humà tenen 46 cromosomes, 22 parells anomenats autosomes, que porten la informació per als diversos caràcters del cos, i un parell de cromosomes anomenats sexuals o heterocromosomes, que determinen l'herència del sexe. Els cromosomes sexuals són morfològicament diferents, s'anomenen cromosoma X i cromosoma Y. Les femelles tenen en les seves cèl·lules dos cromosomes X mentre que els mascles tenen en les cèl·lules un cromosoma X i un cromosoma Y.

Les cèl·lules sexuals s'originen en una divisió cel·lular especial anomenada *meiosi*, en la qual es redueix el nombre de cromosomes a la meitat. Mentre les cèl·lules del cos, anomenades somàtiques, tenen 46 cromosomes, les cèl·lules sexuals en tenen 23. Un cromosoma de cadascun dels 23 parells de cromosomes que tenen les cèl·lules somàtiques. És per això que les cèl·lules sexuals només tenen un dels dos cromosomes sexuals. Les femelles només produeixen un tipus d'òvuls, tots amb el cromosoma X, mentre que els mascles produeixen la meitat d'espermatozoides amb el cromosoma X i l'altra meitat amb el cromosoma Y. Una conseqüència directa és que, en teoria, la meitat dels fills d'un matrimoni haurien d'ésser mascles i l'altra meitat femelles. És l'atzar però el que determina que la proporció d'individus dels dos sexes sigui diferent.

## Les mutacions

El material hereditari, l'ADN, pot patir canvis sobtats en la seva composició, que determinen canvis en la informació genètica. Aquests canvis, que reben el nom de mutacions, s'hereten. Comporten canvis en els caràcters hereditaris que poden ésser de tres tipus, beneficiosos, perjudicials o neutres segons que afavoreixin, perjudiquin o no tinguin cap efecte aparent en els individus que les presenten.

Hi ha mutacions que es produeixen espontàniament. S'ha calculat que un gen muta un cop cada 1000000 de vegades. Aquestes s'anomenen mutacions espontànies. També n'hi ha que poden ser provocades per diferents agents. Són les que s'anomenen mutacions induïdes. Els agents que produeixen mutacions s'anomenen agents mutagènics. Els més ben estudiats són les radiacions, com els raigs X, els raigs ultraviolats, o les radiacions nuclears, i certes substàncies químiques o drogues com la nicotina del tabac, la cafeïna del cafè i de la Coca-Cola, el formol o el metà.

## L'evolució

Quan parlen d'evolució ens referim a un conjunt de fets successius, que porten finalment a una situació diferent a la inicial. Parlen d'evolució tant de les coses de la nostra vida diària, com de l'evolució d'un equip de futbol a la lliga, com dels temes més complicats del món de la ciència, com de l'evolució de l'Univers.

Tots els biòlegs admeten actualment que els éssers vius, des de l'aparició de la vida sobre la Terra, descendeixen els uns dels altres i que totes les formes de vida tenen un avantpassat comú. Han arribat a aquesta conclusió després del descobriment i observació del que es consideren les proves de l'evolució, que són:

- a) Anatòmiques. L'anatomia comparada permet trobar semblances i diferències entre diferents espècies. Quan més gran és la similitud estructural entre dues espècies més gran és el parentiu. El fet que l'esquelet d'un vertebrat tetràpode tingui la mateixa estructura, tant si serveix per volar (rat-penat, ocell), caminar (ós, córrer (gasela), nedar (foca, dofí), o cavar (talp), s'explica per l'origen comú i la diferenciació a partir d'una forma inicial.
- b) Biogeogràfiques. L'estudi de la distribució geogràfica de les diferents espècies permet observar que els individus que estan junts evolucionen de la mateixa manera, mentre que els individus de poblacions aïllades, evolucionen cap a formes diferents.
- c) Paleontològiques. Els fòssils més antics corresponen a les formes de vida més senzilles. En alguns casos l'estudi de les restes fòssils permet la reconstrucció de l'evolució de determinats éssers vius com és el cas dels cavalls.
- d) Bioquímiques. L'estudi de la composició química i del metabolisme, dels éssers vius, indica que quan major és la similitud, més gran és el parentiu entre dues espècies.

## L'evolució biològica

En parlar d'evolució biològica entenem que es tracta d'un procés segons el qual els éssers vius s'han originat els uns a partir dels altres per descendència i canvis. En aquest sentit els neo-darwinistes diuen que l'evolució biològica apareix com una fase en un procés total ,evolutiu compost de tres distints moments: la fase inorgànica o pre-biològica, la fase orgànica o biològica i la fase humana o post-biològica.

El primer moment correspon a la formació dels elements físico-químics complexos fins la constitució de les condicions que fan possible el món orgànic. El segon moment correspon a la formació dels organismes que apareixen i desapareixen per selecció natural i que es van desplegant en unitats orgàniques d'ordres creixents de complexitat. El tercer moment és el de la cultura, l'evolució a causa del fet cultural.

Durant els 15.000 milions d'anys transcorreguts després del **Big bang** s'han produït a l'univers uns processos evolutius molt complexos com són la formació de les galàxies, dels estels, dels planetes i dels elements químics que els formen, que han estat els precursors de la formació de la vida sobre el nostre planeta.

## L'evolució segons Lamarck

Lamarck, nom amb el qual és conegut Jean-Baptiste-Pierre Antoine de Monet, cavaller de Lamarck, fou un naturalista francès que formulà per primera vegada una teoria de l'evolució. Aquesta teoria es basava en l'herència dels caràcters adquirits per adaptar-se a l'ambient. Quan les condicions ambientals d'una espècie canvien, es veu obligada a adaptar-s'hi; els òrgans dels seus individus tendeixen a prendre formes noves que permetin fer millor les funcions. No són els òrgans els que determinen els costums i les particularitats de l'organisme, són les condicions ambientals les que han format l'estructura, els òrgans i les altres qualitats. La teoria es pot resumir en la frase següent: La funció crea l'òrgan, la no funció l'atrofia.

Fonamentava la seva teoria en diversos exemples: la girafa desenrotlla el coll llarg per arribar a les capçades dels arbres per alimentar-se; la vista del talp s'atrofia pel desús en viure en galeries subterrànies...

Si bé la idea d'adaptació al medi és un principi correcte de l'evolució, Lamarck ignorava com es produïa l'adaptació. Els caràcters adquirits no es poden transmetre. L'herència biològica no es realitza a partir dels aspectes morfològics, externs de l'individu (fenotip) que s'han desenvolupat sense que hi intervinguin els gens. Els éssers vius transmeten als seus descendents la informació genètica i per tant les característiques que aquesta informació determina.

## L'evolució segons Darwin

Charles Darwin fou un naturalista anglès que l'any 1831, quan tenia 22 anys, s'embarcà com a científic en un vaixell, el **Beagle**, que salpà de Devonport per fer mapes i estudiar la natura principalment de Sudamèrica. Durant els cinc anys que durà el viatge dibuixà i descriví animals i plantes, arplegà una bona quantitat de plantes, fòssils, animals vius per estudiar-los en tornar a Anglaterra.

Malgrat la teoria de Lamarck, que havia caigut en desprestigi, Darwin arribà, després dels seus estudis, a la idea que les diferents espècies havien tingut un avantpassat comú. Tenien

per tant un origen comú. Les seves investigacions culminaren, l'any 1859, amb l'edició del llibre **L'origen de les espècies** en el qual exposà la teoria de l'evolució per selecció natural. Al mateix temps que Darwin, un altre científic, Alfred Rusell Wallace arribà a les mateixes conclusions.

Els fets i les deduccions en les quals es basà per formular la teoria són els següents:

1. Les espècies presenten una variabilitat individual. És difícil trobar dos individus que siguin iguals.

2. Teòricament tota espècie creix en progressió geomètrica si l'ambient és favorable. La població es pot desenvolupar seguint una corba exponencial. A la natura però, això mai no passa, i les poblacions tendeixen a estabilitzar-se (creixement amb corbes sigmoidals en S) com a conseqüència de la limitació d'aliments, competència, malalties, etc. Això indica que no tots els individus que neixen en una població poden sobreviure, per la qual cosa es realitza la **lluita per a la supervivència**.

3. La supervivència depèn especialment de les característiques individuals que proporciona la variabilitat, de manera que s'estableix la **selecció natural** que afavoreix els individus amb característiques que millor s'adapten al medi.

Després de mort Darwin es descobriren les lleis de l'herència la qual cosa obligà a fer una revisió de la seva teoria de l'evolució. És així com sorgí la teoria de l'evolució neodarwinista. Aquesta teoria, conservant les idees fonamentals de Darwin sobre la selecció natural, explica la variació individual dels individus, que constitueixen una població, per l'aparició entre ells de mutants, alguns dels quals poden presentar característiques que, al fer-los més ben adaptats a l'ambient, són seleccionats per l'ambient del lloc on viu la població.

#### GIRAFAS DE LAMARCK



**Coll estirant-se per atènyer les fulles més altes de l'arbre**



**Estirant-se**



**Estirant-se**

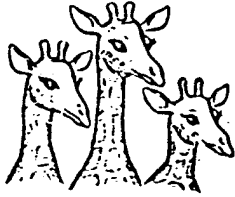


**Avantpassat de coll curt**

**Procés d'evolució dirigit per una "necessitat" interna**

**Fins que el coll es fa progressivament més llarg**

## GIRAFA DE DARWIN



Grup de girafes  
avantpassades amb  
variabilitat en la  
longitud del coll

La selecció natural  
afavoreix els colls més  
llargs, per tant colls  
més llargs millor  
oportunitat per  
atènyer les fulles més  
altes

El caràcter afavorit  
passa de generació en  
generació

Després de moltes  
generacions



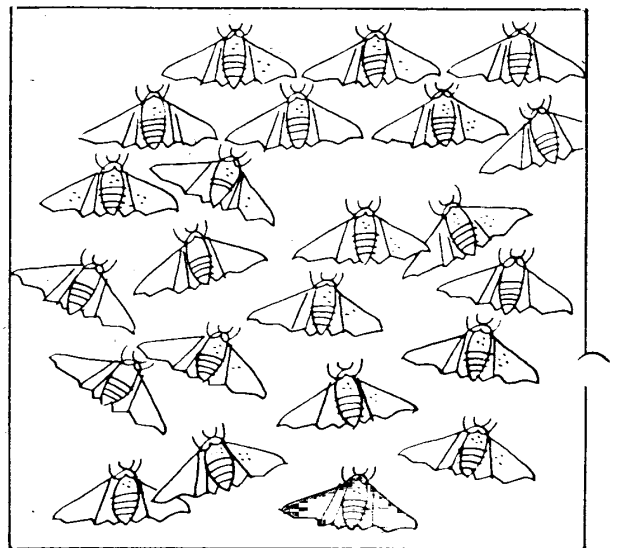
El grup és encara molt  
variable, però mostra  
un augment general en  
la longitud del coll

### Comparació de les teories de l'evolució segons Lamarck i Darwin

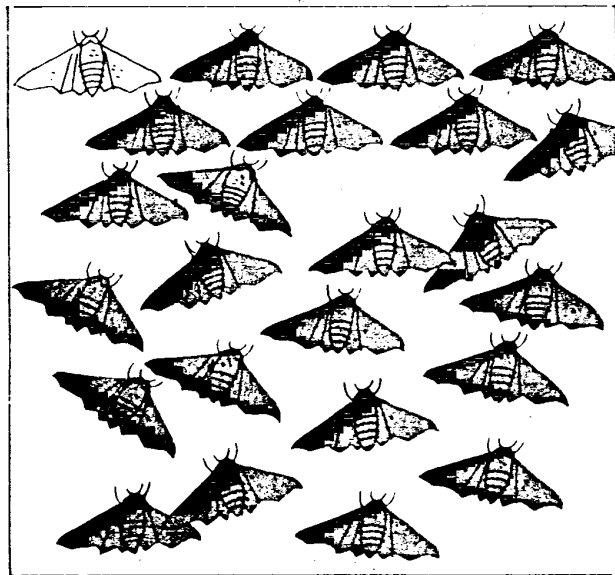
#### La selecció natural

Totes les espècies quan es reproduïxen haurien d'augmentar el nombre d'individus en progressió geomètrica, però l'estudi de les poblacions naturals revela que de fet el nombre resta gairebé constant. Així doncs, de tots els individus d'una generació, hi ha un tant per cent que morirà perquè tenen algun desavantatge respecte als altres. Els éssers vius necessiten aliments, aixopluc, parella, fugir dels enemics, etc. , per la qual cosa poden estar dotats de diverses característiques hereditàries. A cada generació, hi ha per tant una selecció dels individus més ben dotats, els quals transmetran els seus avantatges als seus descendents. És el que es coneix com a selecció natural.

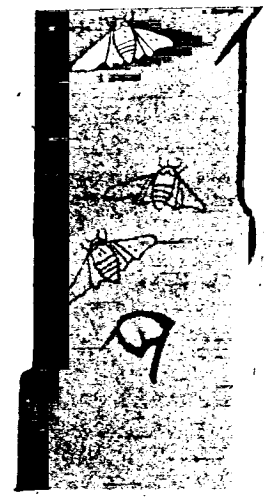
Un cas particular és l'experimentat, a finals del segle XIX, en la variació del color de la papallona *Biston betularia* com a resposta a l'enfosquiment del paisatge a les zones industrials.



Mitjans del segle XIX



**Finals del segle XIX**



**Escorça de bedoll ennegrida per la contaminació**

La papallona dita del pebre pels anglesos *Biston betularia*, és una papallona nocturna de color gris que de dia es posa en els troncs dels bedolls on es confosa, pel seu color, amb els líquens. Abans del 1848, hi havia, a Anglaterra, una varietat fosca d'aquesta papallona que era buscada pels col·leccionistes en no arribar a l'1% de la població. El 1900 la situació havia canviat a les zones industrials. La varietat fosca constituïa el 99% de la població. Els troncs dels bedolls, ennegrits pels fums de la contaminació ambiental ja no tenien líquens. La varietat fosca era molt, rara perquè es distingia clarament sobre les escorces blanques dels bedolls i eren menjades pels ocells. Amb el canvi del color de les escorces dels arbres, la varietat grisa original és més visible i és la que actualment pateix una forta predació el que fa pensar en la seva desaparició. El mateix procés evolutiu s'ha produït amb altres espècies en les zones industrials on s'ha observat una substitució de les varietats clares per les fosques.

### **Resum de la Teoria de l'evolució de Darwin**

1. Tots els éssers vius provenen d'altres éssers vius.
2. Totes les espècies produeixen més descendents que els necessaris per substituir els pares.
3. Hi ha diferències entre els diferents individus d'una mateixa espècie.
4. Les condicions per a la vida sobre la Terra han anat canviant i seguiran canviant en el futur.
5. Els individus més ben adaptats a l'ambient de cada generació sobreviuen i produeixen una nova generació.
6. La selecció natural fa que algunes espècies s'extingeixin.
7. La selecció natural fa que algunes espècies es converteixin en noves espècies diferents a les anteriors.



## FASES DE L'EVOLUCIÓ

MILIONS D'ANYS	FASE	MILIONS D'ANYS
	<b>Humans</b>	
	<b>Fase humana, cultural o post-biològica</b>	
	<b>Plantes amb flors</b>	<b>150</b>
	<b>Animals de sang calenta</b>	<b>225</b>
	<b>Plantes vasculars</b>	<b>425</b>
	<b>Animals vertebrats</b>	<b>450</b>
		<b>700</b>
	<b>Organismes pluricel·lulars</b>	
	<b>Fase orgànica o biològica</b>	
<b>1.000</b>	<b>Reproducció sexual</b>	<b>1.000</b>
	<b>Cèl·lules Eucariotes</b>	<b>1.400</b>
<b>3.000</b>	<b>Cianobacteris</b>	
	<b>Vida (Bacteris?)</b>	<b>3.500</b>
	<b>Primeres molècules orgàniques</b>	<b>3.800</b>
	<b>Fase inorgànica o pre- biològica</b>	
<b>4.600</b>	<b>Formació de la Terra</b>	
<b>15.000</b>	<b><i>Big bang</i> Origen de l'Univers</b>	

## Vocabulari de Genètica

**Cromatina:** Substància que conté el nucli cel·lular, formada bàsicament per l'ADN i per proteïnes. Es tenyeix intensament amb alguns colorants i quan la cèl·lula es divideix dona lloc als cromosomes.

**Cromosoma:** Orgànul cel·lular que només s'observa quan la cèl·lula s'està dividint de formes variades constituït per l'ADN de la cromatina.

**Gen:** Fragment d'àcid nucleic que porta la informació per a un caràcter.

**Genotip:** Conjunt de gens d'un organisme.

**Fenotip:** Conjunt de caràcters observables d'un organisme. Manifestació externa del genotip modificada per l'ambient.

**Haploide:** Cèl·lula o organisme que només presenta un exemplar de cada cromosoma.

**Diploide:** Cèl·lula o organisme amb una doble dotació cromosòmica.

**Al·lels:** Gens que porten la informació hereditària corresponent a un mateix caràcter.

**Homozigòtic:** Individu que per a un caràcter tots els gens al·lels porten la mateixa informació. És sinònim de raça pura.

**Heterozigòtic:** Individu que per a un caràcter presenta gens al·lels que porten informació diferent. És sinònim d'híbrid.

**Raça pura:** Individu en el que tots els gens al·lels per un caràcter porten la mateixa informació. És sinònim d'homozigòtic.

**Híbrid:** Individu en el que tots els gens al·lels per un caràcter porten informació diferent. És sinònim d'heterozigòtic.

**Dominant:** Un al·lel rep el nom de dominant quan es manifesta sempre que és present.

**Recessiu:** Un al·lel rep el nom de recessiu quan la seva informació resta emmascarada per la presència d'un al·lel dominant.

**Codominant:** Dit dels al·lels que tenen la mateixa potència. No es manifesta cap d'ells sinó que es manifesta un caràcter intermedi dels dos.

**Herència amb dominància:** És l'herència que es produeix quan un al·lel (dominant) no deixa que es manifesti un altre (recessiu).

**Herència intermèdia:** És l'herència que es produeix quan els al·lels tenen la mateixa potència.