

Catalunya no va a la
deriva (genètica)



ÍNDEX

0. Agraïments.....	Pàgina 7
1. Introducció.....	Pàgina 8
2. Part teòrica.....	Pàgina 10
2.1. Bases de l'herència.....	Pàgina 10
2.1.1. Història dels inicis de la genètica.....	Pàgina 10
2.1.2. Mendel i les seves experiències	Pàgina 10
2.1.3. Genètica actual.....	Pàgina 12
2.1.3.1. Les lleis de Mendel actualment.....	Pàgina 13
2.1.3.1.1. Primera llei.....	Pàgina 13
2.1.3.1.2. Segona llei	Pàgina 14
2.1.3.1.3. Tercera llei	Pàgina 15
2.2. Evolució	Pàgina 17
2.2.1. Història de l'evolució.....	Pàgina 17
2.2.2. Genètica de poblacions	Pàgina 17
2.2.2.1. Genètica de poblacions humanes	Pàgina 18
2.2.3. Evolució de l'espècie humana	Pàgina 18
3. Part pràctica	Pàgina 22
3.1. Confecció i estudi d'arbres genealògics pertanyents a diferents demes	Pàgina 22
3.1.1. Descripció i simbologia d'un arbre genealògic.....	Pàgina 22
3.1.2. Construcció d'un arbre genealògic pas a pas.....	Pàgina 23
3.1.3. Concepte i càlcul de freqüència al·lèlica.....	Pàgina 26
3.1.4. Comentari dels arbres genealògics	Pàgina 28
3.2. Determinació de les característiques dels diferents demes estudiats a partir dels càlculs de freqüències al·lèliques	Pàgina 28
3.2.1. Resum de les característiques dels diferents demes estudiats a partir del càlcul de freqüències al·lèliques	Pàgina 29
3.2.1.1. Àfrica.....	Pàgina 29
3.2.1.1.1. Marroc	Pàgina 29
3.2.1.2. Amèrica del Sud.....	Pàgina 30
3.2.1.2.1. Bolívia.....	Pàgina 30

3.2.1.2.2. Colòmbia	Pàgina 31
3.2.1.2.3. Equador	Pàgina 32
3.2.1.2.4. Xile.....	Pàgina 33
3.2.1.3. Àsia.....	Pàgina 34
3.2.1.3.1. Índia.....	Pàgina 34
3.2.1.3.2. Turquia	Pàgina 35
3.2.1.3.3. Xina	Pàgina 36
3.2.1.4. Europa	Pàgina 37
3.2.1.4.1. Catalunya	Pàgina 37
3.2.1.4.2. Finlàndia	Pàgina 38
3.2.1.4.3. Polònia.....	Pàgina 39
3.2.1.4.4. Romania	Pàgina 40
3.3. Especulació sobre l'evolució de les característiques ètniques de la població catalana en un futur proper.....	Pàgina 41
3.3.1. Metodologia.....	Pàgina 41
3.3.2. Obtenció i classificació d'informació	Pàgina 41
3.3.3. Predicció.....	Pàgina 45
4. Conclusions.....	Pàgina 47
5. Annexos	Pàgina 49
5.1. Incomprensió de les lleis de Mendel	Pàgina 50
5.2. Els redescobridors de les lleis de Mendel.....	Pàgina 51
5.2.1. Hugo de Vries.....	Pàgina 51
5.2.1. Carl Correns	Pàgina 52
5.2.1. Erich Tschermak-Seysenegg.....	Pàgina 53
5.3. Defensors i opositors de les lleis de Mendel durant el segle XX.....	Pàgina 54
5.3.1. Thomas Hunt Morgan.....	Pàgina 55
5.4. Demostració de la veracitat de les lleis de Mendel	Pàgina 59
5.5. Glossari 1.....	Pàgina 61
5.6. Glossari 2.....	Pàgina 64
5.7. Descripció dels caràcters estudiats.....	Pàgina 66
5.8. Model d'enquesta en català i en anglès	Pàgina 70
5.8.1. Enquesta en català.....	Pàgina 70
5.8.2. Enquesta en anglès.....	Pàgina 72

5.9. Comentari dels arbres genealògics.....	Pàgina 74
5.9.1. Àfrica	Pàgina 74
5.9.1.1. Marroc.....	Pàgina 74
5.9.1.1.1. Família 1.....	Pàgina 74
5.9.1.1.2. Família 2.....	Pàgina 77
5.9.1.1.3. Família 3.....	Pàgina 80
5.9.1.1.4. Família 4.....	Pàgina 83
5.9.1.1.5. Família 5.....	Pàgina 85
5.9.1.1.6. Família 6.....	Pàgina 88
5.9.1.1.7. Família 7.....	Pàgina 91
5.9.1.1.8. Família 8.....	Pàgina 94
5.9.1.1.9. Família 9.....	Pàgina 98
5.9.2. Amèrica del Sud	Pàgina 102
5.9.2.1. Bolívia	Pàgina 102
5.9.2.1.1. Família 1.....	Pàgina 102
5.9.2.1.2. Família 2.....	Pàgina 105
5.9.2.2. Colòmbia.....	Pàgina 109
5.9.2.2.1. Família 3.....	Pàgina 109
5.9.2.2.2. Família 4.....	Pàgina 113
5.9.2.2.3. Família 5.....	Pàgina 116
5.9.2.2.4. Família 6.....	Pàgina 120
5.9.2.2.5. Família 7.....	Pàgina 122
5.9.2.3. Equador	Pàgina 125
5.9.2.3.1. Família 8.....	Pàgina 125
5.9.2.4. Xile	Pàgina 129
5.9.2.4.1. Família 9.....	Pàgina 129
5.9.3. Àsia	Pàgina 133
5.9.3.1. Índia	Pàgina 133
5.9.3.1.1. Família 1.....	Pàgina 133
5.9.3.1.2. Família 2.....	Pàgina 137
5.9.3.2. Turquia.....	Pàgina 140
5.9.3.2.1. Família 3.....	Pàgina 140
5.9.3.3. Xina.....	Pàgina 144
5.9.3.3.1. Família 4.....	Pàgina 144

5.9.3.3.2. Família 5.....	Pàgina 147
5.9.3.3.3. Família 6.....	Pàgina 150
5.9.3.3.4. Família 7.....	Pàgina 153
5.9.3.3.5. Família 8.....	Pàgina 157
5.9.3.3.6. Família 9.....	Pàgina 160
5.9.4. Europa.....	Pàgina 163
5.9.4.1. Catalunya.....	Pàgina 163
5.9.4.1.1. Família 1.....	Pàgina 163
5.9.4.1.2. Família 2.....	Pàgina 166
5.9.4.1.3. Família 3.....	Pàgina 170
5.9.4.1.4. Família 4.....	Pàgina 174
5.9.4.2. Finlàndia	Pàgina 178
5.9.4.2.1. Família 5.....	Pàgina 178
5.9.4.3. Polònia	Pàgina 182
5.9.4.3.1. Família 6.....	Pàgina 182
5.9.4.4. Romania.....	Pàgina 186
5.9.4.4.1. Família 7.....	Pàgina 186
5.9.4.4.2. Família 8.....	Pàgina 190
5.9.4.4.3. Família 9.....	Pàgina 194
5.10. Càlcul de les freqüències al·lèliques per països	Pàgina 198
5.10.1. Àfrica	Pàgina 198
5.10.1.1. Marroc.....	Pàgina 198
5.10.2. Amèrica del Sud	Pàgina 206
5.10.2.1. Bolívia	Pàgina 206
5.10.2.2. Colòmbia	Pàgina 211
5.10.2.3. Equador	Pàgina 217
5.10.2.4. Xile	Pàgina 221
5.10.3. Àsia	Pàgina 224
5.10.3.1. Índia	Pàgina 224
5.10.3.2. Turquia.....	Pàgina 229
5.10.3.3. Xina.....	Pàgina 233
5.10.4. Europa.....	Pàgina 239
5.10.4.1. Catalunya.....	Pàgina 239
5.10.4.2. Finlàndia	Pàgina 244

5.10.4.3. Polònia	Pàgina 248
5.10.4.4. Romania.....	Pàgina 252
5.11. Bibliografia	Pàgina 259
5.11.1. Llibres i articles.....	Pàgina 259
5.11.2. Pàgines web	Pàgina 260

A la tutora inicial i a la tutora real, per la seva ajuda, suport i aportació de suggeriments. A Abdellah el Arnouk, Ismail Kassemi, Jaouad Boukhabza, Mohamed el Krah, Mosleh Khabza, Omar Bouaich, Samira Loukili, Sara Merimi, Youssef el Otmani, Gabriella Mamani, Williams Reynaldo Torrez, Estefania Marín, Germán Herrera, Guillermo González, Sergio Herrera, Tatiana Taquinas, Pamela Loza, Álvaro Catalán, Aakash Mahant, Prince Gulpinder, Dilara Celikel, Hailin Xia, Haiting Zhu, Haiyun Zhu, Meng-Meng, Ting Ting Liu, Yi Ang, Irene Marsal, Marina Sabaté, Milja Vainio, Karolina Kuvica, Alexandru Iosiff, Klaudia Goteciuc i Mónica Logos per la informació proporcionada sobre les seves famílies i pel temps dedicat a obtenir aquesta valuosa informació. A la meua família, i en especial als meus pares i germana, pel temps, l'ajuda, l'interès i el recolzament.

A tots vosaltres, gràcies.

1. INTRODUCCIÓ

Cap a mig curs de 1r de Batxillerat, se'ns va començar a parlar del treball de recerca i ben aviat se'm van acudir uns quants temes, tot i que la majoria els vaig descartar per falta de coneixements i d'eines. Així doncs, vaig decidir que faria un treball sobre genètica, la branca de la biologia que més m'atrau. Per començar, vaig parlar amb les professores de biologia del centre, que em van orientar una mica sobre els diferents tipus de treballs de recerca que podia fer en relació amb el tema escollit. Vaig descartar els relacionats amb estudis d'insectes i plantes al laboratori i em vaig decantar per l'estudi genètic d'humans.

A finals del curs de 1r de Batxillerat ja tenia uns objectius força clars: estudiar l'herència de certs caràcters en famílies de diferents llocs del món i fer-ne un estudi comparatiu per determinar a quina població s'assembla més la catalana. Aquests objectius han estat modificats a mesura que el treball ha anat prenent forma i, finalment, els objectius reals del treball són: estudiar l'herència de certs caràcters en famílies de diferents llocs del món; determinar les característiques fenotípiques d'aquestes famílies i, per extensió, de diferents poblacions del món, i fer una especulació sobre l'evolució de les característiques fenotípiques de la població catalana tenint en compte les conseqüències de la immigració actual.

Per a dur a terme aquest treball, em vaig posar en contacte amb persones de diferents llocs del món. Algunes d'aquestes persones les coneixia d'abans de fer el treball i m'hi escrivia per Internet, però la resta les vaig haver de buscar i vaig decidir-me per uns quants alumnes del centre. Les nacionalitats d'aquestes persones són: Marroc, Bolívia, Colòmbia, Equador, Xile, Índia, Turquia, Xina, Catalunya, Finlàndia, Polònia i Romania.

Així doncs, vaig escollir els caràcters a estudiar i el mètode que utilitzaria per a obtenir-ne la informació, vaig elaborar una enquesta (tant en català com en anglès) i vaig començar a repartir-la durant l'estiu.

Tot i tenir alguns problemes en relació amb la dificultat d'obtenir les dades, ja que la quantitat d'informació obtinguda fou molt inferior a la que jo esperava, he pogut desenvolupar el treball amb normalitat.

2. PART TEÒRICA

2.1. BASES DE L'HERÈNCIA

2.1.1. Història dels inicis de la genètica

Des de l'antiguitat, alguns filòsofs i savis havien intentat comprendre i explicar els mecanismes de l'herència, però no va ser fins a finals del segle XVIII i ja en el segle XIX que se'n feren deduccions des d'un punt de vista científic. Així, el 8 de febrer de 1865, i amb la lectura dels resultats de les experiències d'hibridació amb plantes de Gregor Mendel davant la Societat d'Història Natural de Brno, nasqué la ciència de la genètica.

2.1.2. Mendel i les seves experiències

Mendel nasqué en un poble anomenat Heinzendorf, que pertanyia a l'Imperi Austrohongarès (avui conegut com Hyncice, República Txeca) el 22 de juliol de 1822. Fou batejat amb el nom de Johann Mendel i, posteriorment (en ingressar com a frare Agustí l'any 1843 al convent d'Agustins de Brno), rebé el nom de "Pare Gregor".



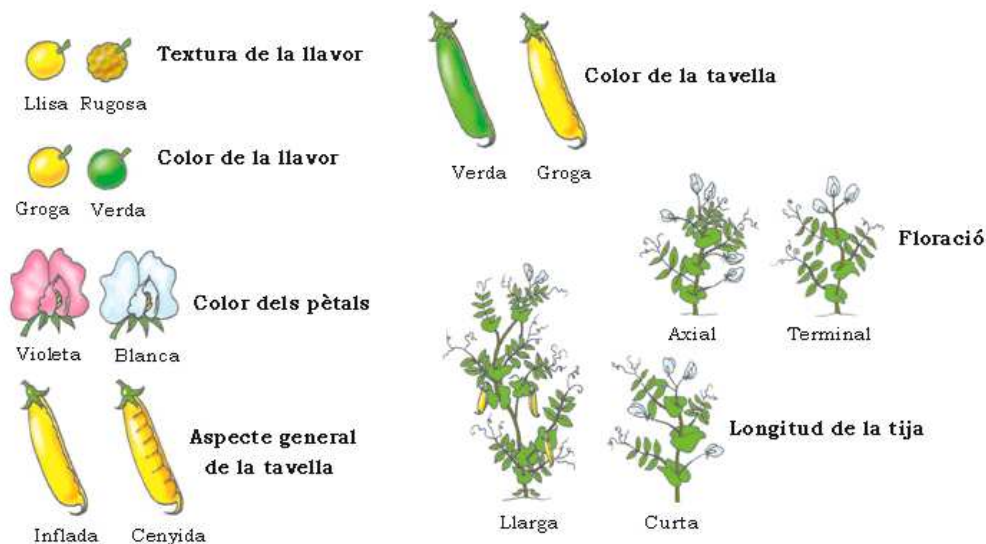
Gregor Mendel

L'any 1855 començà els experiments amb *Pisum sativum* i deu anys més tard, l'any 1865, presentà els seus resultats a la Societat d'Història Natural de Brno. Aquests resultats, que publicà amb el títol d'*Experiments sobre híbrids de plantes (Versuche über Pflanzen-Hybriden)* l'any 1866, no foren valorats en el moment de la seva publicació, sinó que haurien de transcórrer més de trenta anys per tal que fossin reconeguts i entesos. Morí l'any 1884 a Brno per culpa d'un edema general.

Mendel observà, en els seus experiments sobre encreuaments i hibridació de plantes, proporcions matemàtiques precises i repetibles, que indicaven com s'hereta cada caràcter. Aquesta precisió, juntament amb la selecció acurada del material d'experimentació (només races pures), la concreció dels objectius de les investigacions i l'anotació i anàlisi quantitatius de les dades obtingudes, van fer possible la definició de les lleis estadístiques, anomenades lleis de Mendel en honor seu.

Per començar, Mendel hagué d'escollir l'espècie de planta que utilitzaria per als seus experiments. Aquesta havia de presentar caràcters ben diferenciats, les característiques dels quals fossin fàcils d'observar en la descendència. És per això que trià la planta *Pisum sativum* per a realitzar els encreuaments.

Després d'escollir els caràcters a estudiar (llavors de color groc o verd, llises o rugoses, flors de color blanc o violeta, axials o terminals i tiges llargues o curtes), Mendel plantà els pèsols i els cuidà per tal d'evitar que es produïssin fecundacions no desitjades durant el període de floració. Després, per comprovar que els resultats eren independents del sexe dels progenitors, realitzà un encreuament recíproc. Finalment, esperà que les plantes creixessin i que produïssin llavors a partir de les quals obtindria plantes híbrides.



Caràcters de *Pisum sativum* estudiats per Mendel

Les conclusions que obtingué després de realitzar aquests experiments foren publicades l'any 1866, però els naturalistes de l'època no compregueren la seva importància. Els motius d'aquesta incomprensió poden veure's a l'annex 1.

Entre els anys 1866 i 1900 es van produir dos canvis importants en les ciències biològiques. Per una banda, a finals del segle XIX ja s'havien descobert els cromosomes i els seus moviments durant la divisió cel·lular i, per altra banda, els naturalistes estaven més predisposats i més ben preparats per a fer servir les matemàtiques com a eines científiques.

L'any 1900, H. de Vries, C. Correns i E. Tschermak-Seysenegg, tres investigadors, redescobriren de forma simultània i independent els treballs de Mendel. Tots ells havien estat treballant en estudis de variabilitat de plantes i, en llegir l'obra de Mendel, reconeixeren la seva importància, ja que els ajudaria a interpretar els resultats que havien obtingut i, a més, sentiren que es trobaven davant del que serien considerades les lleis generals de l'herència.

En l'annex 2, s'hi detallen les biografies dels tres investigadors, així com els seus principals descobriments.

En l'annex 3, s'hi relaten les postures de diversos naturalistes respecte les lleis de Mendel i els descobriments sobre genètica que tingueren lloc durant el segle XX.

2.1.3. Genètica actual

Actualment, gràcies als experiments de Mendel amb *Pisum sativum*, als tres investigadors que redescobriren els seus treballs, als científics que a partir d'aquell moment s'interessaren en el tema, a tots aquells que hi han col·laborat i gràcies també a aquells que segueixen investigant avui dia, podem explicar els mecanismes de l'herència, segurament, sense equivocar-nos.

Avui en dia, els estudis citològics mostren que les lleis de Mendel són les conseqüències de la meiosi quan els caràcters són portats per cromosomes diferents. Per a entendre aquesta afirmació són necessaris alguns conceptes que tot seguit s'exposen:

La meiosi és el procés mitjançant el qual es formen els gàmetes. Aquests són cèl·lules haploides, és a dir, només presenten la meitat de cromosomes. D'aquesta manera, al fusionar-se dos gàmetes durant la fecundació, s'obté un nou individu amb cèl·lules que contenen tots els cromosomes (cèl·lules diploides). Aquest nou individu rep la meitat d'informació del gàmeta femení (de la mare) i l'altra meitat, del masculí (procedent del pare). És per això que presenta característiques semblants al pare i també a la mare. Aquestes són la part visible dels gens (fenotip), que es troben duplicats i que s'anomenen parells d'al·lels. Si les dues còpies són iguals diem que l'individu és homozigot o raça pura per a aquell gen; en canvi, si són diferents, en diem heterozigot o híbrid.

2.1.3.1. Les lleis de Mendel actualment

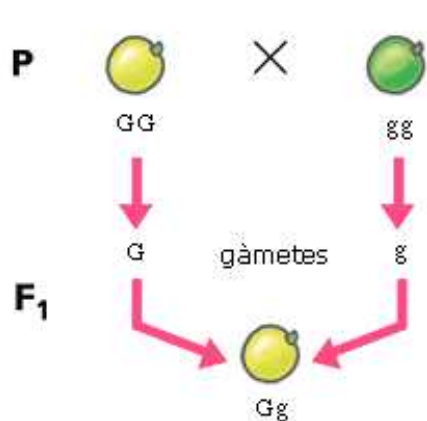
Així doncs, si reformulem els enuncis de les lleis de Mendel d'acord amb els conceptes redefinits i coneguts actualment, podem dir:

2.1.3.1.1. Primera llei

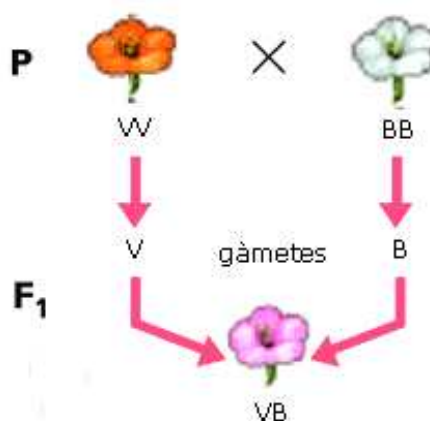
Primera llei, coneguda amb el nom de *Llei de la uniformitat de la primera generació filial o de la segregació*:

Quan encreuem entre si dues races pures diferents per a un determinat caràcter, els híbrids de la primera generació filial són tots iguals per a aquell caràcter, tant en el fenotip com en el genotip; la qual cosa implica que els gens són independents i mai es barregen, ja que cada gen del parell d'homòlegs va a parar a un gàmeta. És durant la fecundació que es restableix el número doble d'al·lels.

Mendel no va trobar casos d'herència intermèdia, però actualment se'n coneixen molts. Un exemple n'és el cas de *Mirabilis jalapa*. Quan encreuem varietats o races pures de flors blanques i vermelles d'aquesta espècie es produeix una primera generació filial de flors rosades amb idèntic genotip i fenotip, ja que cap dels dos gens domina sobre l'altre, és a dir, són codominants. Per tant, les plantes amb flors rosades són heterozigots que tenen un color intermedi entre els colors vermell i blanc dels homozigots. En aquest cas tenen un al·lel que determina el pigment vermell i un altre al·lel que dóna lloc a l'absència de color.



Exemple d'herència dominant

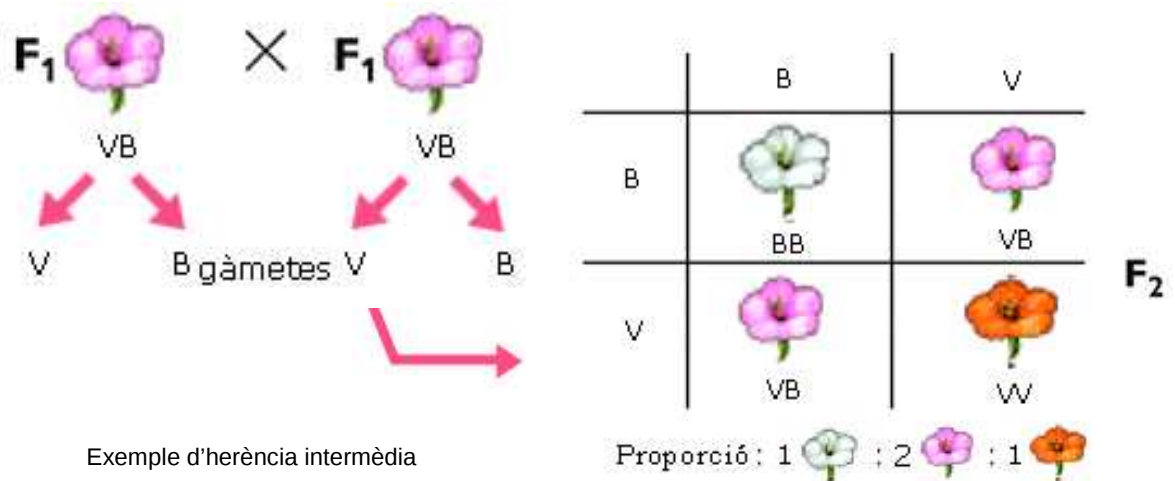
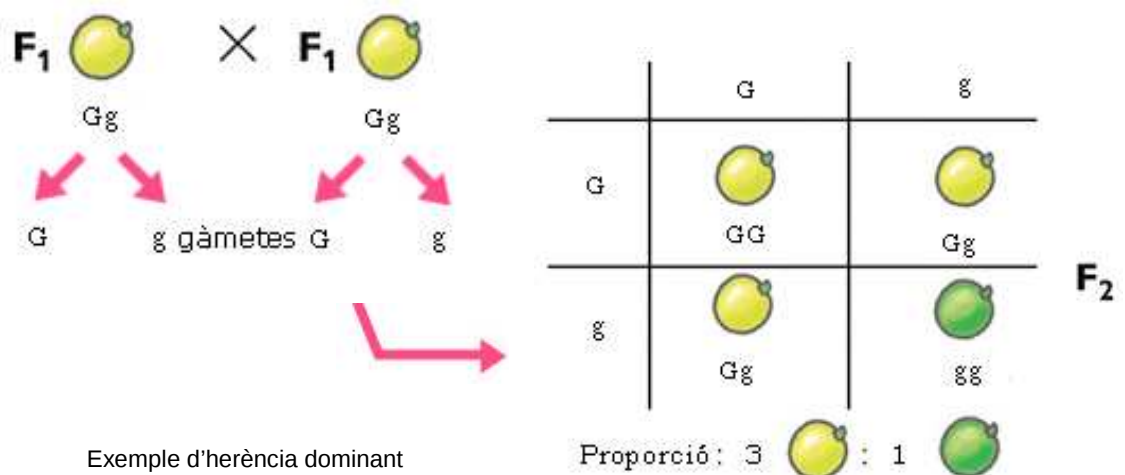


Exemple d'herència intermèdia

2.1.3.1.2. Segona llei

Segona llei, coneguda amb el nom de *Llei de la disjunció dels al·lells en els individus de la segona generació filial*:

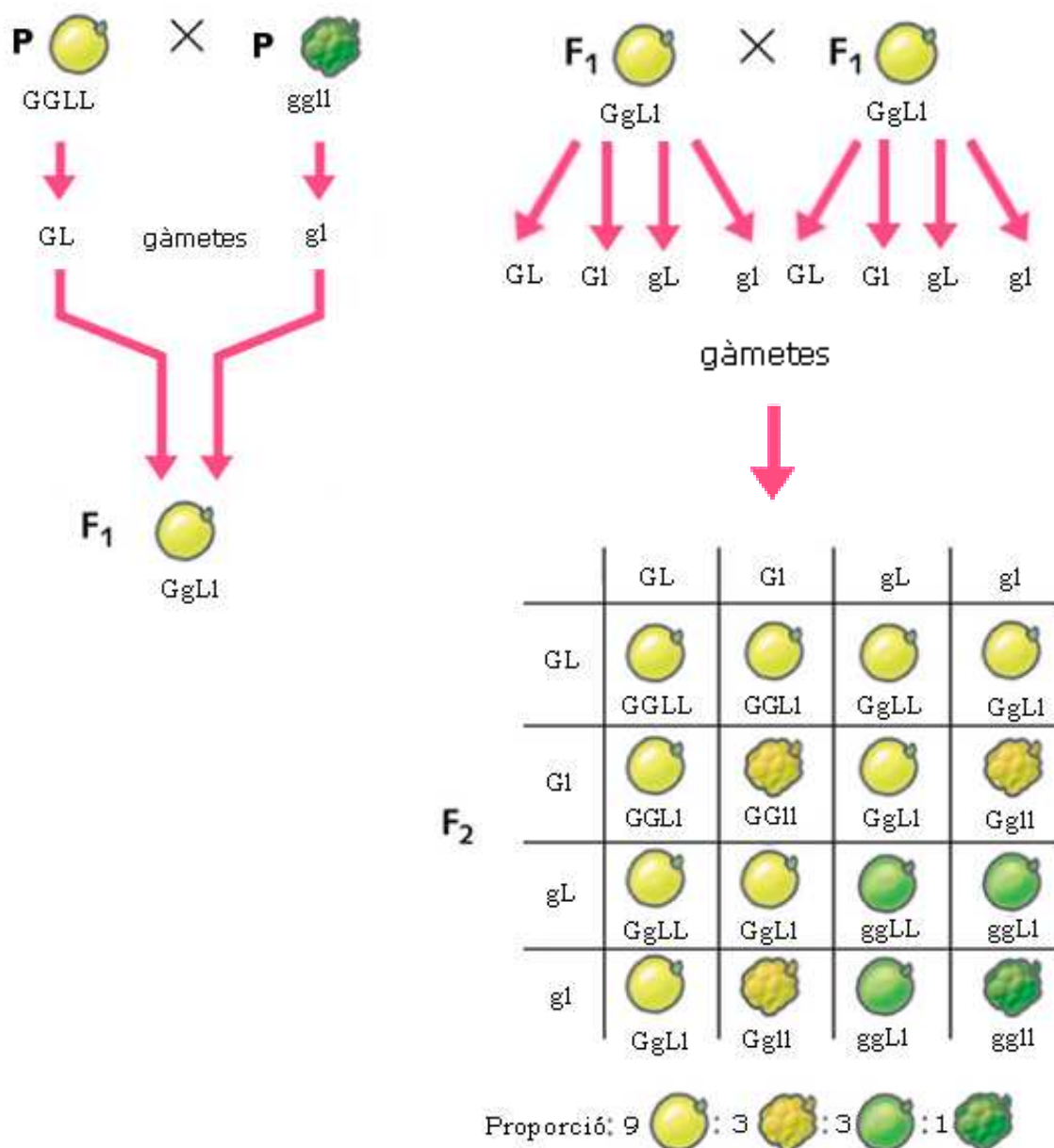
Cada parell d'al·lells s'hereta amb independència de les altres parelles de gens, sempre que aquestes es localitzin en cromosomes diferents, com si en l'organisme no existissin altres caràcters.



2.1.3.1.3. Tercera llei

Tercera llei, coneguda amb el nom de *Llei de l'herència independent dels caràcters i la seva combinació lliure en la segona generació filial*:

Cada caràcter hereditari es transmet amb independència dels altres caràcters.



Exemple d'herència dominant

Mendel va poder enunciar aquesta llei perquè treballà amb caràcters els gens dels quals estaven situats en cromosomes diferents i, per tant, es podien combinar a l'atzar durant la formació dels gàmetes. Actualment es coneixen moltes excepcions d'aquesta llei, perquè si s'experimenta amb dos caràcters els gens corresponents dels quals es troben sobre el mateix cromosoma, es veu que van junts al mateix gàmeta, es transmeten a la vegada i es manifesten junts, segons les regles de la dominància i la recessivitat. Diem que aquests gens estan lligats o en lligament.

En l'annex 4, s'hi troba una demostració de la veracitat de les lleis de Mendel.

2.2. EVOLUCIÓ

L'evolució biològica és el procés de transformació d'unes espècies en unes altres, per mitjà d'una sèrie de canvis que tenen lloc en el material genètic que es transmet d'unes espècies a unes altres al llarg de grans períodes de temps.

2.2.1. Història de l'evolució

Durant molt de temps, les idees sobre la Terra es van fonamentar tan sols en creences religioses. Però arribà un moment en el qual aparegué l'evolucionisme, que considera que els organismes han sofert canvis al llarg de la història i que cada espècie s'ha originat a partir d'una altra que la precedeix en el temps.

La teoria evolucionista que actualment és acceptada pels científics s'anomena neodarwinisme (també coneguda com a teoria sintètica de l'evolució). Aquesta fou postulada per Theodosius Dobzhansky a mitjans del segle XX i defensa que la gran variabilitat genètica de les poblacions es deu a les mutacions, a la recombinació i a la segregació gènica en la reproducció sexual; que l'acció de la selecció natural elimina progressivament els al·lels que determinen els caràcters que fan que l'individu sigui menys apte en el seu ambient i afavoreix aquells que fan que l'individu hi sigui més apte, i que les poblacions aïllades reproductivament d'altres poblacions de la seva mateixa espècie es diferencien i donen lloc a noves espècies, fet que es coneix amb el nom d'especiació.

2.2.2. Genètica de poblacions

La genètica de poblacions estudia els mecanismes genètics implicats en l'evolució de les poblacions. Per a fer-ho, s'ocupa de l'estudi de les característiques genètiques dels individus que formen les poblacions, els canvis

que s'hi produeixen i els factors que determinen aquests canvis. És per això que es fixa en les variacions hereditàries i en la seva modificació al llarg del temps.

Quan es parla de genètica de poblacions, sovint s'utilitzen tecnicismes i es fa referència a lleis o a mecanismes evolutius. Tots ells es troben explicats a l'annex 5.

2.2.2.1. Genètica de poblacions humanes

La genètica de poblacions humanes estudia els mecanismes genètics implicats en l'evolució de l'espècie humana i, per tant, s'ocupa de l'estudi de les característiques genètiques dels humans, dels canvis que experimenten i dels factors que determinen aquests canvis. És per això que es fixa en les variacions hereditàries i en la seva modificació al llarg del temps.

Respecte a la llei de l'equilibri de poblacions de Hardy-Weinberg (que estableix que en una població prou gran en què els individus s'encreuen a l'atzar, sense mutacions, ni migracions, ni selecció natural i sense deriva genètica, les freqüències gèniques i genotípiques no varien de generació en generació, per tant, la població no evoluciona), podem dir que en la població humana no existeix aquest equilibri genètic, sinó que la població evoluciona.

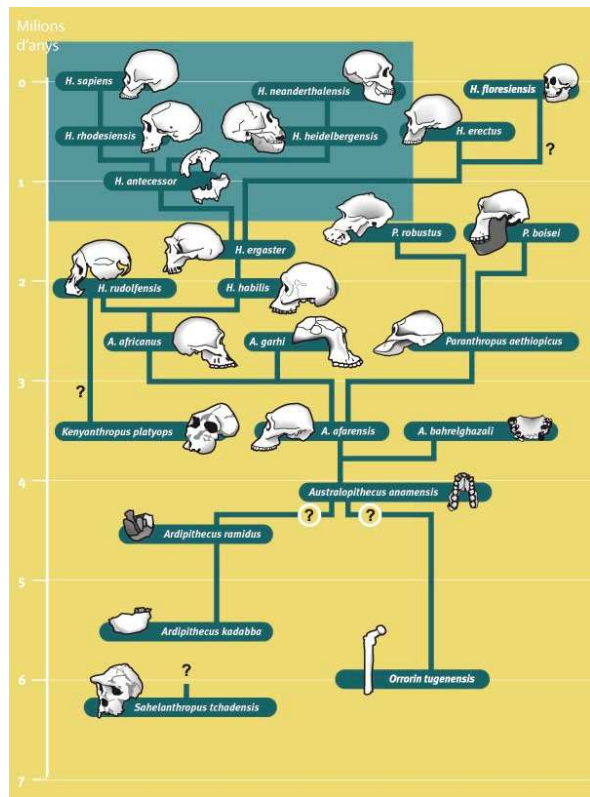
Els factors principals que alteren l'equilibri genètic en la població humana actual són la recombinació, la migració, la magnitud de l'heterozigosi i, en menys freqüència, la mutació i la deriva genètica. Actualment, podríem dir que la selecció natural no afecta els humans, ja que hi ha tècniques de reproducció assistida que permeten que els individus amb al·lels menys adaptables també puguin tenir descendència.

2.2.3. Evolució de l'espècie humana

Els humans som animals mamífers de l'ordre dels primats, un grup zoològic que aparegué fa uns 65 milions d'anys. A partir d'aquests primers primats,

s'originà la família dels pòngids (formada per grans simis antropomorfs) fa uns 20-25 milions d'anys i, posteriorment, la família dels homínids fa uns 5 milions d'anys.

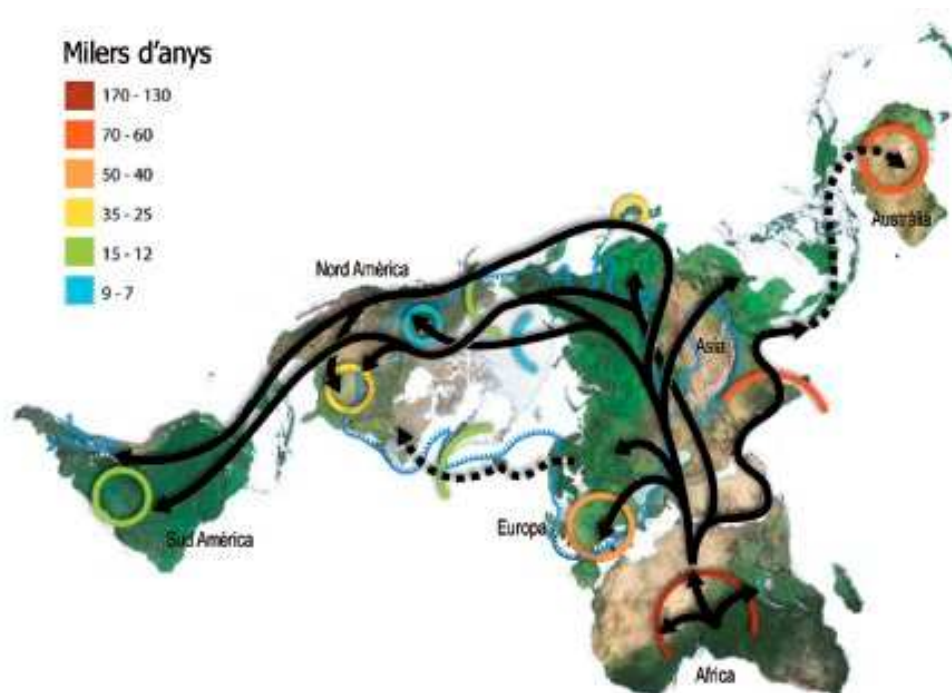
El registre de fòssils humans i els avenços en els diferents camps de la ciència han permès el desenvolupament de mètodes que ens permeten conèixer millor l'evolució humana. És per això que sabem que durant el procés d'hominització, la selecció natural actuà seleccionant els caràcters biològics que afavorien la posició erecta (bipedisme), l'augment de la capacitat craniana, la mà prènsil capaç de manipular objectes i l'aparició del llenguatge articulat.



Arbre evolutiu dels homínids

A més, la comunitat científica ha constatat que l'espècie humana té un origen africà. Els estudis demostren que les primeres espècies del gènere *Homo* van aparèixer fa aproximadament 2 milions d'anys a l'Àfrica i van expandir-se posteriorment a les actuals Europa i Àsia. És més, no fou fins fa menys de 200.000 anys que s'originà l'*Homo sapiens*.

Així doncs, la diversitat humana actual s'ha generat probablement durant els últims 50.000 o 60.000 anys. Les poblacions que van estendre's des de l'Àfrica poblant nous territoris van colonitzar hàbitats del sud-est asiàtic i van arribar a Austràlia i Nova Guinea fa aproximadament 60.000 anys, i a Europa fa uns 40.000 anys. El poblament humà més recent correspon al nord-est de l'Àsia i Amèrica, que es va produir durant els últims 35.000 anys.

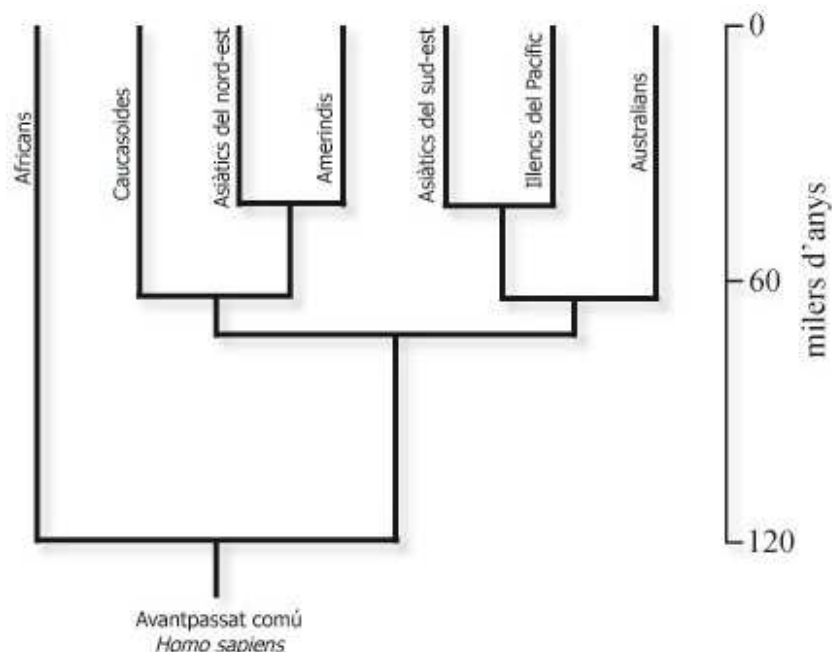


Possibles vies d'expansió de l'*Homo sapiens* a partir d'un origen africà

És per això que l'espècie humana es pot considerar relativament jove i amb una diversitat genètica poc important: de mitjana, les diferències genètiques entre dos humans qualssevol del mateix sexe no són superiors a l'u per mil. Per això el terme raça aplicat a l'espècie humana és artificial i erroni. El terme correcte per indicar les variacions fenotípiques (degudes a factors ambientals) en diverses poblacions d'una mateixa espècie és *deme*. Aquest terme ratifica la unitat de l'espècie humana, ja que està demostrat que és fals parlar de subespècies dins l'espècie humana.

Un exemple de variacions de l'espècie humana és la pigmentació dels individus, que té tendència a augmentar en els ambients on la radiació solar és més intensa i en les zones on el clima és més humit. Per tant, els humans que viuen en zones selvàtiques, com per exemple a l'Amazònia i al sud-est asiàtic, i en zones pròximes a l'equador presenten la pell fosca, juntament amb el color dels ulls i del cabell. En canvi, els humans situats per sobre dels tròpics tenen tendència a presentar fenotips com pell clara, ulls clars i cabell clar.

Com es veu en el gràfic següent, les anàlisis genètiques estableixen que el grup humà més diferent de la resta és l'africà. Aquest fet reforça la teoria que l'*Homo sapiens* és l'origen de tots els humans moderns i que prové de l'Àfrica ancestral.



Gràfic en forma d'arbre filogenètic dels diferents demes de l'espècie humana

Pel que fa referència al futur de l'espècie humana, aquest es veu ja marcat per la tecnologia i la cultura, factors que condicionen l'ambient en el què vivim. El seu efecte global redueix l'acció de la selecció natural, tot i que aquesta podria tornar a activar-se amb la introducció de noves malalties, aparició de canvis ambientals sobtats, etc. Per altra banda, les migracions i el mestissatge, afavorits per la mobilitat humana, estan fent augmentar la variabilitat genètica de les poblacions. En conjunt, però, no es preveuen gaires canvis en el nostre procés evolutiu.

3. PART PRÀCTICA

3.1. CONFECCIÓ I ESTUDI D'ARBRES GENEALÒGICS PERTANYENTS A DIFERENTS DEMES

Per a la comprensió de la informació que es troba a continuació és necessària la introducció d'alguns conceptes fins ara no vistos i la recuperació d'altres que ja han estat descrits anteriorment. Tots ells es troben en el glossari de l'annex 6.

3.1.1. Descripció i simbologia d'un arbre genealògic

Un 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. Aquest mètode de representació de la informació genètica dels individus d'una família ens permet deduir el genotip d'alguns individus i com s'hereta el caràcter estudiat. 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. Aquests són:

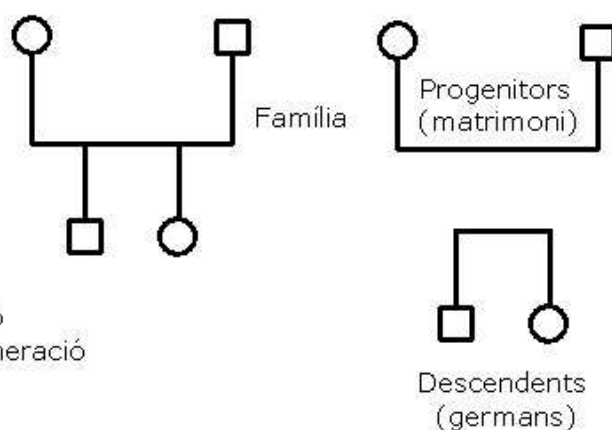
☐ Home

☐ Dona

☒ La creu indica que l'individu està mort i que no disposem d'informació sobre ell per a cap caràcter

III Aquest número indica la generació

2 Aquest número indica la posició de l'individu dins de la seva generació



Tant la selecció dels caràcters estudiats com les seves respectives descripcions es troben a l'annex 7.

A més, el model d'enquesta en català i en anglès a partir de la qual vaig obtenir la informació per a construir els arbres genealògics es troben a l'annex 8.

3.1.2. Construcció d'un arbre genealògic pas a pas

Per a construir els arbres genealògics he utilitzat un programa anomenat GenoPro que es pot obtenir a través d'Internet. Aquest programa permet la creació d'arbres genealògics que jo he utilitzat per a l'estudi de les característiques dels individus de diferents àrees del món.

Per a demostrar com es crea un arbre genealògic utilitzarem un exemple a partir de les següents dades:

Família per part de mare

Avi
El color de la pell: clara (fototip II (20))
Àvia
El color de la pell: clara (fototip III (40))
Oncle
El color de la pell: clara (fototip III (46))
Tia
El color de la pell: clara (fototip III (22))
Cosí
El color de la pell: clara (fototip III (32))
Cosina
El color de la pell: fosca (fototip IV (42))

Família per part de pare

Avi
El color de la pell: clara (fototip III (28))
Àvia
El color de la pell: fosca (fototip IV (44))
Oncle 1
El color de la pell: clara (fototip III (42))
Oncle 2
El color de la pell: clara (fototip III (38))
Tia
El color de la pell: clara (fototip III (30))
Cosí
El color de la pell: clara (fototip III (28))

Cosina

El color de la pell: clara (fototip III
(36))

Família

Pare

El color de la pell: fosca (fototip IV
(50))

Mare

El color de la pell: clara (fototip III
(24))

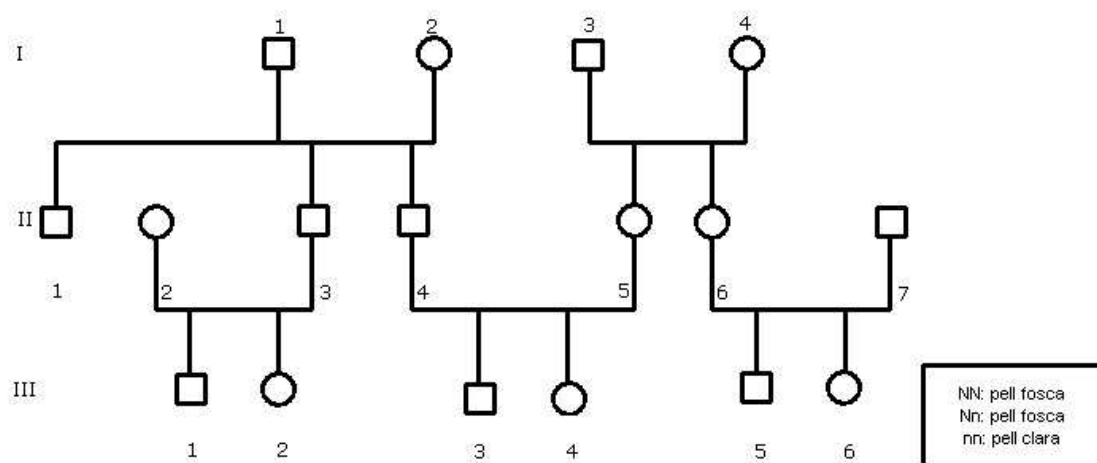
Fill

El color de la pell: clara(fototip III
(22))

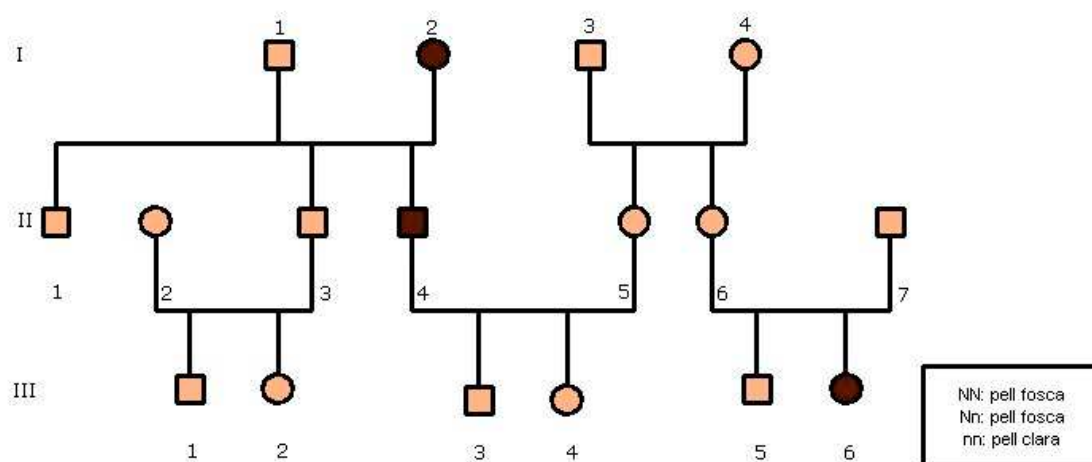
Filla

El color de la pell: clara (fototip III
(34))

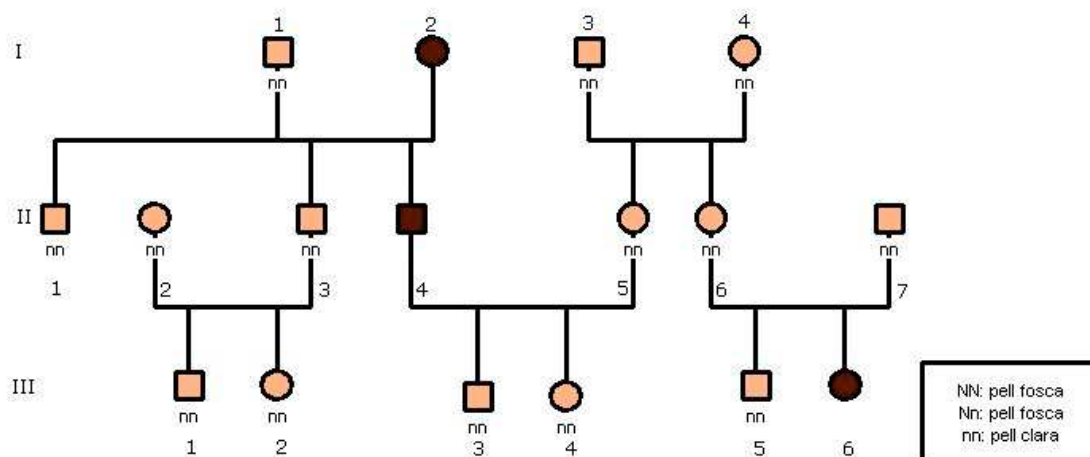
Primer creem l'estructura de l'arbre a partir de les relacions entre els individus i tenint en compte el sexe de cadascun d'ells. Afegirem els números de les generacions i de cada individu i també la llegenda amb la correspondència fenotip-genotip.



A partir de la informació extreta de les enquestes determinem el fenotip de cada individu i ho representem amb colors a l'arbre. En aquest cas (estudi de l'herència del color de la pell) el color carn simbolitza la pell clara mentre que el color marró simbolitza la pell fosca.



Seguidament, determinem els genotips dels individus homozigots recessius.



A partir d'aquesta informació, determinem la resta de genotips. En aquest cas, començarem per l'individu 2 de la I generació.

Aquest individu té descendents amb genotip nn i, per tant, aquests descendents han heretat un al·lel n del pare i, forçosament, l'altre al·lel n l'han heretat de la mare. Així, doncs, la mare ha de tenir un al·lel n. A més, degut al seu fenotip pell fosca, no pot presentar un altre al·lel n perquè si no tindria el fenotip pell clara. Llavors, necessàriament presentarà un al·lel N. Finalment, podem dir que l'individu 2 de la I generació té el genotip Nn.

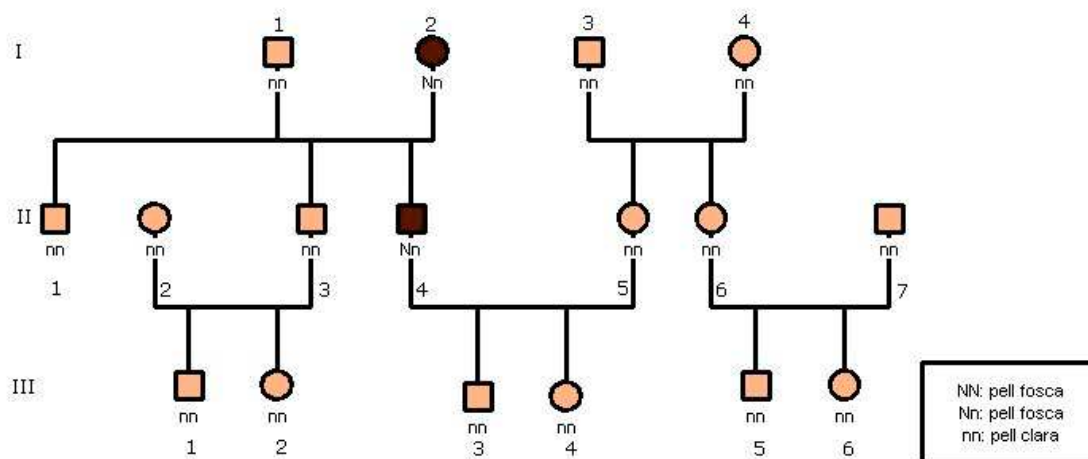
Seguirem amb l'individu 4 de la II generació.

Igual que en la demostració anterior, aquest individu té descendents amb genotip nn i, per tant, aquests descendents han heretat un al·lel n del pare i l'altre de la mare. Així, doncs, aquest individu ha de presentar un al·lel n . A més, degut al seu fenotip pell fosca, no pot presentar un altre al·lel n perquè si no tindria el fenotip pell clara. Llavors, necessàriament presentarà un al·lel N . Finalment, podem dir que l'individu 4 de la II generació té el genotip Nn .

Finalment, estudiarem l'individu 6 de la III generació.

Els progenitors d'aquest individu presenten el genotip nn , per tant, veiem que el fenotip de l'individu en qüestió no és correcte. Aquest individu ha rebut un al·lel n del pare i, forçosament, un al·lel n de la mare. Per tant, el seu genotip serà nn i el seu fenotip, pell clara.

Aleshores hem d'afegir els genotips dels individus que no en presentaven i modificar el fenotip de l'individu amb dades errònies per tal que l'arbre sigui correcte.



3.1.3. Concepte i càlcul de freqüència al·lèlica

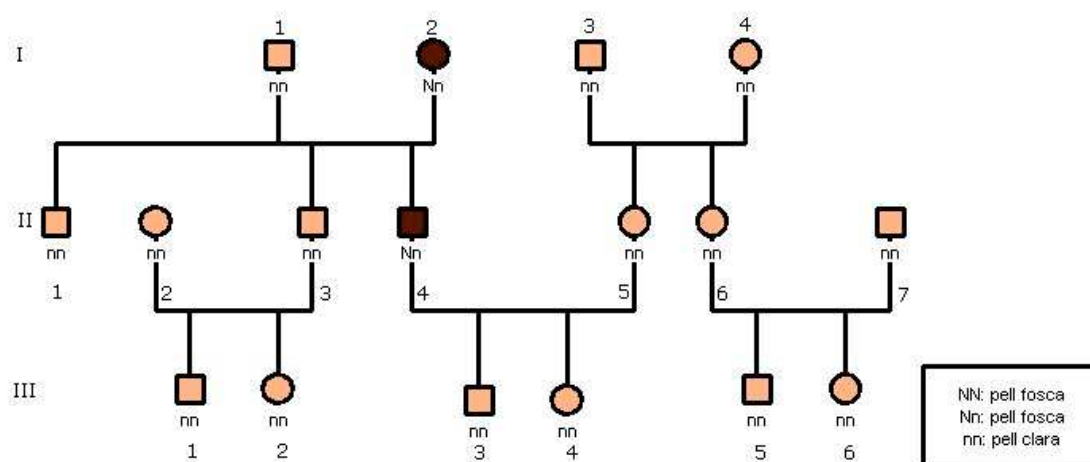
La freqüència al·lèlica és la proporció en que es troben els diferents al·lells d'un gen en una població. Per a calcular-la ens hem de fixar en els genotips dels individus de la població i utilitzar la fórmula següent:

Catalunya no va a la deriva (genètica)

$$\text{Freqüència al·lel } A = \frac{2 \cdot \text{nombre d'individus del genotip } AA + \text{nombre d'individus del genotip } Aa}{2 \cdot \text{nombre total d'individus}}$$

Aquests càlculs ens serviran per a determinar les característiques d'una població o deme. Podem afegir que els individus que no tenen el genotip determinat, és a dir, aquells que presenten genotip AA o Aa seran considerats homozigots (genotip AA).

Com a exemple de càlcul de freqüència al·lèlica utilitzarem l'arbre obtingut anteriorment.



A partir d'aquest arbre farem una taula on indicarem el nombre d'individus de cada genotip possible.

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	2
Pell clara	nn	15
		17

A partir de la fórmula i de les dades d'aquesta taula calculem la freqüència al·lèlica dels al·lells N i n.

$$\text{Freqüència de l'al·lel } N = \frac{2 \cdot 0 + 2}{2 \cdot 17} = 0.0588 = 5.88\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } n = \frac{2 \cdot 15 + 2}{2 \cdot 17} = 0.9412 = 94.12\%$$

3.1.4. Comentari dels arbres genealògics

En l'annex 9 s'exposen els arbres genealògics obtinguts a partir de les dades de les enquestes classificats per continents i subclassificats en països. Aquesta classificació està feta des d'un punt de vista políticogeogràfic, ja que, en realitat, si ens basem en el gràfic dels demes de la pàgina 21, veiem que la classificació quedaria de la següent manera:

1. Africans: individus de les famílies 1-9 del Marroc.
2. Caucasoides: individus de la família 3 de Turquia, famílies 1-4 de Catalunya, família 5 de Finlàndia, família 6 de Polònia, famílies 7-9 de Romania i de la família 9 de Xile (considerats individus descendents d'europus).
3. Asiàtics del nord-est: individus de la famílies 4-9 de la Xina.
4. Amerindis: individus de les famílies 1 i 2 de Bolívia, famílies 3-7 de Colòmbia i de la família 8 d'Equador.
5. Asiàtics del sud-est: individus de les famílies 1 i 2 de l'Índia.

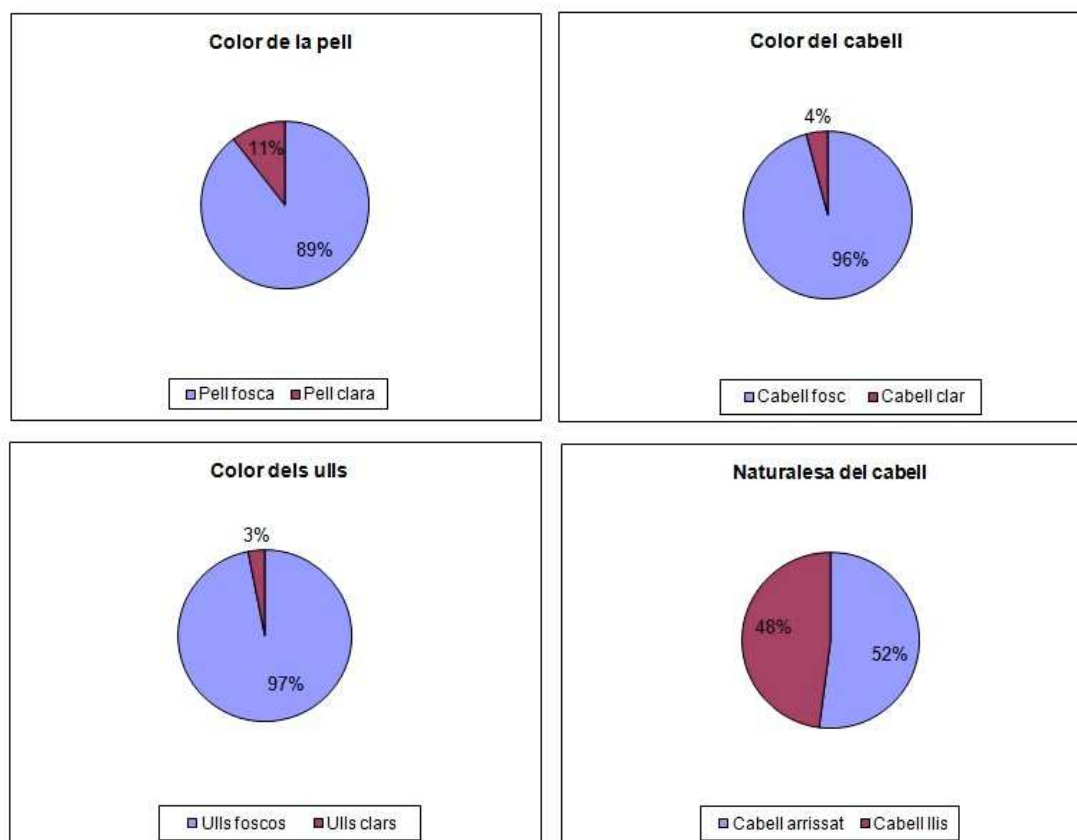
3.2. DETERMINACIÓ DE LES CARACTERÍSTIQUES DELS DIFERENTS DEMES ESTUDIATS A PARTIR DEL CÀLCUL DE FREQUÈNCIES AL·LÈLIQUES

Per tal de determinar aquestes característiques, tornarem a classificar les famílies per continents i països. En cada cas, calcularem les freqüències al·lèliques de tots els individus que pertanyen a un mateix país. Els resultats d'aquests càlculs poden veure's en l'annex 10.

3.2.1. Resum de les característiques dels diferents demes estudiats a partir del càlcul de freqüències al·lèliques

3.2.1.1. Àfrica

3.2.1.1.1. Marroc

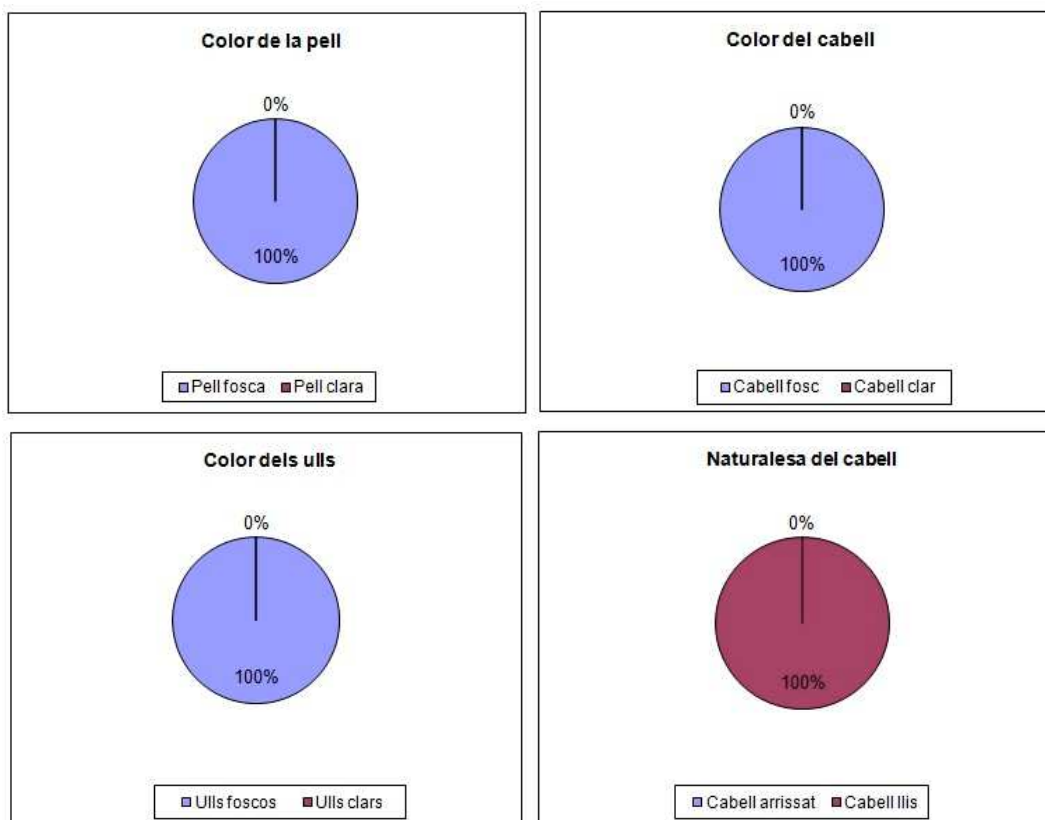


A partir de la informació que mostren aquests gràfics i de les característiques observables a simple vista dels alumnes marroquins del centre, podem determinar que hi ha una uniformitat respecte aquests caràcters en aquesta població.

Així doncs, en general podem dir que els individus del Marroc tendeixen a presentar la pell fosca, el cabell fosc, els ulls foscos i força igualtat en referència a la naturalesa del cabell, és a dir, entre el cabell llis i el cabell arrissat.

3.2.1.2. Amèrica del sud

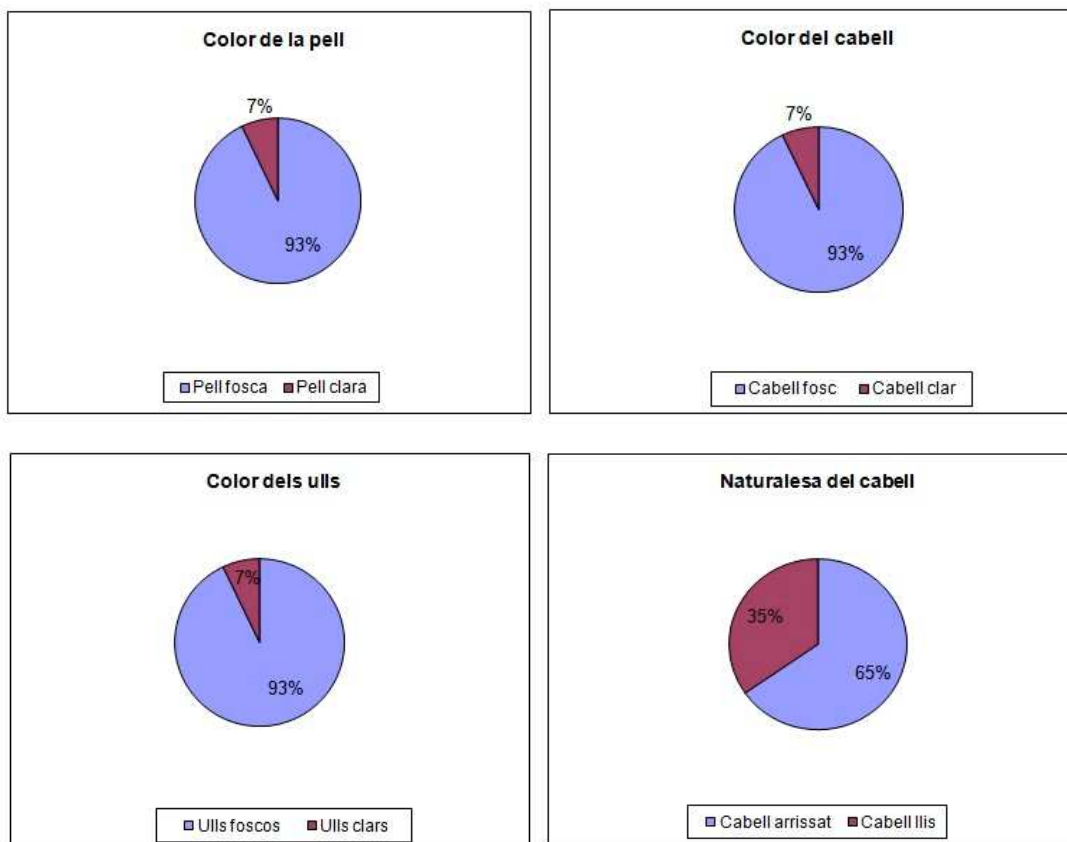
3.2.1.2.1. Bolívia



A partir de la informació que mostren aquests gràfics i de les característiques observables a simple vista dels alumnes bolivians del centre, podem determinar que hi ha una uniformitat respecte aquests caràcters en aquesta població.

Així doncs, en general podem dir que els individus de Bolívia tendeixen a presentar la pell fosca, el cabell fosc, els ulls foscos el cabell llis.

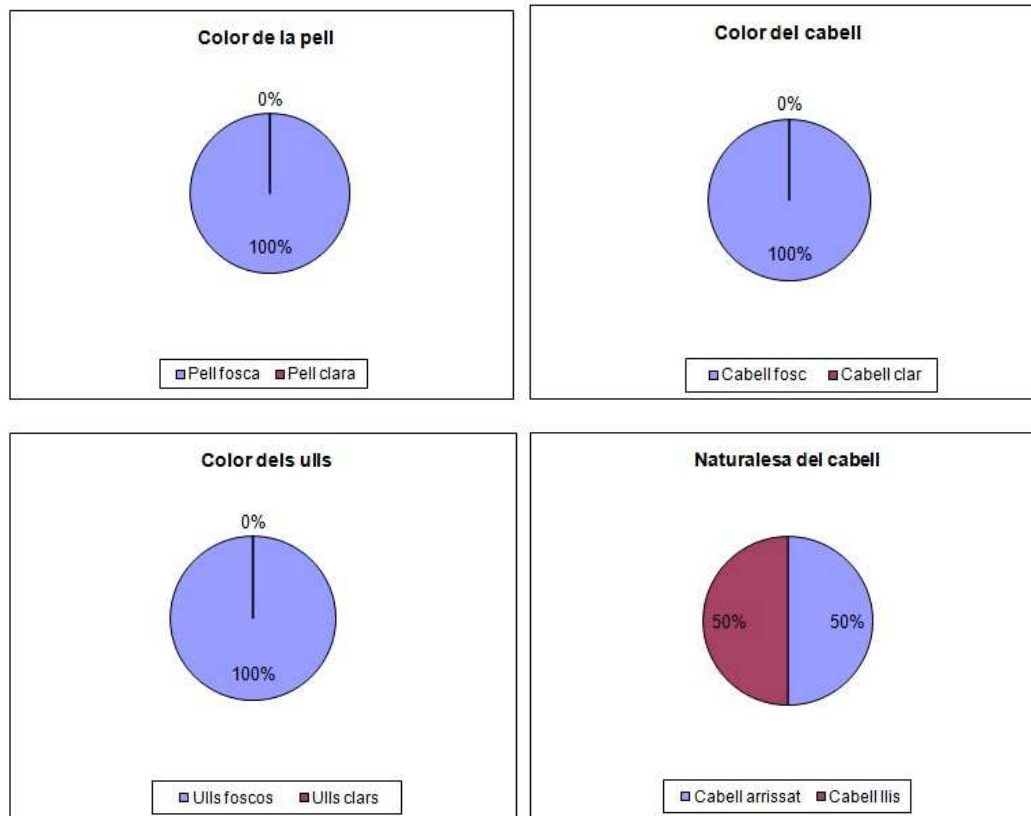
3.2.1.2.2. Colòmbia



A partir de la informació que mostren aquests gràfics i de les característiques observables a simple vista dels alumnes colombians del centre, podem determinar que hi ha una uniformitat respecte aquests caràcters en aquesta població.

Així doncs, en general podem dir que els individus de Colòmbia tendeixen a presentar la pell fosca, el cabell fosc, els ulls foscos i el cabell arrissat.

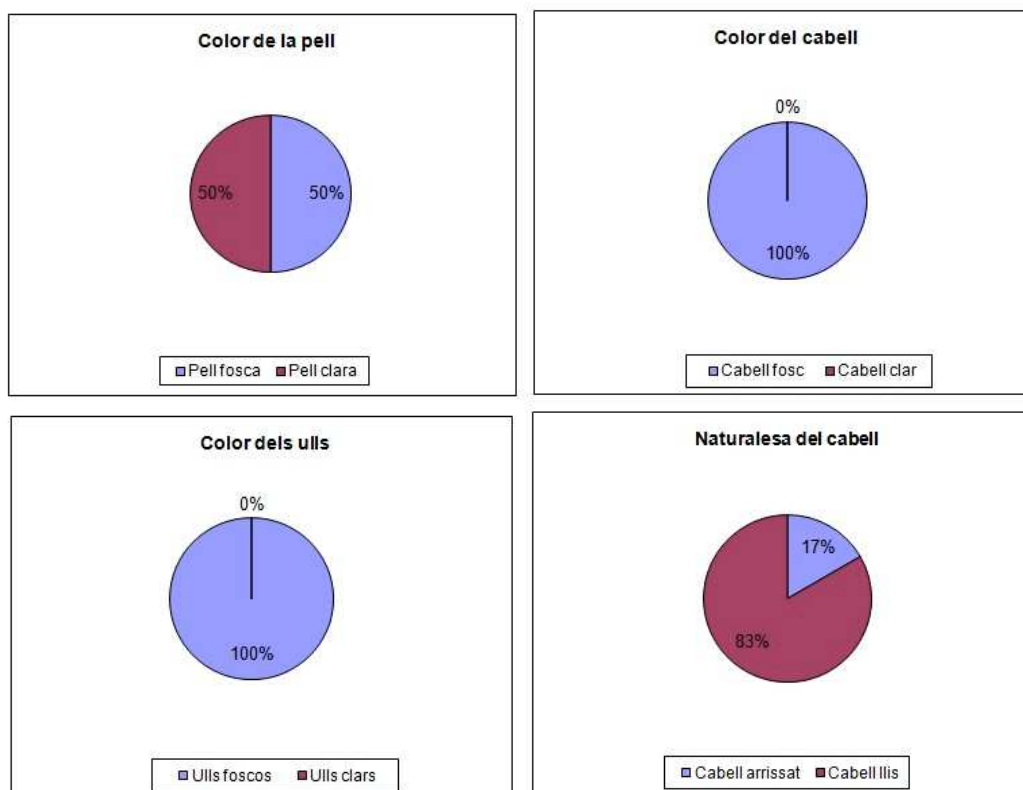
3.2.1.2.3. Equador



A partir de la informació que mostren aquests gràfics i de les característiques observables a simple vista dels alumnes equatorians del centre, podem determinar que hi ha una uniformitat respecte aquests caràcters en aquesta població.

Així doncs, en general podem dir que els individus d'Equador tendeixen a presentar la pell fosca, el cabell fosc, els ulls foscos i força igualtat en referència a la naturalesa del cabell, és a dir, entre el cabell llis i el cabell arrissat.

3.2.1.2.4. Xile

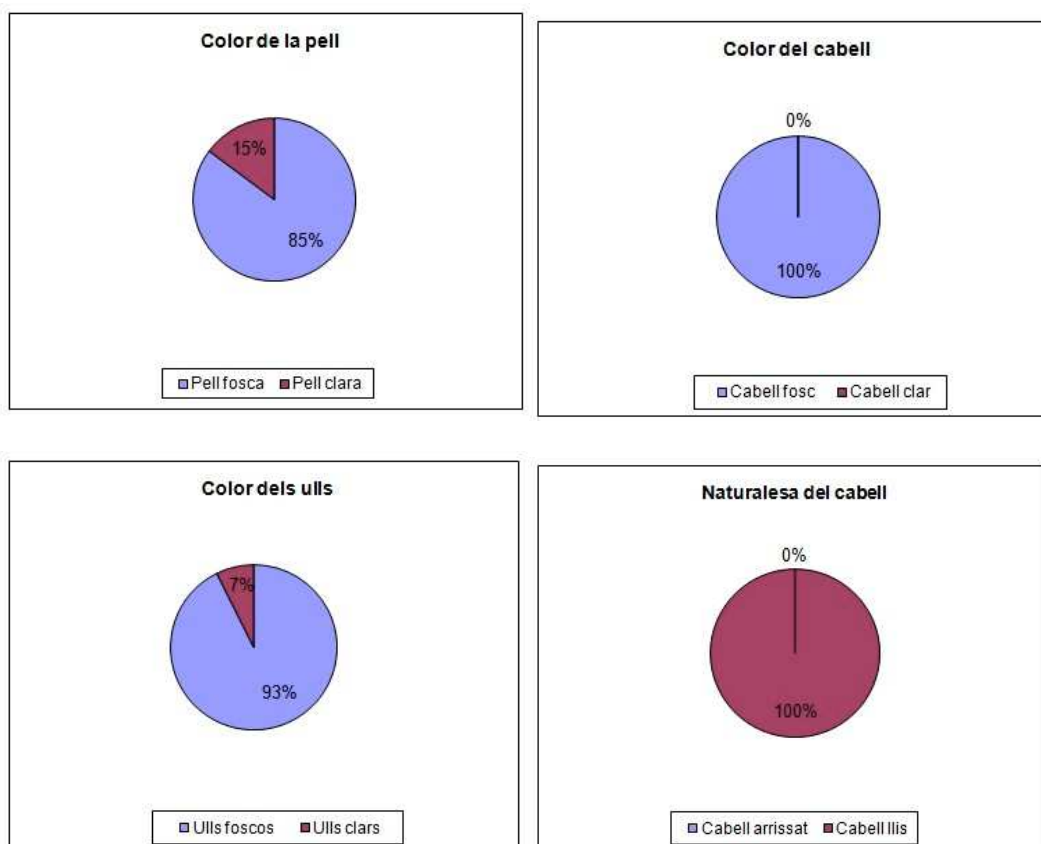


A partir de la informació que mostren aquests gràfics i de les característiques observables a simple vista dels alumnes xilens del centre, podem determinar que hi ha una uniformitat respecte aquests caràcters en aquesta població.

Així doncs, en general podem dir que els individus de Xile tendeixen a presentar força igualtat en referència al color de la pell, un predomini del cabell fosc, també dels ulls foscos i del cabell llis.

3.2.1.3. Àsia

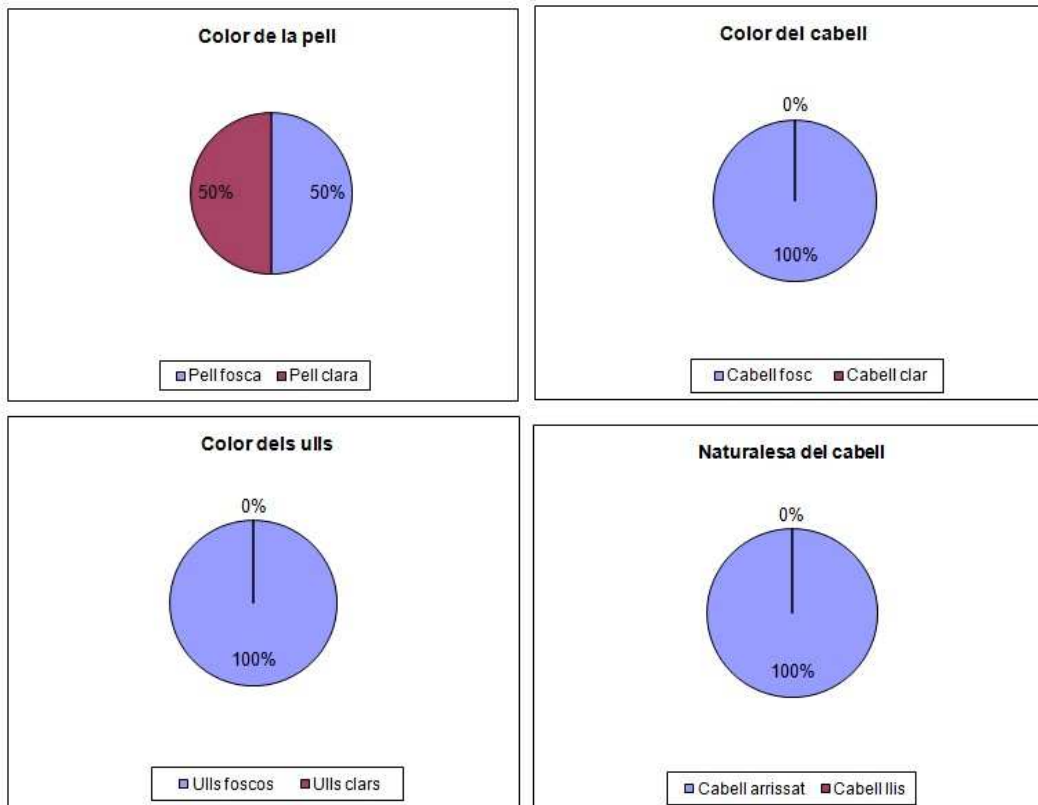
3.2.1.3.1. Índia



A partir de la informació que mostren aquests gràfics i de les característiques observables a simple vista dels alumnes hindús del centre, podem determinar que hi ha una uniformitat respecte aquests caràcters en aquesta població.

Així doncs, en general podem dir que els individus de l'Índia tendeixen a presentar la pell fosca, un predomini del cabell fosc, també dels ulls foscos i del cabell llis.

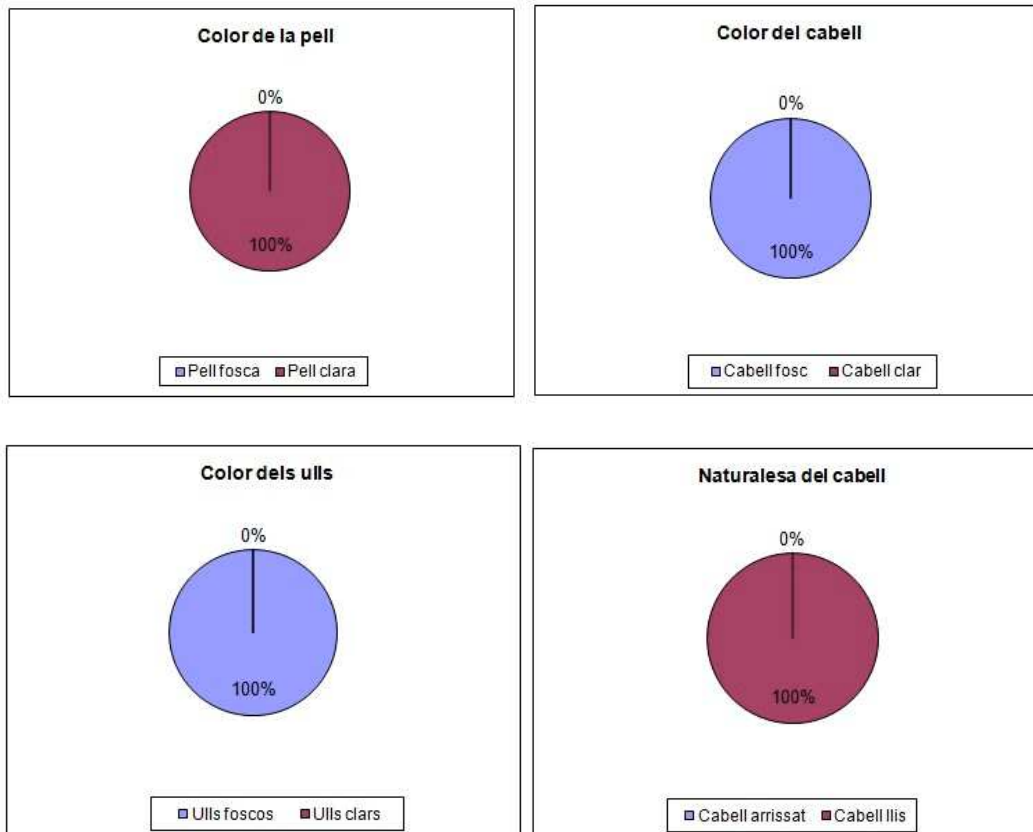
3.2.1.3.2. Turquia



A partir de la informació que mostren aquests gràfics, podem determinar que hi ha una uniformitat respecte aquests caràcters en la població turca.

Així doncs, en general podem dir que els individus de Turquia tendeixen a presentar força igualtat en referència al color de la pell, un predomini del cabell fosc, també dels ulls foscos i del cabell arrissat.

3.2.1.3.3. Xina

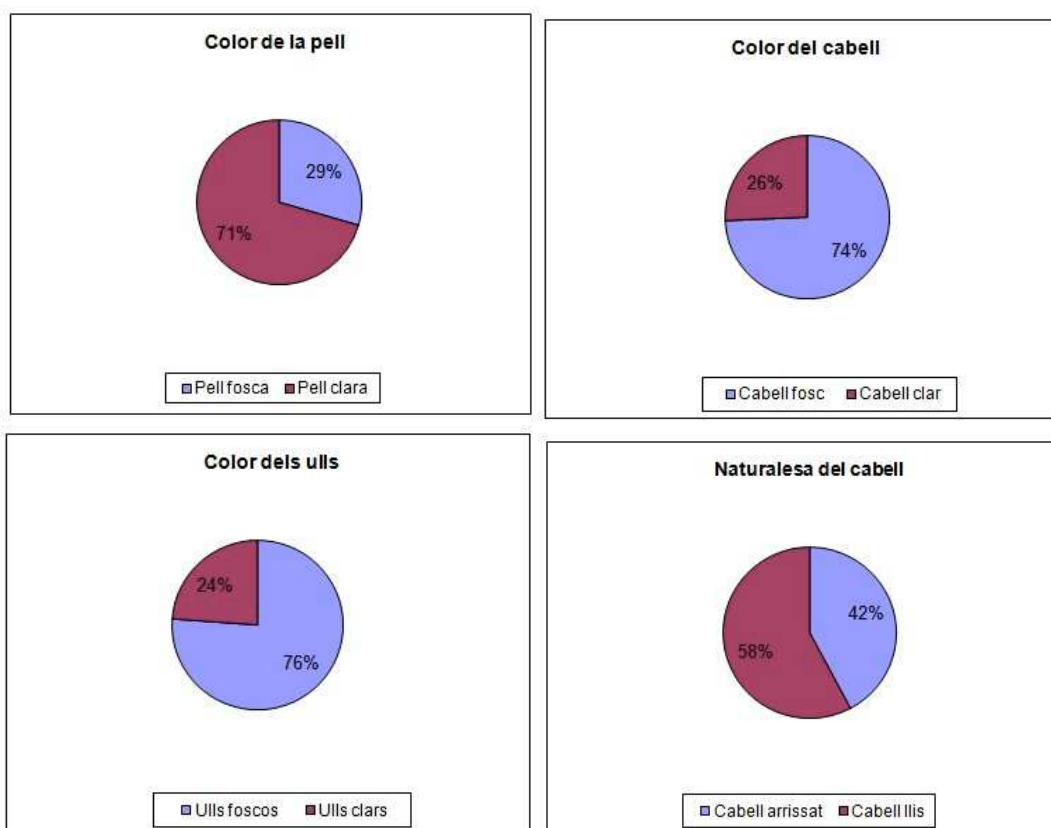


A partir de la informació que mostren aquests gràfics i de les característiques observables a simple vista dels alumnes xinesos del centre, podem determinar que hi ha una uniformitat respecte aquests caràcters en aquesta població.

Així doncs, en general podem dir que els individus de la Xina tendeixen a presentar un predomini de la pell clara, del cabell fosc, dels ulls foscos i del cabell llis.

3.2.1.4. Europa

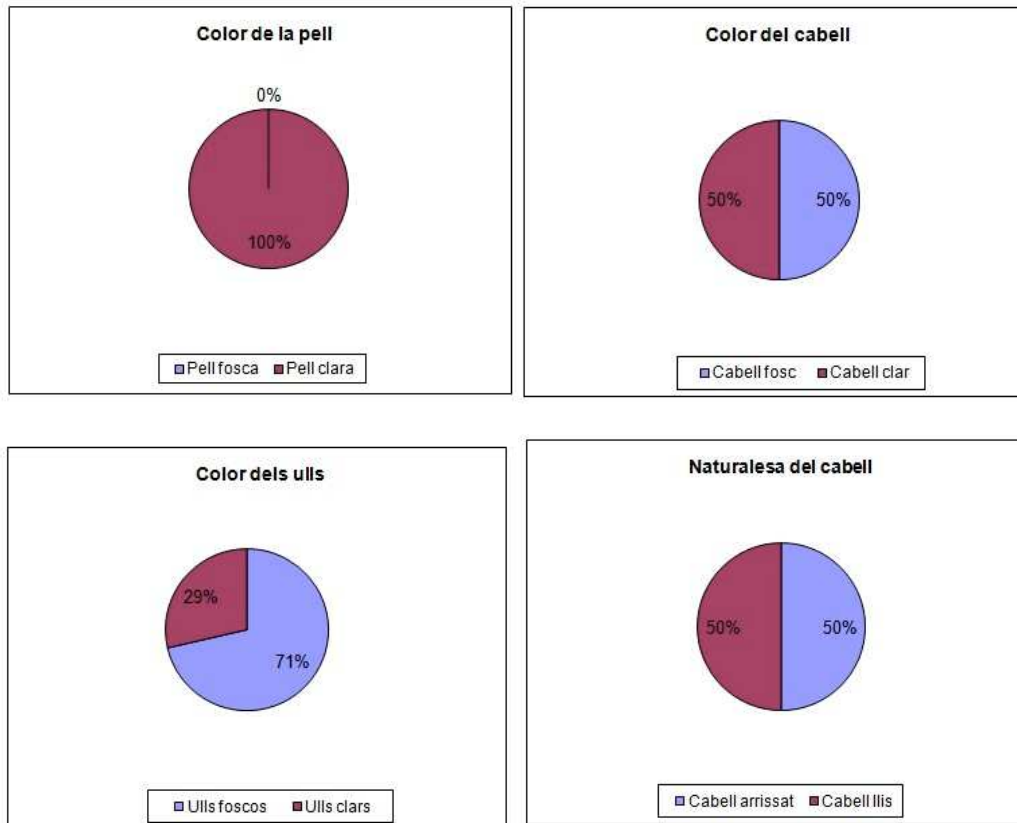
3.2.1.4.1. Catalunya



A partir de la informació que mostren aquests gràfics i de les característiques observables a simple vista dels alumnes catalans del centre, podem determinar que no hi ha una uniformitat respecte aquests caràcters en aquesta població.

En general podem dir que els individus de Catalunya presenten una gran heterogeneïtat respecte aquests caràcters, tot i que les tendències més clares són la pell clara, el cabell fosc, els ulls foscos i el cabell llis.

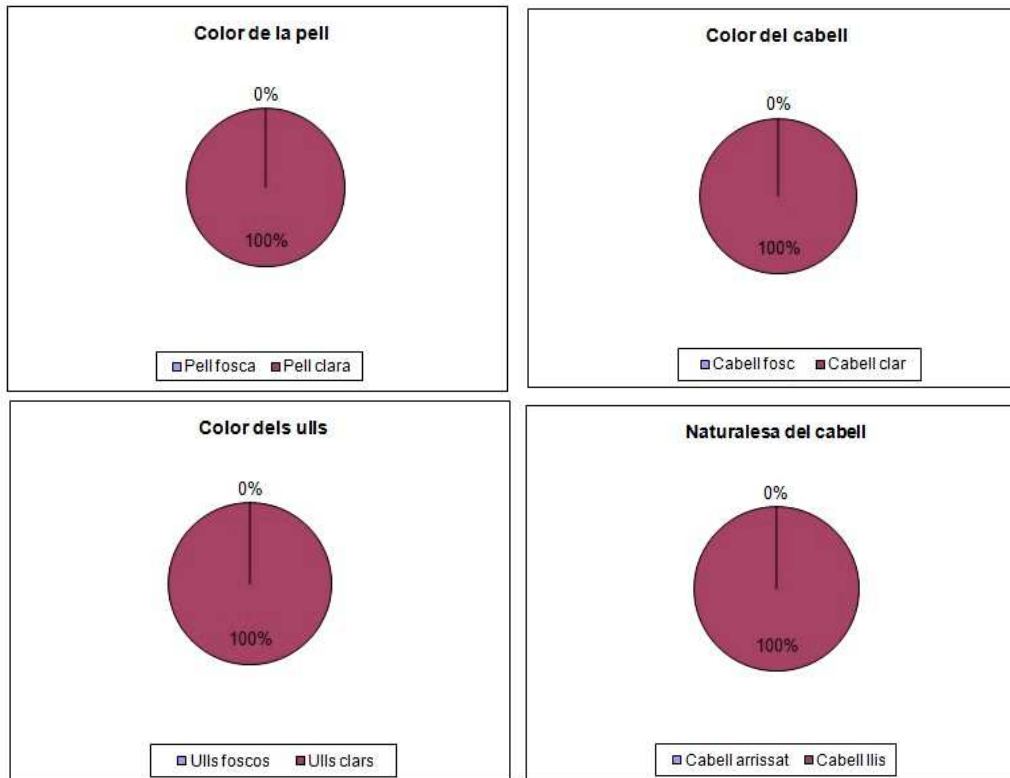
3.2.1.4.2. Finlàndia



A partir de la informació que mostren aquests gràfics, podem determinar que no hi ha una uniformitat respecte aquests caràcters en aquesta població.

En general podem dir que els individus de Finlàndia presenten una gran heterogeneïtat respecte aquests caràcters, tot i que les tendències més clares són la pell clara i els ulls foscos.

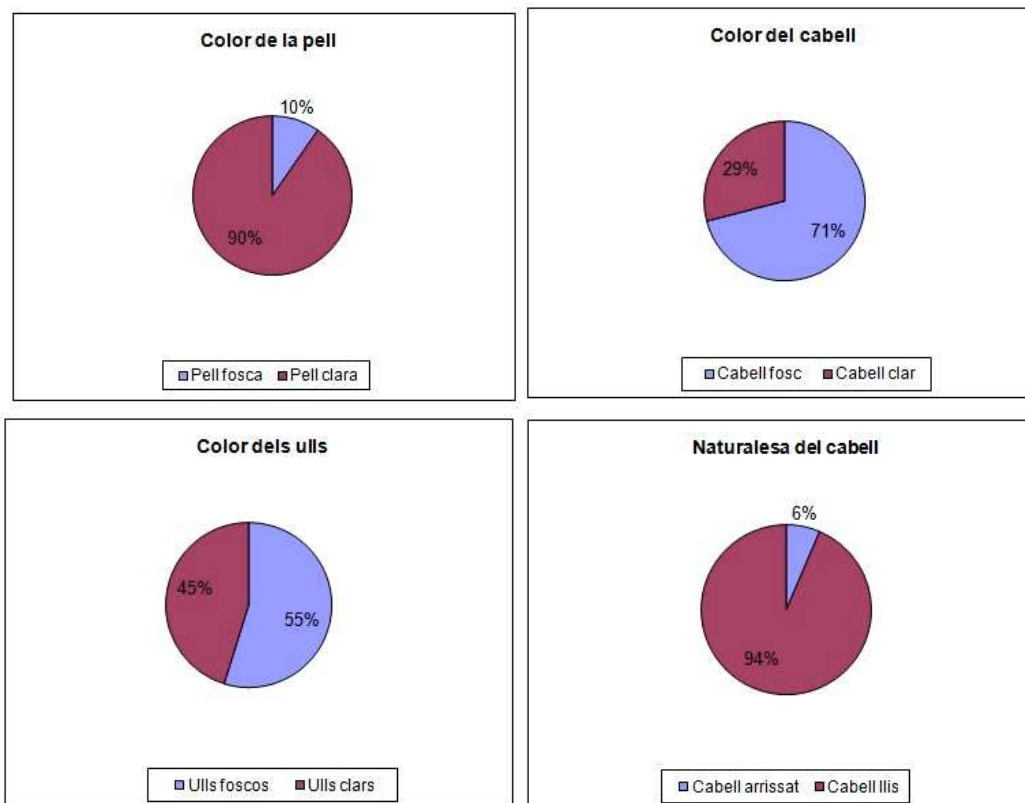
3.2.1.4.3. Polònia



A partir de la informació que mostren aquests gràfics, podem determinar que hi ha una uniformitat respecte aquests caràcters en aquesta població.

Així doncs, en general podem dir que els individus de Polònia presenten una gran homogeneïtat respecte aquests caràcters i, per tant, predomina la pell clara, el cabell clar, els ulls clars i el cabell llis.

3.2.1.4.4. Romania



A partir de la informació que mostren aquests gràfics i de les característiques observables a simple vista dels alumnes romanesos del centre, podem determinar que hi ha una uniformitat respecte aquests caràcters en aquesta població.

Així doncs, en general podem dir que els individus de Romania tendeixen a presentar un predomini de la pell clara, del cabell fosc, dels ulls foscos i del cabell llis.

3.3. ESPECULACIÓ SOBRE L'EVOLUCIÓ DE LES CARACTERÍSTIQUES ÈTNiques DE LA POBLACIÓ CATALANA EN UN FUTUR PROPER

3.3.1. Metodologia

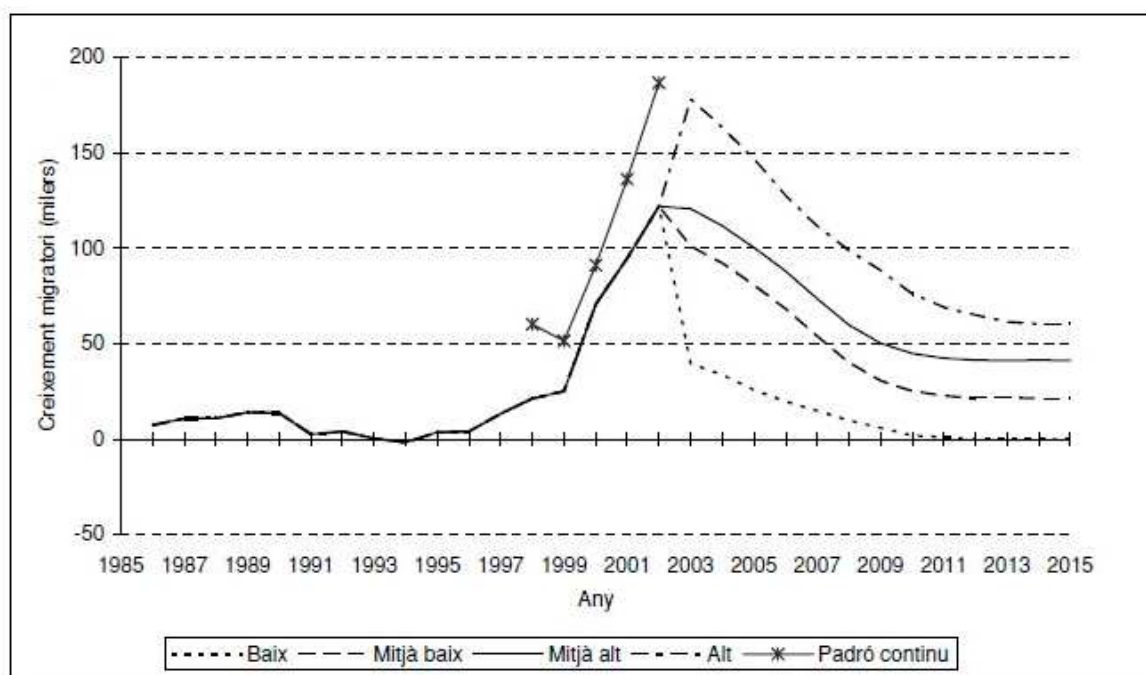
A partir de les característiques ètniques obtingudes en l'anàlisi dels arbres genealògics i de la informació extreta de l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT) he intentat fer una predicció de l'evolució de les característiques ètniques de la població catalana en un futur proper. Aquesta predicció no és rigorosa per diversos motius:

- La falta d'informació i de coneixements sobre el tema de la immigració i del càlcul de projeccions de futur.
- L'espai breu de temps de què dispojo per a fer el treball, ja que per a fer projeccions de futur es necessiten diversos anys de treball per tal d'anar comprovant si les prediccions es compleixen i fer petites modificacions si s'escauen.
- El fet que la informació obtinguda en els arbres genealògics no és representativa de tot un país ni tampoc d'una zona concreta degut a la petita quantitat d'individus estudiats.

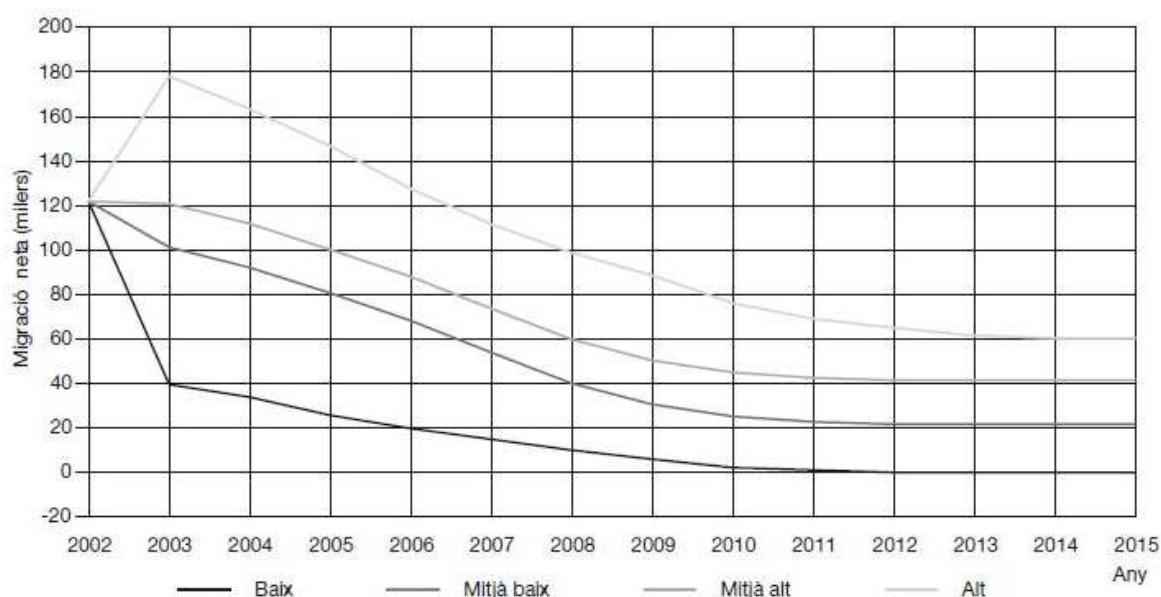
3.3.2. Obtenció i classificació d'informació

Tal com podem veure en els gràfics 1 i 2, el creixement migratori a Catalunya tendeix a disminuir, tot i que no es situa per sota de 0. Això vol dir que seguiran arribant immigrants a Catalunya, tot i que, teòricament, no amb tanta freqüència com fins ara.

Gràfic 1. Evolució del creixement migratori segons diferents escenaris. Catalunya. 1986-2015.



Gràfic 2. Migració neta projectada segons els quatre escenaris d'evolució. Catalunya. 2002-2015.



Aquesta davallada del creixement migratori es pot justificar per dues raons. En primer lloc, s'espera que la xifra d'entrades tendirà cap a valors més semblants als que es registren actualment en països i regions de la Unió Europea. A més, els saldos futurs seran més baixos perquè s'espera que, amb tota probabilitat, es

produirà un augment de la xifra de sortides cap a l'estranger. Tot i així, es constata una creixent presència d'estrangers d'Amèrica Llatina, especialment d'Equador, Colòmbia i Argentina, que han desplaçat la població estrangera procedent d'Europa.

En referència als matrimonis mixtos, que ens permetran deduir les característiques fenotípiques dels individus descendents d'aquests matrimonis, hem comparat dades dels anys 2005 i 2007 per veure una possible evolució o canvi de les tendències matrimonials i predir la nacionalitat o zona d'origen dels individus dels matrimonis mixtos que hi haurà en un futur proper.

L'any 2005 el 15% dels matrimonis celebrats a Catalunya foren mixtos i amb un predomini dels d'home català (espanyol) i dona estrangera.

Tal com veiem en la taula 1, el 50.1% dels matrimonis d'home català (espanyol) amb dona estrangera foren amb dones d'Amèrica del Sud, especialment de Colòmbia. Seguidament trobem els matrimonis entre home català (espanyol) i dona europea (però no de la Unió Europea (formada per 25 països)) amb un 19.1%, especialment de Romania; home català (espanyol) i dona d'Amèrica del Nord i Central, i, ja sense tanta importància, els matrimonis entre home català (espanyol) i dona de la Unió Europea.

Taula 1. Matrimonis de diferent sexe d'estrangers segons nacionalitats. Catalunya. 2005

	Home espanyol/ Dona estrangera		Dona espanyola/ Home estranger		Ambdós estrangers		Ambdós estrangers mateixa nacionalitat	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Unió Europea	257	8,9	350	20,6	233	15,5	49	4,9
Reste d'Europa	551	19,1	139	8,2	138	9,2	107	10,8
Àfrica	175	6,1	344	20,2	173	11,5	108	10,9
Amèrica del Nord i Central	349	12,1	168	9,9	59	3,9	29	2,9
Amèrica del Sud	1.447	50,1	597	35,1	833	55,3	669	67,2
Àsia i Oceania	111	3,8	99	5,8	68	4,5	32	3,2
No consta	1	0,0	2	0,1	1	0,1	1	0,1
Total	2.891	100,0	1.699	100,0	1.505	100,0	995	100,0

Font: Institut d'Estadística de Catalunya

Respecte als matrimonis entre dona catalana (espanyola) i home estranger, destaquen les nacionalitats d'Amèrica del Sud amb un 35.1%, especialment amb

homes de l'Argentina; de la Unió Europea amb un 20.6%, especialment amb italians i, finalment, els matrimonis entre dona catalana (espanyola) i home d'Àfrica amb un 20.2%, principalment amb homes marroquins.

L'any 2007 el 18% dels matrimonis celebrats a Catalunya foren mixtos i amb un predomini dels d'home català (espanyol) i dona estrangera.

Tal com veiem en la taula 2, el 45.1% dels matrimonis d'home català (espanyol) amb dona estrangera foren amb dones d'Amèrica del Sud, especialment del Brasil i de Colòmbia. Seguidament trobem els matrimonis entre home català (espanyol) i dona europea (però no de la Unió Europea (formada per 25 països)) amb un 16.4%, especialment de Rússia; home català (espanyol) i dona d'Amèrica del Nord i Central, i, ja sense tanta importància, els matrimonis entre home català (espanyol) i dona de l'Àfrica i de la Unió Europea.

Taula 2. Matrimonis d'estrangers de diferent sexe segons nacionalitats. Catalunya. 2007

	Home espanyol/ Dona estrangera		Dona espanyola/ Home estranger		Ambdós estrangers		Ambdós estrangers mateixa nacionalitat	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Unió Europea	298	8,8	300	15,6	280	17,7	44	4,8
Resta d'Europa	554	16,4	132	6,9	147	9,3	107	11,6
Àfrica	336	10,0	367	19,1	207	13,1	102	11,1
Amèrica del Nord i Central	548	16,3	287	15,0	96	6,1	59	6,4
Amèrica del Sud	1.520	45,1	669	34,9	772	48,8	585	63,7
Àsia i Oceania	117	3,5	162	8,5	80	5,1	22	2,4
No consta	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	3.371	100,0	1.917	100,0	1.582	100,0	919	100,0

Font: Institut d'Estadística de Catalunya

Respecte als matrimonis entre dona catalana (espanyola) i home estranger, destaquen les nacionalitats d'Amèrica del Sud amb un 34.9%, especialment amb homes de l'Argentina; de l'Àfrica amb un 19.1%, especialment amb marroquins i, finalment, els matrimonis entre dona catalana (espanyola) i home de la Unió Europea amb un 15.6%, principalment amb homes italians.

Així doncs, veiem que el nombre de casaments mixtos a Catalunya ha augmentat i que hi ha diferències entre les nacionalitats dels individus estrangers que formen part d'aquests matrimonis. Aquestes són:

- Nacionalitats predominants de les dones estrangeres que es casen amb homes autòctons: Amèrica del Sud (predomini de nacionalitat colombiana i brasilera) i resta d'Europa (predomini de nacionalitat romanesa i russa).
- Nacionalitats predominants dels homes estrangers que es casen amb dones autòctones: Amèrica del Sud (predomini de nacionalitat argentina), Àfrica (predomini de nacionalitat marroquina) i Unió Europea (predomini de nacionalitat italiana).

Per altra banda, l'aïllament cultural d'alguns dels demes estudiats (l'exemple més clar és el dels individus procedents de la Xina), tot i no influir en les característiques de la població catalana en un futur proper, també cal tenir-los en compte, ja que han creat i seguiran creant petits demes allunyats del deme originari o del país d'origen i, per tant, mantindran les seves característiques.

3.3.3. Predicció

A partir de les informacions de l'apartat anterior, podem deduir que l'arribada d'immigrants s'anirà reduint amb el pas dels anys i, per tant, la proporció d'immigrants dins la població catalana no augmentarà gaire.

Per altra banda, els matrimonis mixtos tendiran a ser més comuns, tot i que amb l'estancament de l'arribada d'immigrants, a llarg termini també s'estancaran. El més probable és que les nacionalitats dels individus estrangers que formen part dels matrimonis mixtos no variïn i, per tant, segueixin dominant les nacionalitats sud-americanes i europees en les dones, i les nacionalitats sud-americanes, africanes i europees en els homes estrangers.

Per tant, els individus descendents d'aquests matrimonis mixtos tendiran a presentar, per una banda, els fenotips pell fosca, cabell fosc, ulls foscos i cabell arissat si són fruit de l'encreuament en els quals un individu és de nacionalitat sud americana o bé africana. Per altra banda, si els descendents dels matrimonis

mixtos són fruit de l'encreuament en els quals un individu és de nacionalitat europea o bé de països d'Amèrica del Sud on els individus estan caracteritzats per fenotips molt semblants als europeus (Argentina i Xile), presentaran els fenotips pell clara, cabell fosc, ulls foscos i igualtat entre cabell llis i cabell arrissat.

Així doncs, a grans trets, podem dir que la població catalana en un futur proper tendirà a presentar una dominància dels al·lels dominants que desembocarà en la lenta desaparició dels fenotips característics d'individus amb poca pigmentació (pell clara, cabell clar i ulls clars).

4. CONCLUSIONS

Per tal de concloure aquest treball hem de recuperar els objectius del mateix. Aquests són: estudiar l'herència de certs caràcters en famílies de diferents llocs del món; determinar les característiques fenotípiques d'aquestes famílies i, per extensió, de diferents poblacions del món, i fer una especulació sobre l'evolució de les característiques fenotípiques de la població catalana tenint en compte les conseqüències de la immigració.

A partir de tota la informació obtinguda he pogut determinar que els caràcters estudiats (referents al color de la pell, color del cabell, color dels ulls i naturalesa del cabell) segueixen les lleis de l'herència postulades per Mendel. A més, l'estudi d'aquests caràcters en diferents llocs del món, m'ha permès demostrar científicament els trets fenotípics de les diferents poblacions que tots veiem a simple vista.

Tota aquesta gran heterogeneïtat dels diferents demes sorgí durant el procés d'evolució de l'*Homo sapiens*. Aquest, tal com s'ha explicat anteriorment, residia a l'Àfrica i, per tant, la població era homogènia. La seva posterior expansió (i gràcies a l'aïllament geogràfic, l'efecte fundador i la manca de panmixi) donà lloc a la variabilitat genètica actual, que implicà una heterogeneització de l'espècie humana.

Avui en dia, els demes són homogenis, però els fenòmens migratoris permeten que els individus de diferents demes entrin en contacte. Aquest fet comporta el procés contrari al que es va donar antigament: tot i que l'ésser humà seguirà sent molt heterogeni respecte les característiques fenotípiques, els demes s'aniran heterogeneitzant i, per tant, aniran desapareixent progressivament.

Així doncs, tenint en compte el fenomen de la immigració i dels matrimonis mixtos a Catalunya, el més probable és que les nacionalitats dels individus estrangers que formin part d'aquests matrimonis en un futur proper siguin les sud-

americanes i europees en les dones, i les nacionalitats sud-americanes, africanes i europees en els homes estrangers.

D'aquestes nacionalitats, predominen les que tenen freqüències al·lèliques més elevades pel que fa als al·lèls dominants i, per tant, podem dir que la població catalana en un futur proper tendirà a presentar una dominància dels al·lèls dominants, que desembocarà en la lenta desaparició dels fenotips característics d'individus amb poca pigmentació (pell clara, cabell clar i ulls clars).

En resum, l'elaboració d'aquest treball m'ha servit per ampliar els meus coneixements sobre genètica, per aprendre a elaborar un treball (com fer l'estructura, com buscar la informació, com redactar allò que penso, etc.) i per a despertar encara més la meva curiositat sobre els fenòmens d'herència dels caràcters en els humans.

5. ANNEXOS

5.1. ANNEX 1: Incomprensió de les lleis de Mendel

El fet que els resultats obtinguts no fossin reconeguts per la resta de científics de l'època es va deure a:

- En primer lloc, els biòlegs estaven interessats en la transmissió de característiques que es podien mesurar en una escala contínua i, per tant, buscaven lleis hereditàries que expliquessin aquesta variació contínua. En canvi, Mendel suggerí que les característiques heretades eren discretes i constants (regides per una variació discontinua).
- En segon lloc, no existia cap element físic amb el qual es poguessin identificar les partícules hereditàries de les que parlava Mendel.
- En tercer lloc, Mendel treballà amb grans números de descendents i convertí els seus números en proporcions. Per als biòlegs d'aquella època la ciència era molt descriptiva i, per tant, no estaven familiaritzats amb els instruments matemàtics.
- Finalment, Mendel no era gaire conegut dins la comunitat científica i aquesta no es deixà convèncer.

5.2. ANNEX 2: Els redescobridors de les lleis de Mendel

5.2.1. Hugo de Vries



Hugo de Vries

Un dels tres investigadors que redescobriren les lleis de Mendel fou l'holandès Hugo de Vries (1848-1935). Aquest nasqué a Haarlem (Holanda) i estudià a les universitats de Leiden, Heidelberg i Würzburg abans de ser nomenat professor de botànica a la Universitat d'Amsterdam l'any 1878.

En començar la seva carrera científica, s'interessà en els fenòmens de dissolució del protoplasma cel·lular en les cèl·lules vegetals i els resultats obtinguts els publicà en un llibre anomenat *Pangènesi intracel·lular*.

No fou fins l'any 1900 que, al redescobrir les lleis d'hibridació de Mendel, publicà els seus primers treballs sobre el tema, reconeixent el mèrit dels resultats obtinguts per l'abat. Entre les seves aportacions científiques destaca el descobriment de les mutacions i la publicació del llibre *Teoria de la mutació*. L'any 1918 hagué d'abandonar la Universitat d'Amsterdam a causa de l'edat, tot i que no deixà de banda la investigació fins a la fi dels seus dies.

De Vries havia començat una sèrie d'experiments al voltant de l'any 1876 amb l'objectiu d'explicar la variabilitat i la hipòtesi pangènica de Darwin. És per això que concentrà els seus esforços en l'estudi de la suposada activitat intracel·lular durant la transmissió dels caràcters a la descendència, constatant que tot el món orgànic era resultat de les innumbrables combinacions d'un número relativament petit de factors. Després d'analitzar un gran nombre d'experiències va concloure que un híbrid només porta un dels caràcters antagònics, que correspon al caràcter d'un dels pares, i que com que durant la formació de pol·len i d'òvuls els dos caràcters es separen, la majoria es regeixen

per lleis simples de probabilitat. Aquests i d'altres resultats foren publicats en forma de llibres i en un d'ells hi apareix el seu reconeixement públic a la feina de Mendel tot remarcant que, quan ell tingué notícia dels experiments de l'abat, ja havia completat la majoria de les seves experiències i n'havia extret les conclusions publicades en els seus llibres.

5.2.2. Carl Correns

Un altre dels investigadors que redescobriren les lleis de Mendel fou l'alemany Carl Correns (1864-1933). Aquest nasqué a Munic, estudià botànica, química i física a les Universitats de Munic i Graz i es doctorà l'any 1899.

L'any 1892 començà els seus estudis sobre plantes i fou nomenat Cap de Treballs Pràctics de la Universitat de Tübingen. En els seus experiments amb plantes de cultiu, obtingué els mateixos resultats que De Vries, tot i que, al descobrir la regularitat dels fenòmens i la seva explicació, pensà que havia esbrinat alguna cosa nova.



Carl Correns

Interessat en la relació dominant-recessiu, experimentà amb diverses espècies fins a suggerir la Teoria de l'absència i la presència (1903) que havia observat en els seus experiments amb *Mirabilis jalapa* i que poc temps després donaria lloc al coneixement de l'herència intermèdia.

Durant els últims 20 anys de la seva vida dirigí l'Institut de Biologia Kaiser Wilhelm de Berlín. Morí l'any 1933 i, per desgràcia, la major part dels seus treballs es perderen a causa dels bombardeigs de l'any 1945 (durant la Segona Guerra Mundial) a la ciutat de Berlín.

5.2.3. Erich Tschermak-Seysenegg

El tercer dels investigadors redescobridors de les lleis de Mendel fou Erich Tschermak-Seysenegg (1871-1962). Nasqué a Viena i estudià agricultura a l'Escola Superior de Cultius Agrícoles a la Universitat de Viena. Entre els anys 1893 i 1895 estudià botànica a la Universitat de Halle-Wittenberg i obtingué el doctorat.

L'any 1900 publicà els resultats de les seves investigacions amb *Pisum sativum*, que eren molt similars a les de Mendel. Les seves feines més destacades foren: professor de l'Escola Superior de Cultius Agrícoles de Viena (1900), ajudant de la càtedra de producció vegetal (1902), catedràtic de fitogenètica a l'Escola Superior de Cultius Agrícoles fins que aconseguí la càtedra de botànica a la Universitat de Viena (1909). Considerat l'iniciador de la fitogenètica a Àustria, morí a Viena l'any 1962.



Erich Tschermak-Seysenegg

5.3. ANNEX 3: Defensors i opositors de les lleis de Mendel durant el segle XX

Tot i la redescoberta de les lleis de Mendel i de les publicacions dels tres investigadors ja citats, els biòlegs no acceptaren immediatament l'esquema mendelià. Durant la primera dècada del segle XX, alguns científics mostraren escepticisme vers les noves lleis de l'herència, que es negaren a admetre mentre no n'existissin proves concloents.

Per una banda, els biometristes anglesos es convertiren en els principals opositors de les lleis mendelianes, mentre que, per altra banda, William Bateson es convertí en el defensor més decidit del mendelisme a Anglaterra. Aquest posà a prova la teoria de Mendel tant en vegetals com en animals i els resultats obtinguts, tot i que presentaren lleugeres modificacions, en reafirmaren la seva validesa.

Així, l'any 1902 publicà el seu llibre *Els principis de l'herència de Mendel* (*Mendel's principles of Science*) responent a les objeccions dels biometristes. Aquest i d'altres treballs de Bateson serviren per a incrementar la polèmica respecte la validesa o no validesa de la teoria mendeliana, que culminà amb la convocatòria d'una reunió de la Societat Britànica per a l'Avenç de la Ciència (British Association for the Advancement of Science). En aquesta reunió, els sòlids arguments de Bateson convenceren la majoria dels assistents i d'aquesta manera aconseguí que la teoria mendeliana fos considerada una explicació vàlida de l'herència.

Un altre defensor de les teories mendelianes fou Walter S. Sutton (1877-1916) que suggerí que els cromosomes (orgànuls nuclears descoberts per Eduard Strasburger y Walter Flemming l'any 1875) podien ser els portadors dels factors hereditaris dels quals parlava Mendel.

Per altra banda, un dels biòlegs que més s'oposà a les lleis de Mendel fou Thomas Hunt Morgan (1866-1945) que, anys més tard, rebé el premi Nobel de

Medicina per demostrar la validesa dels principis mendelians en la teoria general de l'herència (l'any 1933).

5.3.1. Thomas Hunt Morgan

Morgan nasqué a Lexington (Kentucky, Estats Units) i estudià ciències naturals a la Universitat John Hopkins de Baltimore. Després, treballà en temes relacionats amb els invertebrats marins i feu uns quants viatges a Europa abans de dedicar-se a la investigació genètica.



Thomas Hunt Morgan

A partir de l'any 1904 fou professor de zoologia experimental a la Universitat de Colúmbia a Nova York i pels voltants del 1908 començà els seus experiments amb la mosca de la fruita (*Drosophila melanogaster*). Treballà intensament amb els seus col·laboradors per tal de trobar els fonaments materials de l'herència, però compregué que aquesta es devia als gens que anaven en cada un dels cromosomes i, per tant, formulà la teoria cromosòmica de l'herència, on atribueix als cromosomes el paper fonamental de la transmissió dels caràcters hereditaris. Tot això ho exposà en *La teoria del gen*.

Morgan fou nomenat professor de zoologia de la Universitat de Califòrnia i treballà a l'Institut Tecnològic de Califòrnia (a Pasadena) fins a la seva mort l'any 1945. Anys abans, el 1933, rebé el Premi Nobel de Medicina i Fisiologia per la importància de les seves investigacions sobre genètica humana. És per això que, per a molts, Morgan és considerat el pare de la genètica experimental moderna.

Tot i així, al començament creia que els principis de la teoria mendeliana no eren vàlids i es basava en:

- En primer lloc, no s'havia provat la seva validesa en la majoria dels organismes, especialment en els animals.

- En segon lloc, la dominància i recessivitat no explicaven l'herència del sexe en la proporció un a un.
- En tercer lloc, les categories dominant i recessiu no sempre es mostraven nítidament, sinó que de vegades apareixien descendents que presentaven caràcters intermedis.
- Finalment, ningú havia pogut demostrar que existissin els factors mendelians.

Però Morgan, que des de l'any 1908 criava al seu laboratori de la Universitat de Colúmbia la mosca de la fruita (*Drosophila melanogaster*), observà que entre el conjunt de la seva població de *Drosophiles* d'ulls vermells havia aparegut un individu amb els ulls de color blanc. En encreuar aquesta mosca mutant amb una femella normal d'ulls vermells, obtingué híbrids que, d'acord amb el patró mendelià, manifestaven el caràcter dominant. Seguidament, encreuà entre si híbrids d'aquesta primera generació, però no obtingué cap femella amb els ulls de color blanc. Aquest fet podia ser degut a una altra pauta dels mecanismes de l'herència: l'herència lligada al sexe.

Llavors, s'esforçà en trobar alguna explicació dels resultats obtinguts. A part dels resultats de Mendel, sabia que el número de cromosomes que contenia cada una de les cèl·lules d'un individu d'una espècie determinada era constant, ja que Van Beneden havia anunciat la llei de la constància numèrica dels cromosomes l'any 1883; coneixia el mecanisme de la divisió nuclear; tenia accés als treballs citològics sobre la determinació del sexe efectuats per Edmund B. Wilson (1856-1939) i Nettie M. Stevens (1861-1912) durant els anys 1904 i 1905, en els quals s'havia demostrat que una parella de cromosomes (anomenats accessoris) era estructuralment diferent de la resta de les parelles de cromosomes i que aquesta parella estava associada a l'herència del sexe.

A partir de l'any 1910, Morgan donà a conèixer que el factor corresponent al color dels ulls de la *Drosophila* està lligat a la parella de cromosomes

accessoris, és a dir, lligat al sexe. Així explicà que quan s'encreua un mascle d'ulls blancs amb una femella d'ulls vermells, tota la primera generació (F_1) presenta els ulls vermells, però en la segona generació (F_2) apareixen tres individus d'ulls vermells per cada individu d'ulls blancs, tenint en compte que tots els que tenen ulls blancs són mascles.

Entre els anys 1911 al 1915, Morgan obtingué resultats espectaculars en la localització topogràfica dels factors estudiats en els cromosomes. L'any 1911 proposà que era possible ordenar els factors mendelians en línia recta sobre el cromosoma, de manera que es podien determinar les distàncies relatives que hi havia entre uns i altres. L'any 1915 publicà el llibre *El mecanisme de l'herència mendeliana* (*The mechanism of Mendelian heredity*) on sintetitzà tota la informació que havia obtingut durant els experiments realitzats amb *Drosophila*. En aquest llibre s'hi exposen les bases de la teoria mendeliana en el món animal i vegetal, s'afirma que els factors de Mendel eren unitats físiques situades sobre els cromosomes, que cada un d'ells corresponia a una unitat discreta i separable de la resta, i que els factors que estaven sobre el mateix cromosoma es transmetien junts.

La redescoberta de les lleis portà a molts científics a investigar sobre els factors mendelians, ja que eren els responsables de l'herència dels caràcters, fins que l'any 1909 el danès Wilhelm Ludwig Johannsen va proposar el nom de gen per denominar la unitat de l'herència biològica. Aquest fet apareix en el seu llibre *Elements de la teoria científica de l'herència* (*Elemente der exacten Erblchkeitslehre*).

Així doncs, allò que estableix la teoria cromosòmica de l'herència és que els gens estan alineats en els cromosomes i que es reparteixen en tants subconjunts com número de cromosomes tingui l'espècie.

A Johannsen també se li atribueix la distinció feta l'any 1911 entre el genotip i el fenotip. El primer fou definit com allò que l'organisme podia transmetre

a la següent generació, i el segon, com l'expressió dels caràcters en l'individu adult.

Tornant a Morgan, cal destacar les seves publicacions dels llibres *La base de la física de l'herència* (*The physical basis of heredity*) l'any 1919 i *La teoria del gen* (*The theory of the gene*) l'any 1926, que tractaven sobre els aspectes conceptuals de la teoria mendeliana prenent com a referència els recents descobriments sobre la divisió cel·lular, i que foren molt importants per al desenvolupament posterior de la genètica.

En pocs anys, i després de les investigacions amb *Drosophila*, Morgan havia canviat totalment de pensament, passant de ser un dels opositors de la teoria mendeliana a ser-ne un dels principals defensors.

5.4. ANNEX 4: Demostració de la veracitat de les lleis de Mendel

Durant aquest segle i l'anterior, s'han enunciat gran quantitat d'arguments que confirmen la teoria de l'herència de Mendel. Tot i així, una detallada anàlisi del les seves publicacions ha donat indicis que Mendel evità informar de l'herència dels caràcters que no mostraven segregació independent i que retocà alguns números. Ambdues acusacions són difícils d'ignorar a primera vista, però poden ser raonablement contrastades.

La primera acusació, que Mendel no informà sobre els encreuaments que implicaven caràcters de transmissió no independent, sorgeix a partir de l'observació del fet que els set caràcters estudiats per Mendel presentaven segregació independent i que l'espècie *Pisum sativum* posseeix exactament set parells de cromosomes. La possibilitat que Mendel escollís a l'atzar set gens, cadascun d'ells situat en un dels set cromosomes, sembla altament improbable. De fet, aquesta probabilitat seria:

$$\frac{7}{7} \times \frac{6}{7} \times \frac{5}{7} \times \frac{4}{7} \times \frac{3}{7} \times \frac{2}{7} \times \frac{1}{7} = 0,006$$

Això indica que la probabilitat que Mendel escollís els set caràcters a l'atzar en set cromosomes diferents és inferior a l'1%. No obstant això, Douglas i Novitski, l'any 1977, analitzaren els resultats de Mendel des d'un altre punt de vista. Segons ells, Mendel podria haver escollit dos gens situats en un mateix cromosoma i que presentessin segregació independent. Per tant, la probabilitat d'escollir a l'atzar set caràcters que segreguin de manera independent es troba entre un 25% a un 33,3%. D'aquesta manera, Mendel no tingué necessitat de manipular l'elecció dels caràcters per tal d'encobrir la falta de segregació independent.

La segona acusació, que Mendel manipulà els resultats, prové d'una anàlisi detallada de les seves publicacions dut a terme per R. A. Fisher, un brillant estadístic anglès i genètic de poblacions. En el seu article publicat l'any 1936,

Fisher donà a conèixer alguns problemes observats en els resultats de Mendel. Un d'ells era el fet que les proporcions esperades per Mendel eren millors que les que es poden esperar a l'atzar. És per això que Fisher, confiant en la honestedat de Mendel, suggerí que els seus resultats no representaven exactament un experiment, sinó més aviat una demostració. L'any 1971, Weiling proposà una explicació més convincent en defensa de Mendel. Després de remarcar que els resultats dels redescobridors de les lleis de Mendel són també sospitosos per la mateixa raó, suggerí que el problema radica en el procés de formació del pol·len de les plantes, no en els investigadors. A partir d'un heterozigot Gg s'obtenen dos gàmetes G i dos gàmetes g. Aquests acostumen a romandre junts en les anteres de les flors i, per tant, una abella té una major probabilitat de prendre el mateix nombre de gàmetes G i g del que s'esperaria a l'atzar. La conseqüència és que les estadístiques utilitzades per Fisher no són aplicables. Utilitzant unes estadístiques diferents, Weiling demostrà que no fou necessari que Mendel ni els redescobridors de les seves lleis fessin cap tipus de manipulació per tal que els resultats s'ajustessin tan bé a les proporcions esperades.

Per tant, podem concloure que no hi ha proves convincents per a suposar que Mendel manipulés els seus resultats per tal de demostrar les seves lleis. De fet, tenint en compte el que se sap sobre ell com a persona, és molt més lògic que no "fes trampes".

5.5. ANNEX 5: Glossari 1

La llei de l'equilibri de poblacions de Hardy-Weinberg estableix que en una població prou gran en què els individus s'encreuen a l'atzar, sense mutacions, ni migracions, ni selecció natural i sense deriva genètica, les freqüències gèniques i genotípiques no varien de generació en generació, per tant, la població no evoluciona.

Així doncs, l'equilibri genètic no es compleix quan sobre una població hi incideixen alguns factors determinats que l'alteren. Aquests són:

- **Mutació:** canvi en la seqüència de l'ADN, que pot ser gènica o cromosòmica. Les mutacions gèniques afecten un o diversos parells de nucleòtids que pertanyen a un sol gen i com a resultat donen formes alternatives d'aquell gen. Per altra banda, les mutacions cromosòmiques poden afectar l'estructura, si es deuen a una doble ruptura de la doble hèlix d'ADN, o bé afectar el nombre de cromosomes, si es deuen a errors produïts durant la meiosi i que poden afectar tots els cromosomes (euploïdia) o una part dels cromosomes (aneuploïdia).

La mutació que es produeix en les poblacions s'estudia a partir de la taxa de mutació, que és la probabilitat que té un al·lel A de canviar per mutació a una al·lel a o viceversa en una generació. Com que les taxes de mutació són molt baixes, la mutació només pot ser causant de l'evolució de les poblacions si persisteix durant un període prou llarg de temps en una població de grandària constant.

- **Recombinació:** intercanvi de material genètic dels cromosomes que es produeix durant la meiosi i que dóna lloc a la diversitat de cromosomes que, en d'altres fases de la meiosi, es distribuïran a l'atzar. Aquesta distribució a l'atzar és la causa de l'aparició de nombrosos genotips diferents.

- **Selecció:** conjunt de mecanismes que afecten l'èxit reproductor d'un genotip en una espècie. En general, parlem de selecció natural quan fem

referència a aquest mecanisme evolutiu. Així doncs, la selecció natural provoca l'acumulació de característiques favorables en relació amb el medi en què els organismes viuen (representades per gens eficaços) i la desaparició de les característiques desfavorables (representades per gens salvatges) al llarg de les generacions. Depenent de l'acció de la selecció natural sobre un caràcter determinat, en podem diferenciar tres tipus:

- Direccional: afavoreix els individus amb un valor extrem d'un caràcter determinat, per exemple, els animals de color fosc de pèl o bé de color clar.
- Disruptiva: afavoreix simultàniament els individus amb valors més extrems d'un caràcter determinat, per exemple, els animals de color fosc de pèl i també els de color clar.
- Estabilitzadora: afavoreix els individus amb valors mitjans d'un caràcter determinat.

En general, la selecció natural provoca una homogeneïtzació de la població que té com a conseqüència un empobriment del fons genètic, ja que en cas que canviïn les condicions del medi no hi haurà genotips que s'hi adaptin.

• **Migració:** flux d'individus entre diferents poblacions d'una mateixa espècie que pot ser de dos tipus:

- Immigració: fa referència a la introducció d'individus procedents d'altres poblacions en una població.
- Emigració: fa referència a la sortida d'individus propis d'una població.

Ambdós processos comporten una variació de gens (guany en el primer cas i pèrdua en el segon) que es reflecteixen en la variació de la freqüència genètica de la població.

- **Deriva genètica:** variació de les freqüències al·lèliques d'una població com a conseqüència d'un error de mostreig. És a dir, que els al·lèls que passen a la descendència no són tots els presents en la població (al·lèls representatius). Aquest mecanisme evolutiu sol afectar petites poblacions formades per emigració. En aquests casos, un grup petit de la població se'n separa i, per tant, les seves característiques influiran més en els descendents que si fossin en la població inicial (completa i variada). Aquest fet, conegut com a efecte fundador, provoca la diferent evolució d'una població.

Un exemple de l'efecte d'aquest mecanisme evolutiu en els humans el trobem en els Amish, una comunitat religiosa molt conservadora dels Estats Units els individus de la qual presenten molt freqüentment la combinació homozigòtica d'un gen que provoca nanisme i polidactília. Això es deu al fet que un dels seus dotze fundadors era portador d'aquest gen i, en aïllar-se de la resta de la població, es transmeté a més descendents que no pas si la població en la que es trobava hagués sigut més completa i variada.

- **Magnitud de l'heterozigosi:** el fet que la majoria de la població sigui heterozigota provoca una eficàcia biològica més gran, és a dir, hi ha tant al·lèls dominants com recessius i, per tant, els descendents d'aquesta població poden presentar tots els genotips possibles.

- **Manca de panmixi:** té lloc quan els individus no s'aparellen a l'atzar. Aquest fet és freqüent a la natura, ja que sovint els organismes es reproduïxen preferentment amb altres, basant-se en criteris d'atractiu, diferents dels que afavoreixen la seva supervivència. Així s'origina la selecció sexual.

5.6. ANNEX 6: Glossari 2

- **Fenotip:** conjunt de manifestacions de caràcters que es poden observar.
- **Genotip:** conjunt de gens heretats.
- **Homozigot:** individu que conté dos al·lels iguals d'un gen determinat.
- **Heterozigot:** individu que conté dos al·lels diferents d'un gen determinat.
- **Al·lel dominant:** una de les variables d'un gen que s'expressa i determina la manifestació externa d'un caràcter en un individu. Aquest al·lel es representa amb una lletra majúscula (exemple: A).
- **Al·lel recessiu:** una de les variables d'un gen que no s'expressa externament tot i ser-hi. Aquest al·lel es representa amb una lletra minúscula (exemple: a).
- **Caràcter qualitatiu:** caràcter en què l'expressió es basa simplement en la presència o absència d'una característica determinada o que es pot presentar en un nombre limitat i discret de varietats.
- **Caràcter quantitatiu:** caràcter que presenta un rang de variabilitat continu més o menys ampli.
- **Herència dominant:** tipus d'herència en la qual la descendència obtinguda a partir de dos individus homozigots presenta el fenotip i el genotip d'un dels progenitors.

- **Herència intermèdia:** relació que es dona quan el fenotip d'un individu és una barreja de les característiques produïda pels dos al·lels heretats dels seus progenitors. Un exemple d'herència intermèdia el trobem en l'herència del caràcter color dels pètals de la flor *Mirabilis jalapa* (ja explicat anteriorment).
- **Herència codominant:** relació que es dona quan els dos al·lels dominen de manera igual i, per tant, es manifesten de la mateixa manera en l'individu.
- **Herència d'al·lels múltiples:** situació que es dona quan hi ha més de dos al·lels per a un mateix gen, els quals poden presentar diverses relacions entre ells. Un exemple d'herència d'al·lels múltiples és l'herència dels grups sanguinis.
- **Herència lligada al sexe:** situació que es dona en caràcters que es troben controlats per gens situats al segment diferencial del cromosoma X, anomenats caràcters ginandres, o del cromosoma Y, anomenats caràcters holàndrics.

5.7. ANNEX 7: Descripció dels caràcters estudiats

Els caràcters que més ens poden ajudar a l'hora de determinar les característiques fenotípiques de les diferents poblacions estudiades són: el color de la pell, el color del cabell, el color dels ulls i la naturalesa del cabell.

- **Color de la pell:** es tracta d'un caràcter quantitatiu i, per tant, presenta un ventall de variacions contínues. A més, no s'expressa només amb un parell d'al·lells, sinó que es tracta d'un caràcter força complex i que depèn de més de dues parelles d'al·lells. Aquest fet provoca una gran diversitat de colors de pell degut a les múltiples combinacions d'aquests al·lells. Actualment, encara no se sap amb certesa per quants parells d'al·lells està condicionat, tot i que és possible afirmar que ho està per més de dos parells.

Per a estudiar-lo he utilitzat una enquesta que m'ha permès conèixer el fototip dels individus. El fototip determina la capacitat d'assimilació que té la nostra pell davant la radiació solar i n'existeixen 6 tipus diferents. Aquests són:

- Fototip 1: present en individus molt sensibles a la llum solar que es caracteritzen per la falta de pigmentació. Aquest fet provoca la manifestació dels cabells pèl-rojos i de la pell molt clara.
- Fototip 2: present en individus sensibles a la llum solar que es caracteritzen per la poca pigmentació. Aquest fet provoca la manifestació dels cabells rossos i de la pell clara, delicada i sensible.
- Fototip 3: present en individus amb sensibilitat normal a la llum solar que es caracteritzen per la manifestació dels cabells castanys i de la pell blanca o beige.
- Fototip 4: present en individus amb tolerància a la llum solar que es caracteritzen per la manifestació dels cabells castanys fosc i de la pell marró clar.

□ Fototip 5: present en individus amb alta tolerància a la llum solar que es caracteritzen per la manifestació de la pell fosca.

□ Fototip 6: present en individus amb tolerància molt alta a la llum solar que es caracteritzen per la manifestació dels cabells negres i de la pell molt fosca.

Depenent de la puntuació obtinguda en l'enquesta utilitzada i amb l'ajuda d'unes taules de classificació de fototips obtingudes a www.sanidaddigital.org (veure a l'annex 8), he considerat que els individus amb fototip 1, 2 o 3 tenen la pell clara, mentre que els individus que presenten el fototip 4, 5 o 6 tenen la pell fosca.

L'expressió d'aquestes consideracions en els arbres genealògics és:

- Respecte al fenotip: el color carn simbolitza la pell clara i el color marró, la pell fosca.
- Respecte al genotip: l'al·lel n és l'al·lel recessiu, mentre que l'al·lel N és l'al·lel dominant.

Aquests al·lells segueixen un patró d'herència dominant i, per tant, un individu homozigot NN presentarà la pell fosca, un individu homozigot nn presentarà la pell clara i, finalment, un individu heterozigot Nn presentarà la pell fosca.

- **Color del cabell:** es tracta d'un caràcter quantitatiu que presenta un ventall de variacions contínues. Per a estudiar-lo he considerat els cabells ros i pèl-roig com a cabell clar i, per altra banda, els cabells castany, marró i negre com a cabell fosc.

L'expressió d'aquestes consideracions en els arbres genealògics és:

- Respecte al fenotip: el color groc simbolitza el cabell clar i el color marró, el cabell fosc.
- Respecte al genotip: l'al·lel f és l'al·lel recessiu, mentre que l'al·lel F és l'al·lel dominant.

Aquests al·lells segueixen un patró d'herència dominant i, per tant, un individu homozigot FF presentarà el cabell fosc, un individu homozigot ff presentarà el cabell clar i, finalment, un individu heterozigot Ff presentarà el cabell fosc.

- **Color dels ulls:** es tracta d'un caràcter quantitatiu que presenta un ventall de variacions contínues. Per a estudiar-lo he considerat els ulls blaus i verds com a ulls clars i, per altra banda, els ulls grisos, marrons i negres com a ulls foscos.

L'expressió d'aquestes consideracions en els arbres genealògics és:

- Respecte al fenotip: el color blau simbolitza els ulls clars i el color marró, el ulls foscos.
- Respecte al genotip: l'al·lel f és l'al·lel recessiu, mentre que l'al·lel F és l'al·lel dominant.

Aquests al·lells segueixen un patró d'herència dominant i, per tant, un individu homozigot FF presentarà els ulls foscos, un individu homozigot ff presentarà els ulls clars i, finalment, un individu heterozigot Ff presentarà els ulls foscos.

- **Naturalesa del cabell:** es tracta d'un caràcter quantitatiu que presenta un ventall de variacions contínues. Per a estudiar-lo he considerat el cabell llis com a cabell llis i, per altra banda, els cabells ondulats i arrissats com a cabell arrissat.

L'expressió d'aquestes consideracions en els arbres genealògics és:

- Respecte al fenotip: el color lila simbolitza el cabell llis i el color marró, el cabell arrissat.
- Respecte al genotip: l'al·lel *a* és l'al·lel recessiu, mentre que l'al·lel *A* és l'al·lel dominant.

Aquests al·lells segueixen un patró d'herència dominant i, per tant, un individu homozigot *AA* presentarà el cabell arrissat, un individu homozigot *aa* presentarà el cabell llis i, finalment, un individu heterozigot *Aa* presentarà el cabell arrissat.

5.8. ANNEX 8: Model d'enquesta en català i en anglès

5.8.1. Enquesta en català

- Els ulls: foscos/clars
- El cabell: fosc/clar i llis/arrissat
- El color de la pell: fototips I/II/III/IV/V/VI (fes el test següent per saber el fototip, comparant la puntuació obtinguda amb la de la taula 3).

TAULA 2. Test d'avaluació del fototip

1. Quin és el color natural de la seva pell quan no està bronzejada?		
☐ 0: vermellosa, blanca	☐ 2: blanca, beige	☐ 4: beige
☐ 8: marró clar	☐ 12. marró	☐ 16: negra

2. De quin color natural és el seu cabell?		
☐ 0: pèl-roig, ros clar	☐ 2: ros, castany clar	☐ 4: castany
☐ 8: castany fosc	☐ 12. castany fosc, negre	☐ 16: negre

3. De quin color té els ulls?		
☐ 0: blau clar, verd clar, gris clar	☐ 2: blau, verd, gris	☐ 4: gris, marró clar
☐ 8: marró	☐ 12. Marró fosc	☐ 16: negres

4. Quantes pigues té de manera natural quan no està bronzejat?		
☐ 0: moltes	☐ 4: algunes	☐ 6: Unes quantes
☐ 8: cap		

5. Quina categoria descriu millor la seva herència genètica?		
☐ 0: raça blanca de pell molt blanca	☐ 2: raça blanca de pell clara	☐ 4: raça blanca de pell morena (Mediterrani)
8: Orient Mitjà, hindú, asiàtic, hispanoamericana		☐ 12: aborigen, africà, afroamericana

6. Quina categoria descriu millor el seu potencial de cremades després d'exposar-se una hora al sol a l'estiu?		
☐ 0: sempre es crema i mai es bronzeja	☐ 2: habitualment es crema i es pot bronzejar lleugerament	☐ 4: es crema ocasionalment, però es bronzeja moderadament
☐ 8: mai es crema i es bronzeja amb facilitat	☐ 10: mai es crema i es bronzeja profundament	☐ 12: mai es crema

7. Quina categoria descriu millor el seu potencial de bronzejat?	
☐ 0: mai es bronzeja	☐ 2: es bronzeja lleugerament
☐ 4: es bronzeja moderadament	☐ 8: es bronzeja profundament

TAULA 3. Puntuació del tipus de pell i descripció		
0-7	Fototip I	Molt sensible a la llum solar
8-21	Fototip II	Sensible a la llum solar
22-42	Fototip III	Sensibilitat normal a la llum solar
43-68	Fototip IV	La pell té tolerància a la llum solar
69-84	Fototip V	La pell és fosca i la seva tolerància és alta
+85	Fototip VI	La pell és negra i la seva tolerància és molt alta

5.8.2. Enquesta en anglès

- The eyes: dark/light
- The hair: dark/light and straight/curly
- The skin colour: phototype I/II/III/IV/V/VI (answer the following questions and then add the points to match your total punctuation with your phototype).

1. What's your natural skin colour when you aren't tanned?		
☐ 0: reddish, white	☐ 2: white-beige	☐ 4: beige
☐ 8: soft brown	☐ 12: brown	☐ 16: black

2. What's your natural hair colour?		
☐ 0: red-haired, light blond	☐ 2: blond, light brown	☐ 4: brown
☐ 8: dark brown	☐ 12: dark brown- black	☐ 16: black

3. Which is your eyes' colour?		
☐ 0: soft blue, soft green, soft grey	☐ 2: blue, green, grey	☐ 4: grey, soft brown
☐ 8: brown	☐ 12: dark brown	☐ 16: black

4. How many freckles have you got naturally in your body when you aren't tanned?			
☐ 0: lots	☐ 4: some	☐ 6: a few	☐ 8: none

5. Which category best fits your genetic inheritance?		
☐ 0: white race with very pale skin	☐ 2: white race with pale skin	☐ 4: white race with tanned skin (Mediterranean)
☐ 8: Middle East, Hindu, Asiatic, Spanish-American	☐ 12: Aborigin, African, Afro-American	

6. Which category best fits your sunburn potential after being exposed to the sun over one hour in summer?		
☐ 0: you're always sunburned and you never get tanned	☐ 2: you're normally sunburned, but you can be lightly tanned	☐ 4: you're sometimes sunburned, but you can be partially tanned
☐ 8: you're never sunburned and you're easily tanned	☐ 10: you're hardly ever sunburned and you're deeply tanned	☐ 12: you're never sunburned

7. Which category best fits your tanned potential?			
☐ 0: you're never tanned	☐ 2: you can be lightly tanned	☐ 4: you can be partially tanned	☐ 8: you can be deeply tanned

0-7	Phototype I	Very sensitive to sunlight
8-21	Phototype II	Sensitive to sunlight
22-42	Phototype III	Normal sensitivity to sunlight
43-68	Phototype IV	Your skin tolerates sunlight
69-84	Phototype V	Your skin is dark and has got a high sunlight tolerance
+85	Phototype VI	Your skin is black and has got a very high sunlight tolerance

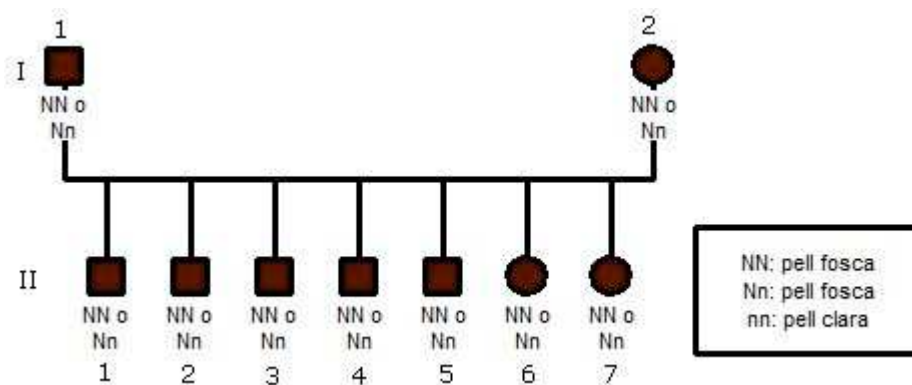
5.9. ANNEX 9: Comentari dels arbres genealògics

5.9.1. Àfrica

5.9.1.1. Marroc

5.9.1.1.1. Família 1

- Color de la pell:



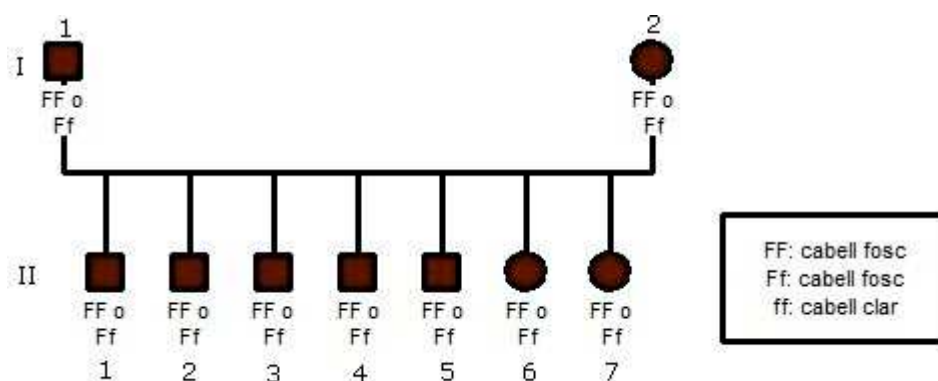
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	9
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		9

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 9 + 0}{2 \cdot 9} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 9} = 0 = 0\%$$

- Color del cabell:



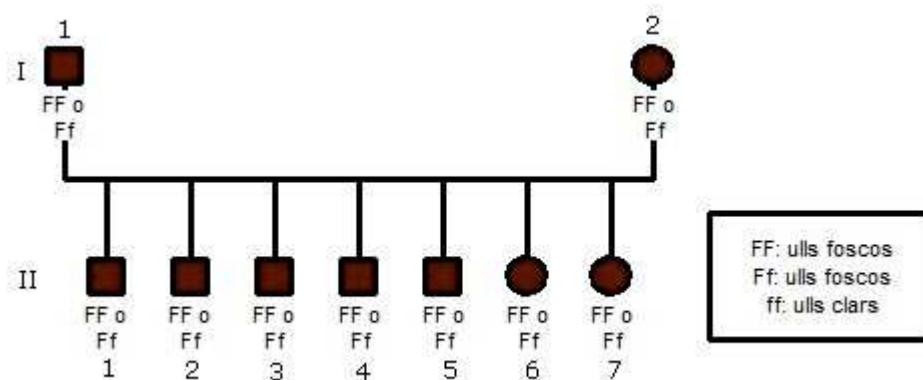
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	9
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		9

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 9 + 0}{2 \cdot 9} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 9} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



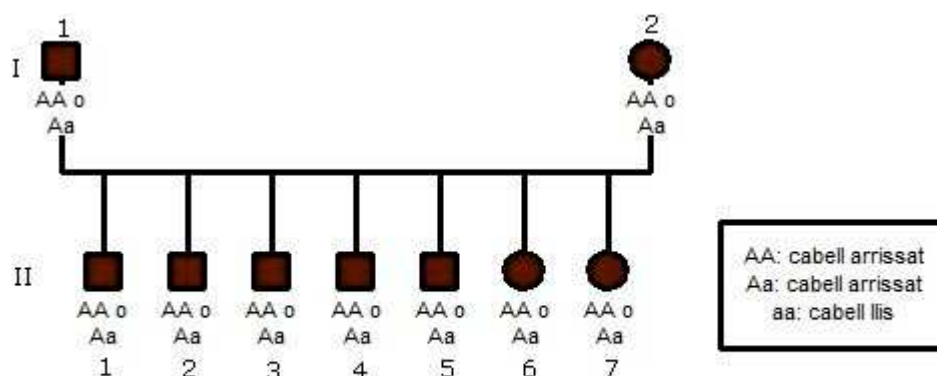
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	9
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		9

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 9 + 0}{2 \cdot 9} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 9} = 0 = 0\%$$

- Naturalitat del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

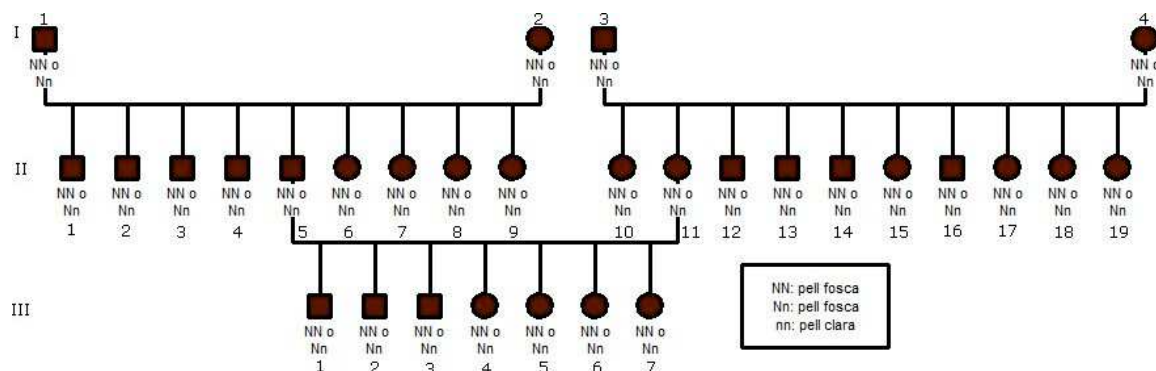
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	9
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	0
		9

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 9 + 0}{2 \cdot 9} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } a = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 9} = 0 = 0\%$$

5.9.1.1.2. Família 2

- Color de la pell:



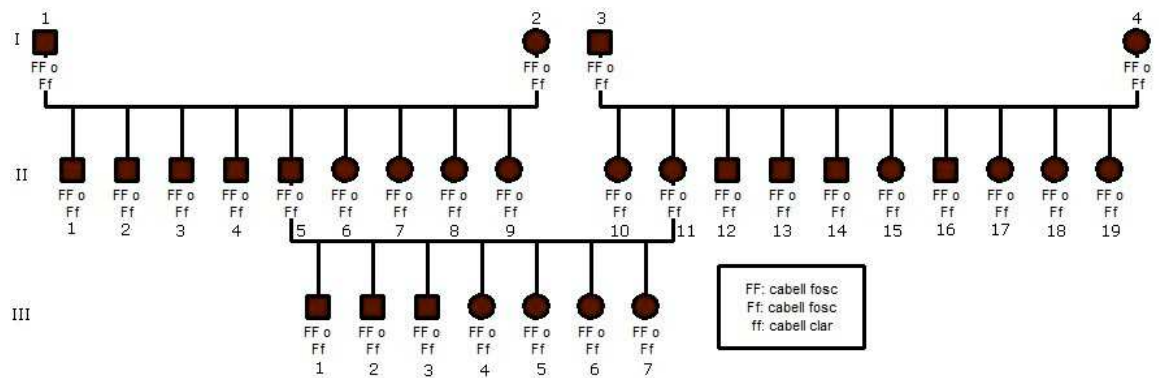
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	30
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		30

$$\text{Freqüència de l'al·lel } N = \frac{2 \cdot 30 + 0}{2 \cdot 30} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } n = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 30} = 0 = 0\%$$

• Color del cabell:



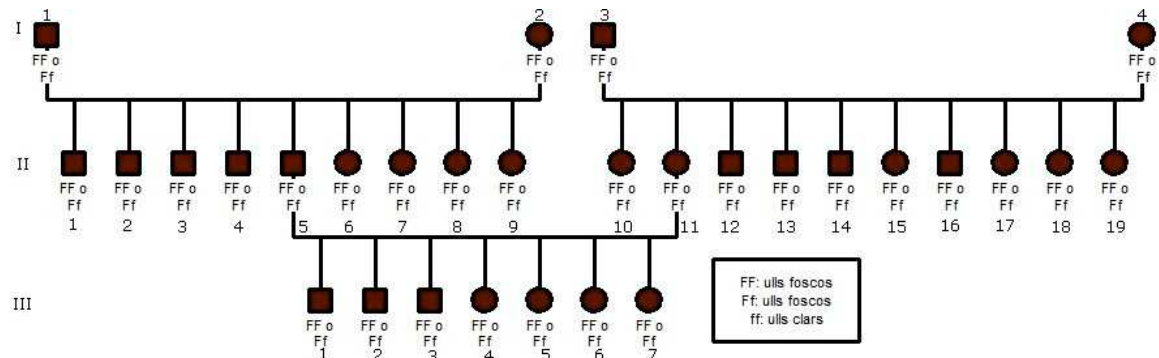
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	30
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		30

Freqüència de l'al·lel F = $\frac{2 \cdot 30 + 0}{2 \cdot 30} = 1 = 100\%$

Freqüència de l'al·lel f = $\frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 30} = 0 = 0\%$

• Color dels ulls:



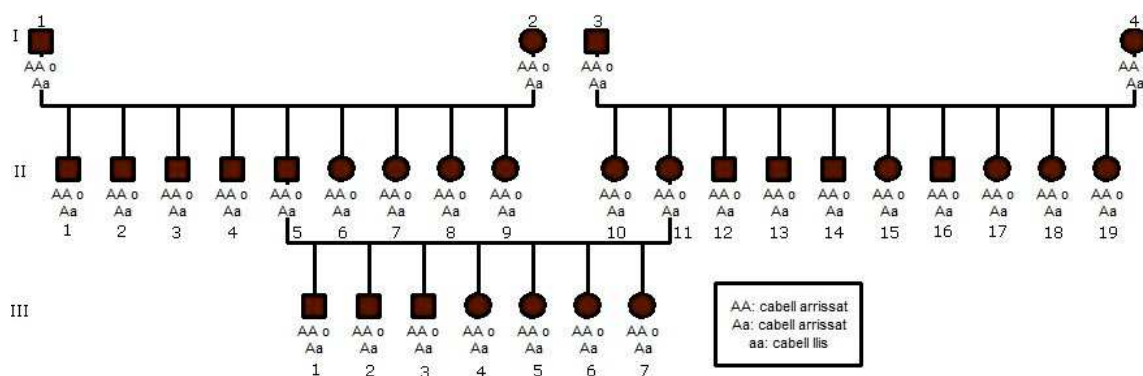
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	30
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		30

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 30 + 0}{2 \cdot 30} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 30} = 0 = 0\%$$

- Naturalesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

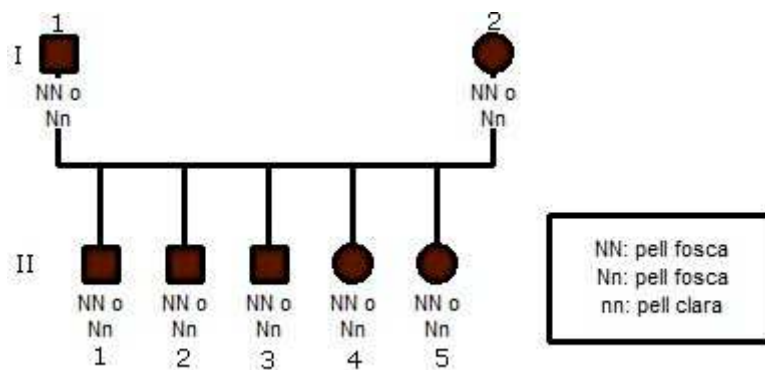
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	30
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	0
		30

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 30 + 0}{2 \cdot 30} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } a = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 30} = 0 = 0\%$$

5.9.1.1.3. Família 3

- Color de la pell:



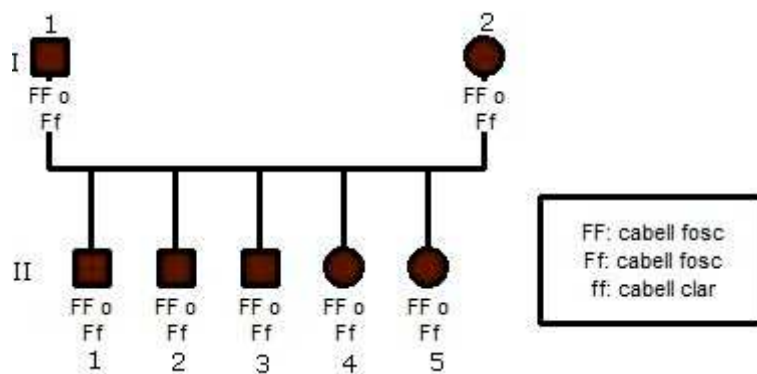
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	7
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel } N = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } n = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Color del cabell:



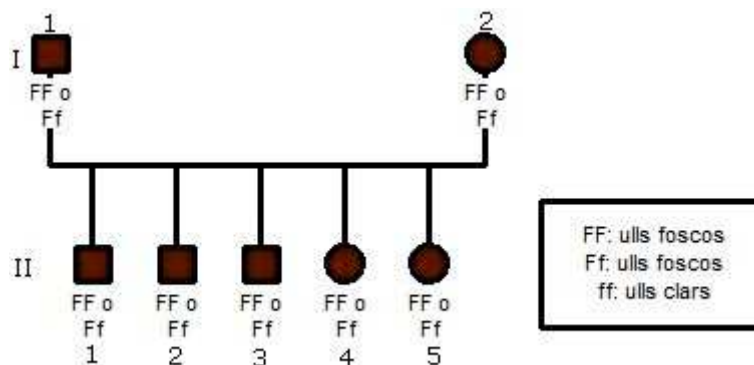
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	7
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



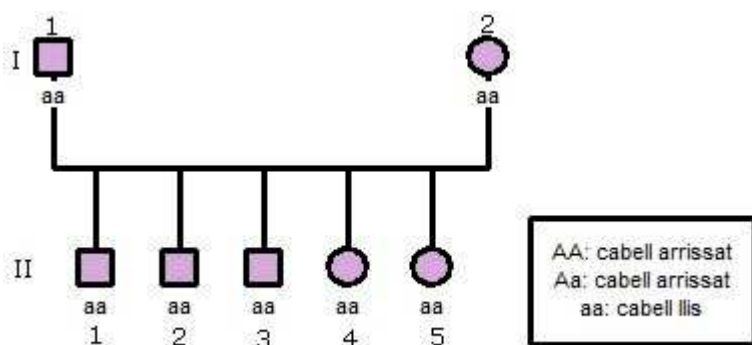
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	7
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Naturalisa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

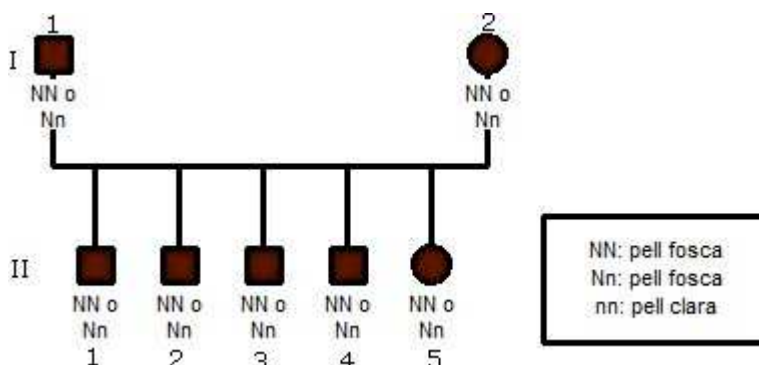
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	7
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

5.9.1.1.4. Família 4

- Color de la pell:



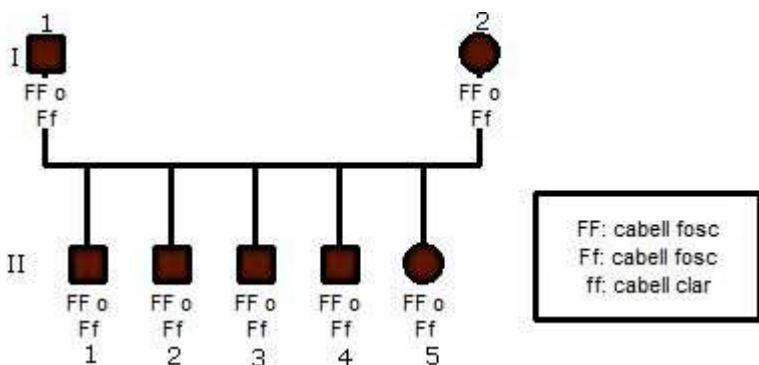
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	7
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Color del cabell:



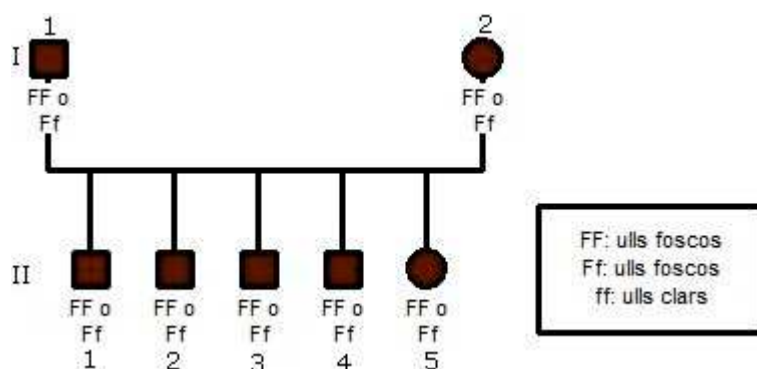
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	7
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



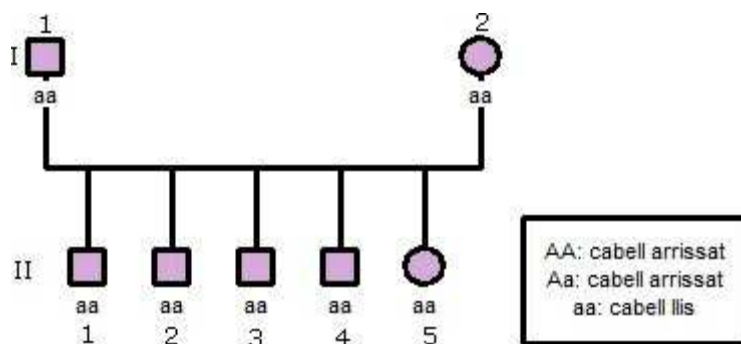
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	7
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Naturalresa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

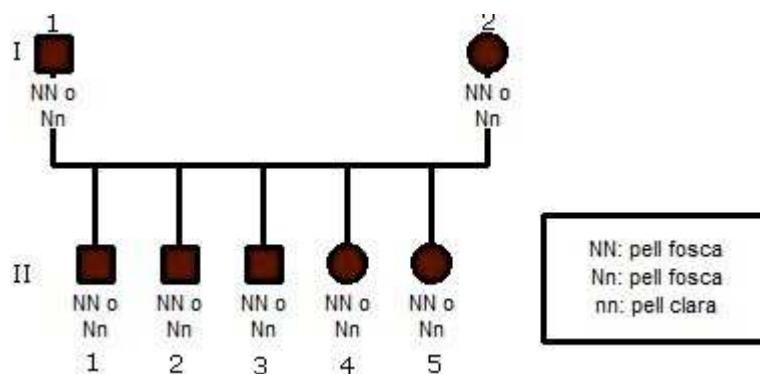
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	7
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

5.9.1.1.5. Família 5

- Color de la pell:



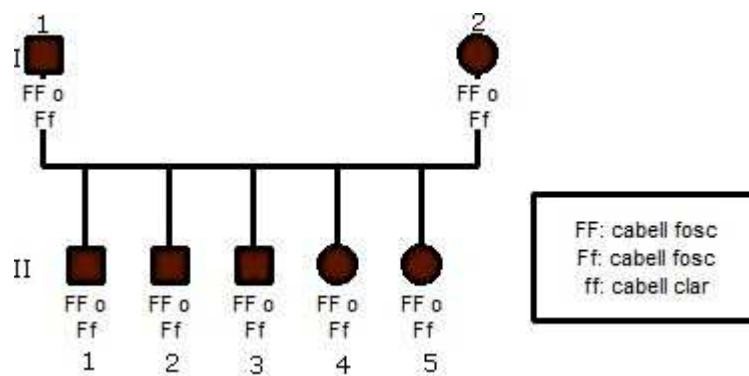
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	7
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Color del cabell:



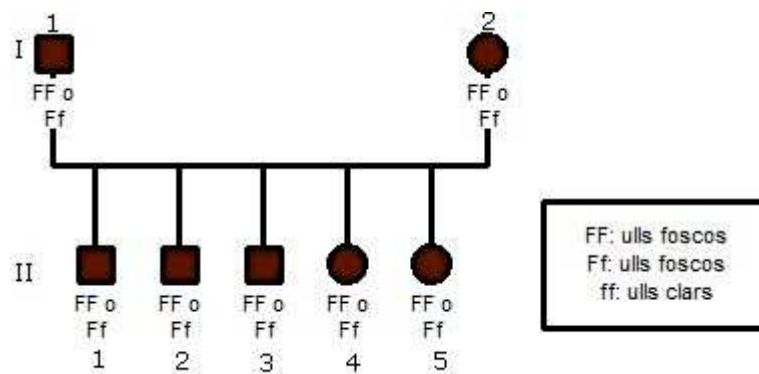
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	7
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



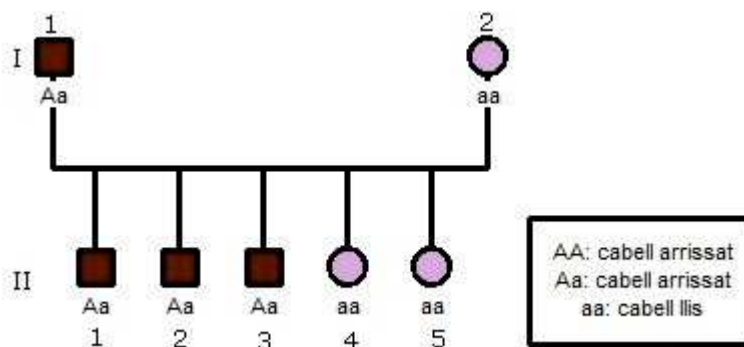
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	7
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Naturallesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

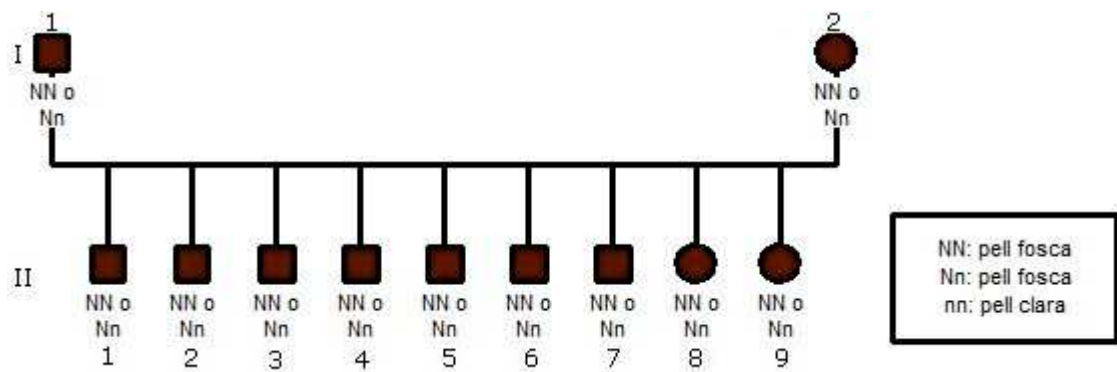
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	4
Cabell llis	aa	3
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 4}{2 \cdot 7} = 0.2857 = 28.57\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 3 + 4}{2 \cdot 7} = 0.7143 = 71.43\%$$

5.9.1.1.6. Família 6

- Color de la pell:



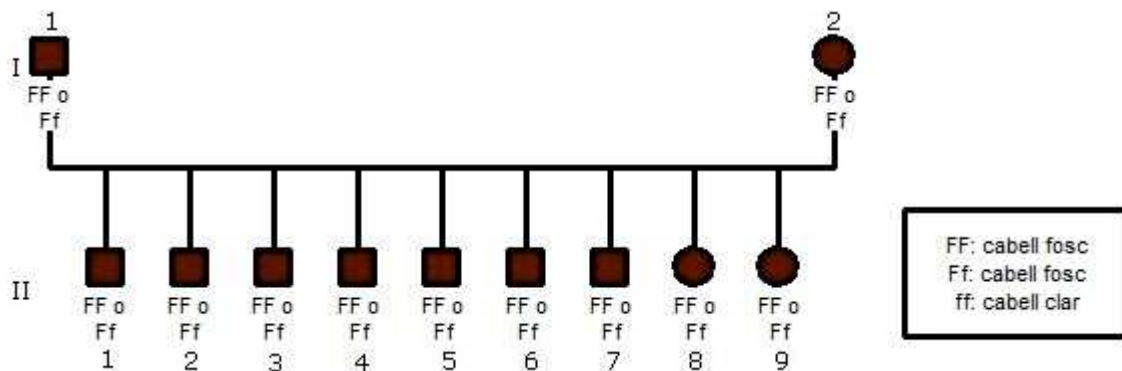
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	11
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		11

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 11 + 0}{2 \cdot 11} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 11} = 0 = 0\%$$

- Color del cabell:



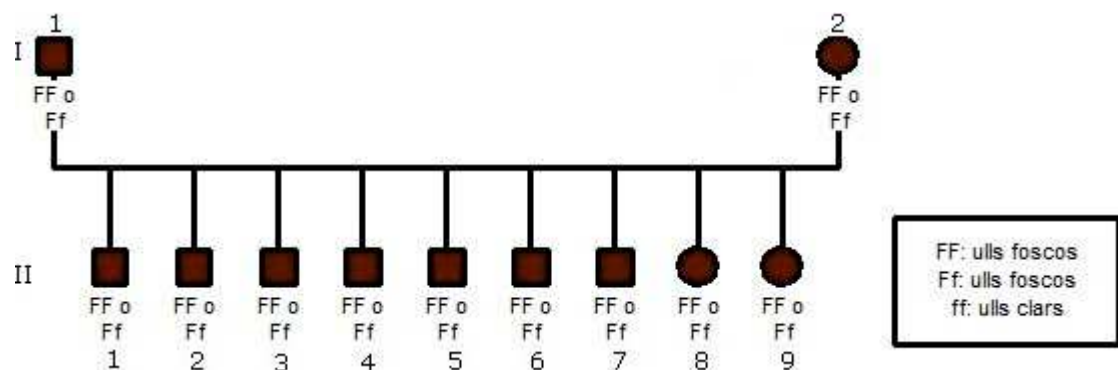
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	11
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		11

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 11 + 0}{2 \cdot 11} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 11} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



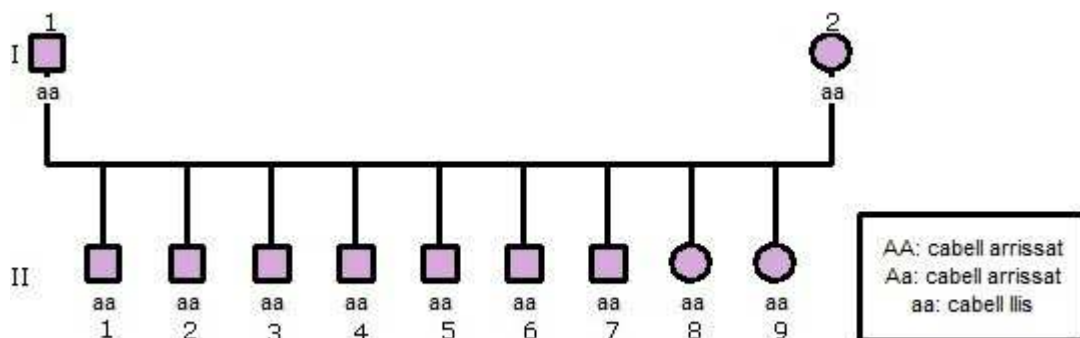
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	11
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		11

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 11 + 0}{2 \cdot 11} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 11} = 0 = 0\%$$

- Naturallesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

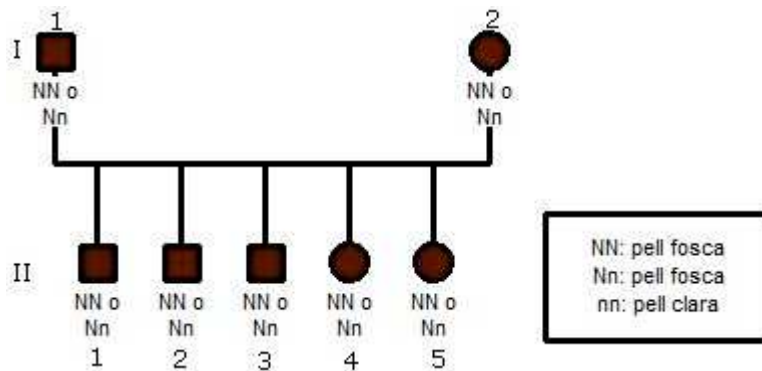
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	11
		11

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 11} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 11 + 0}{2 \cdot 11} = 1 = 100\%$$

5.9.1.1.7. Família 7

- Color de la pell:



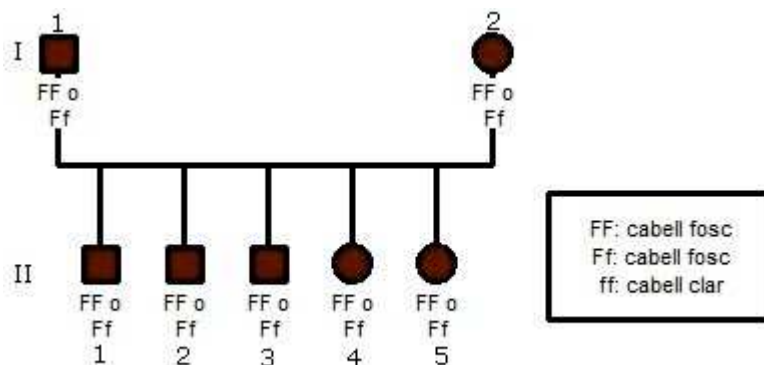
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	7
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } n = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Color del cabell:



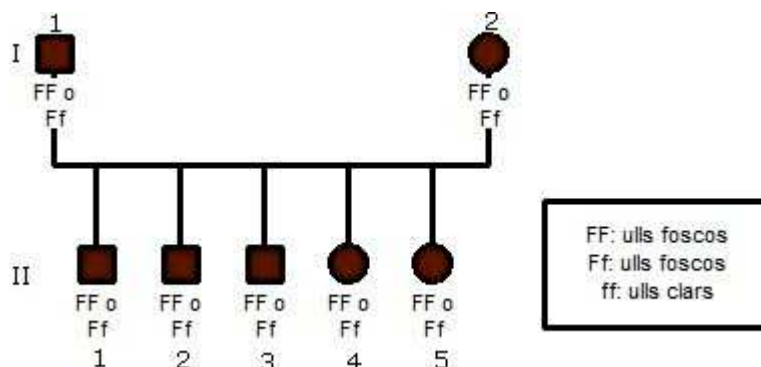
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	7
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



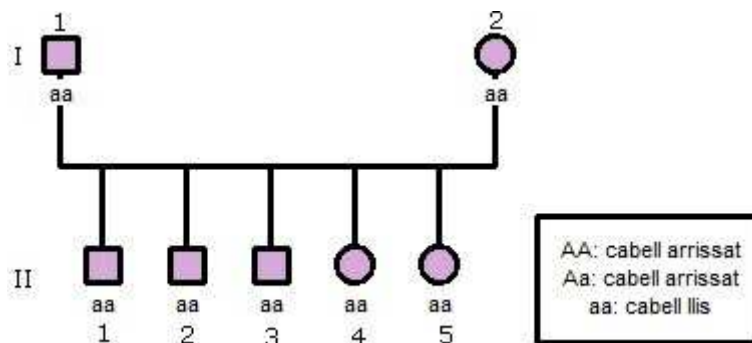
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	7
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Naturalisa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

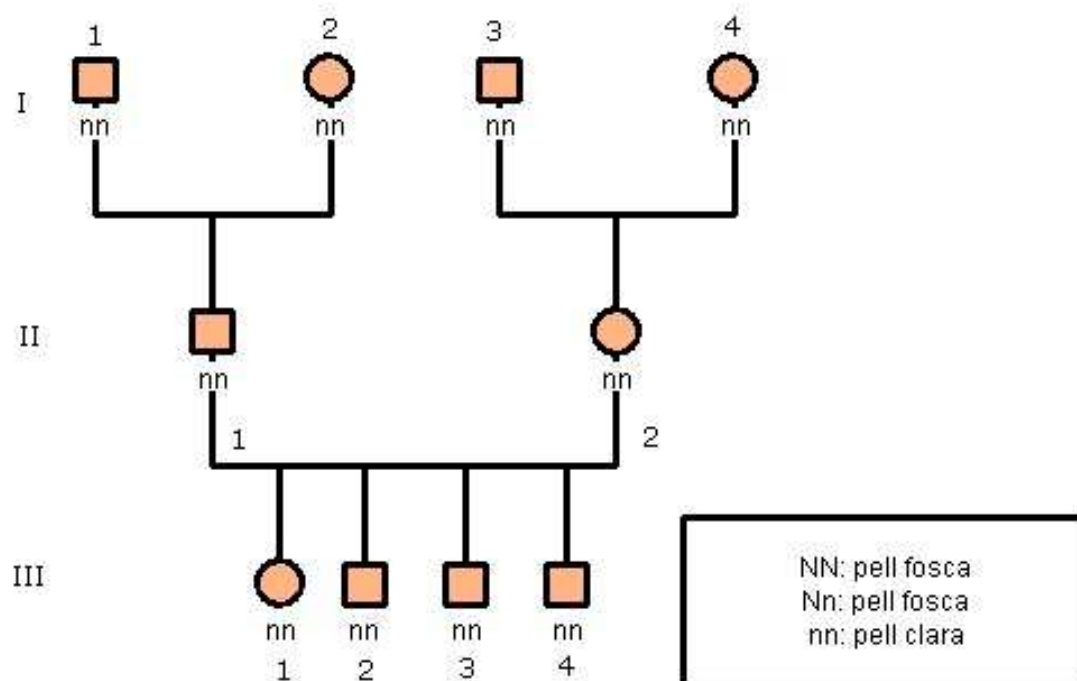
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	7
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

5.9.1.1.8. Família 8

- Color de la pell:



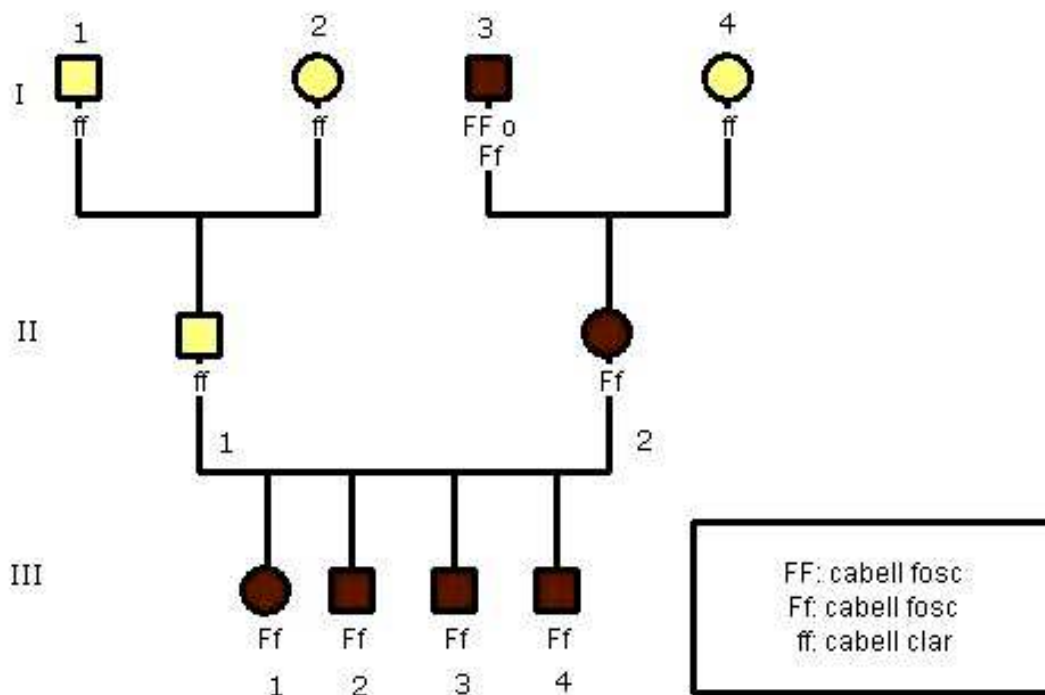
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	10
		10

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 10} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 10 + 0}{2 \cdot 10} = 1 = 100\%$$

- Color del cabell:



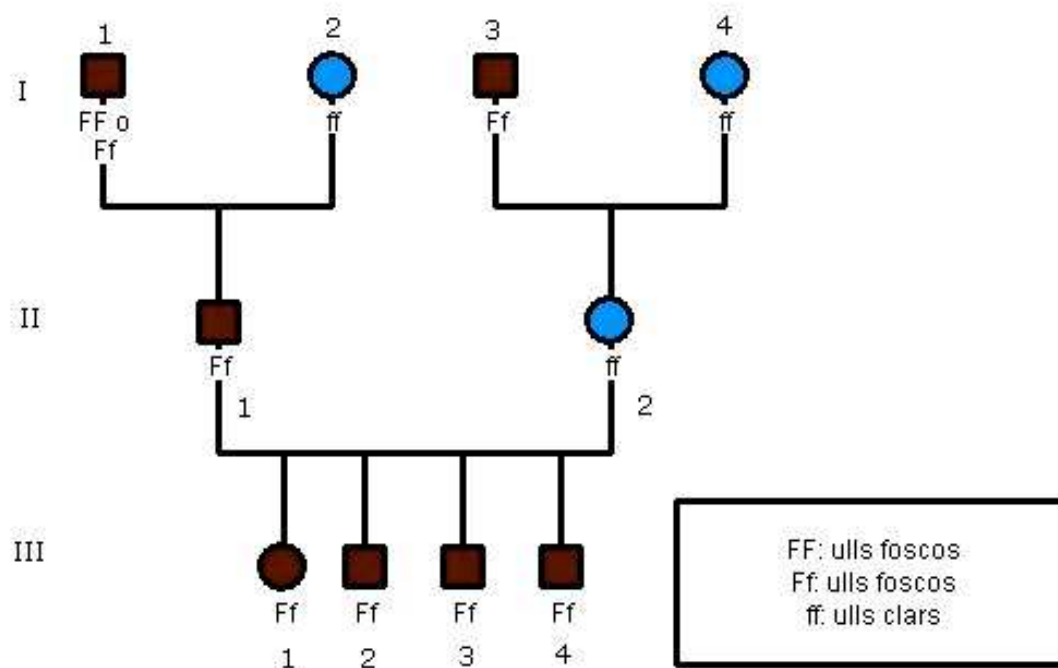
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	1
Cabell fosc	Ff	5
Cabell clar	ff	4
		10

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 1 + 5}{2 \cdot 10} = 0.35 = 35\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 4 + 5}{2 \cdot 10} = 0.65 = 65\%$$

- Color dels ulls:



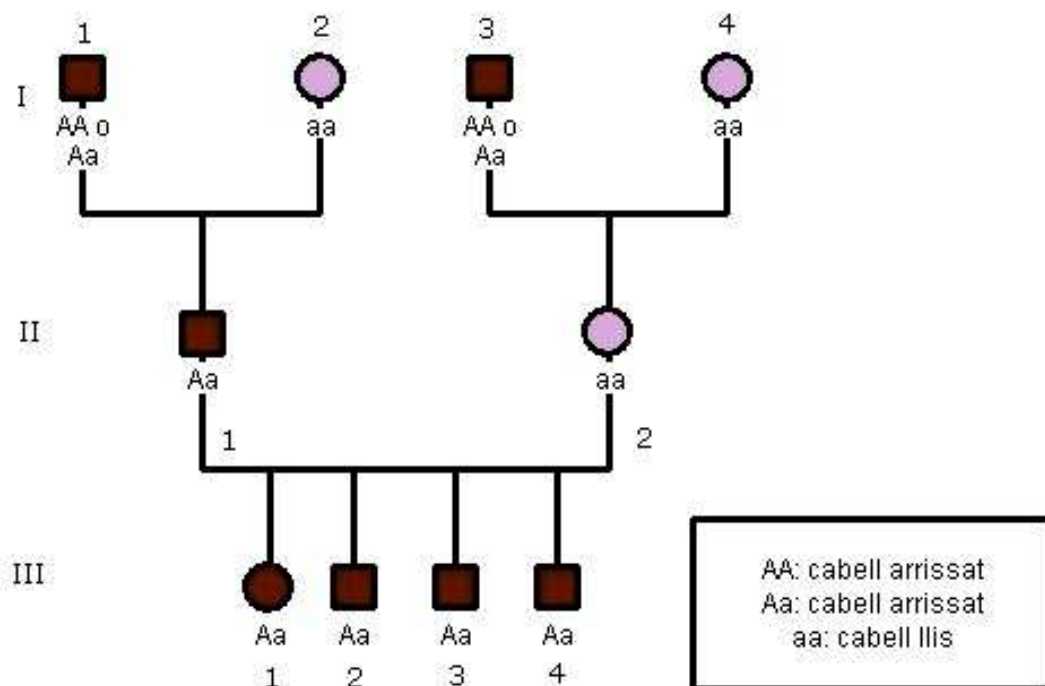
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	1
Ulls foscos	Ff	6
Ulls clars	ff	3
		10

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 1 + 6}{2 \cdot 10} = 0.4 = 40\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 3 + 6}{2 \cdot 10} = 0.6 = 60\%$$

- Naturalresa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

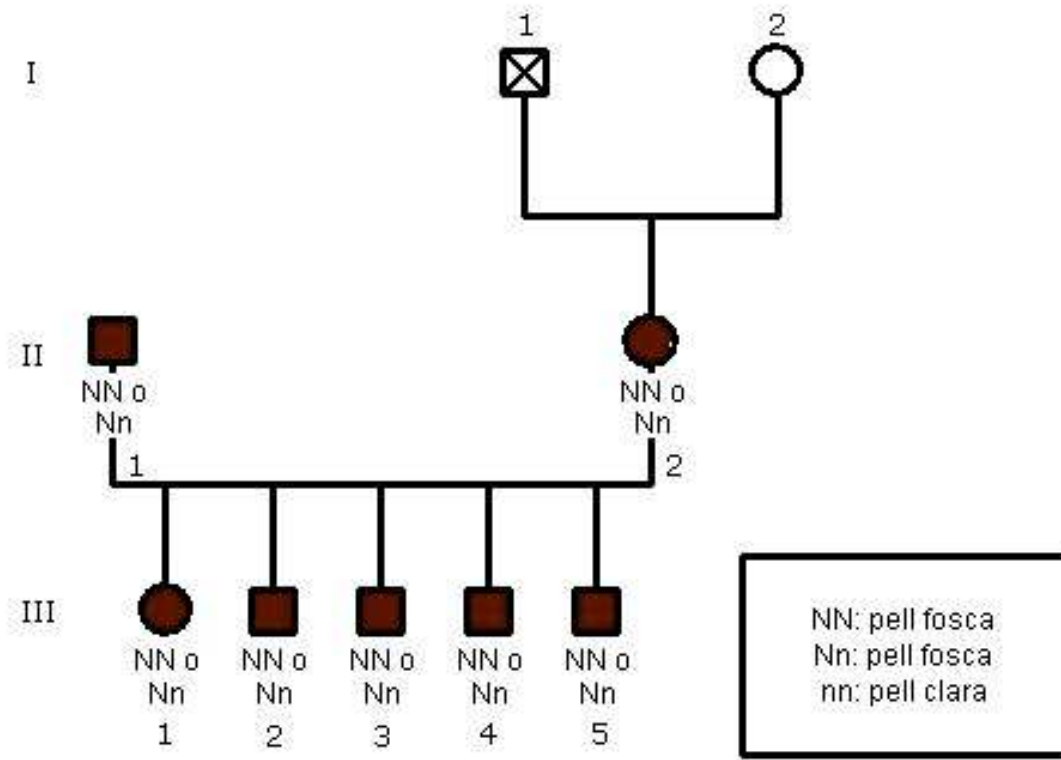
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	2
Cabell arrissat	Aa	5
Cabell llis	aa	3
		10

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 2 + 5}{2 \cdot 10} = 0.45 = 45\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 3 + 5}{2 \cdot 10} = 0.55 = 55\%$$

5.9.1.1.9. Família 9

- Color de la pell:



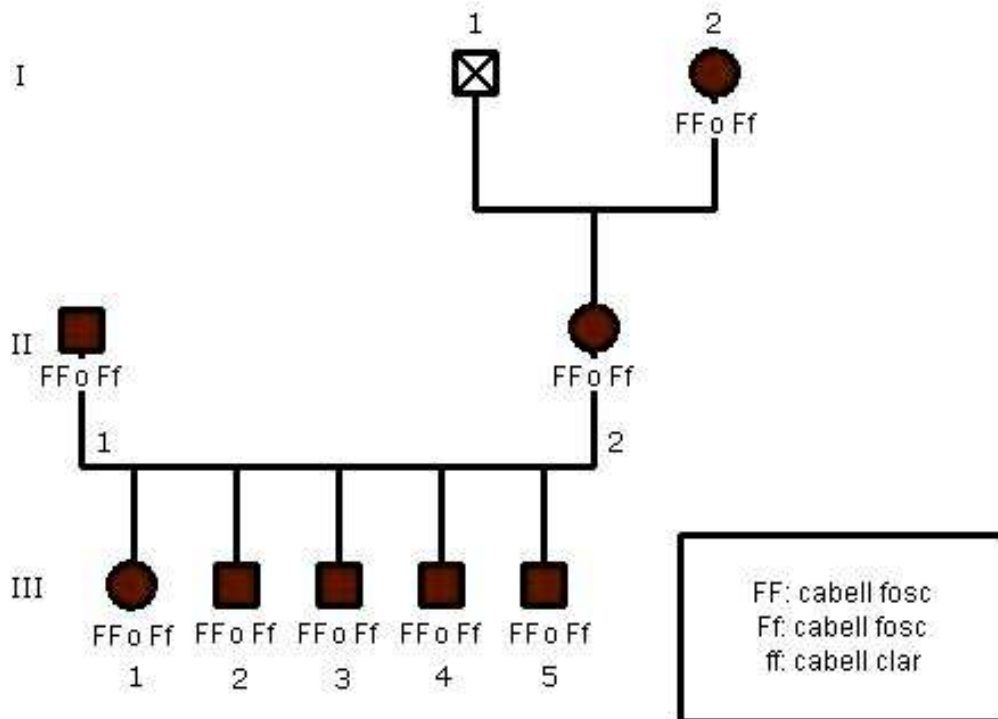
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	7
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Color del cabell:



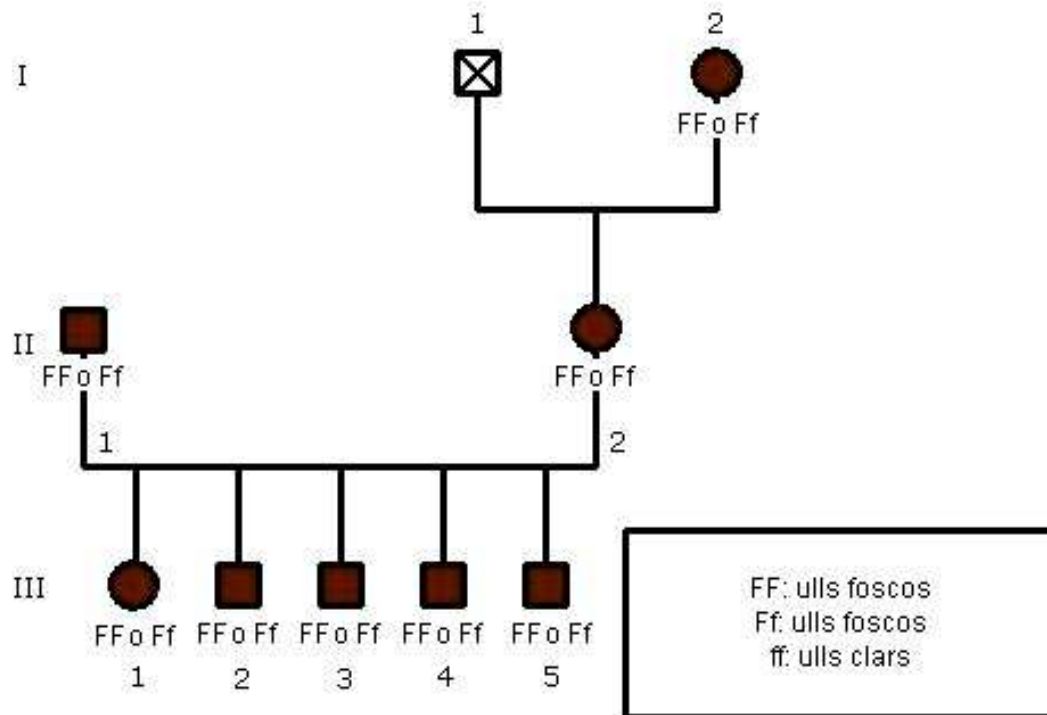
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	8
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		8

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 8 + 0}{2 \cdot 8} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 8} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



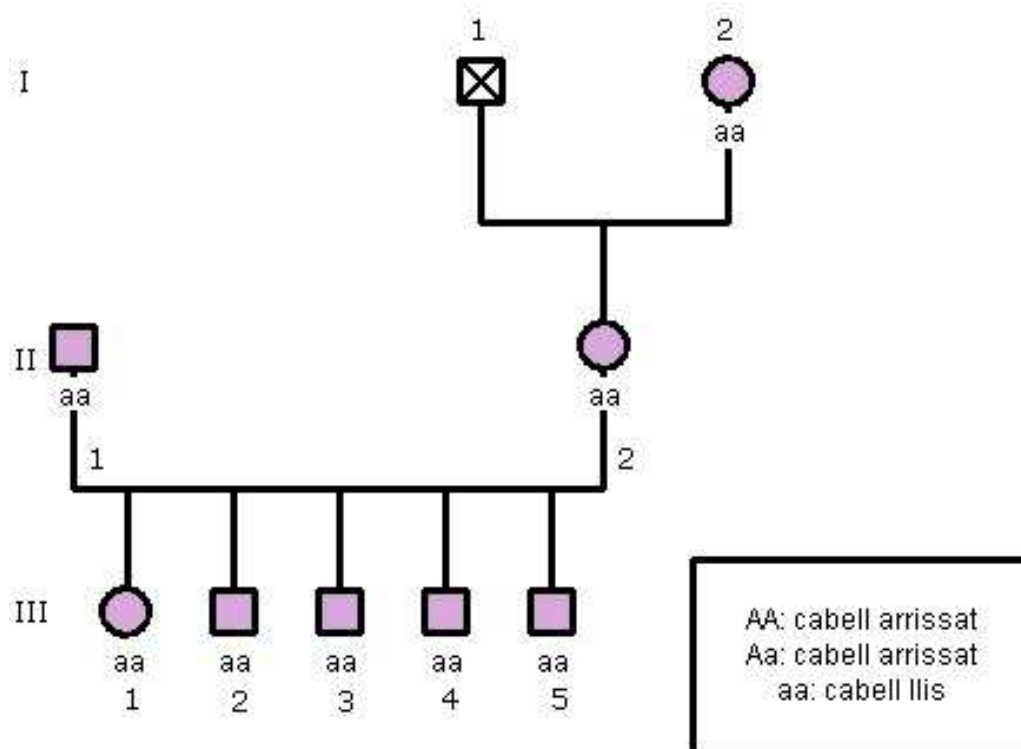
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	8
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		8

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 8 + 0}{2 \cdot 8} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 8} = 0 = 0\%$$

- Naturalesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	8
		8

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 8} = 0 = 0\%$$

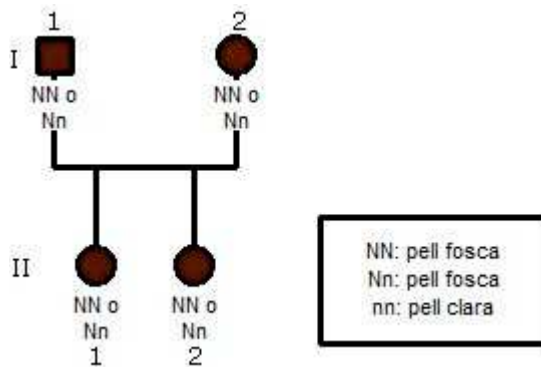
$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 8 + 0}{2 \cdot 8} = 1 = 100\%$$

5.9.2. Amèrica del Sud

5.9.2.1. Bolívia

5.9.2.1.1. Família 1

- Color de la pell:



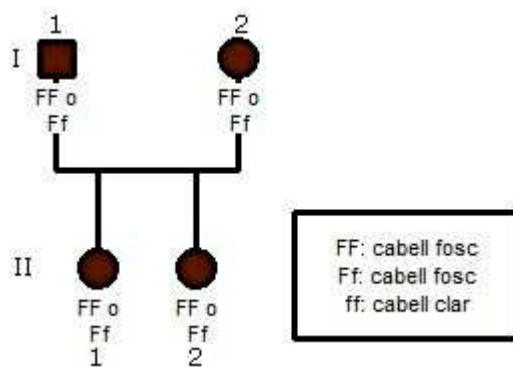
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	4
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

- Color del cabell:



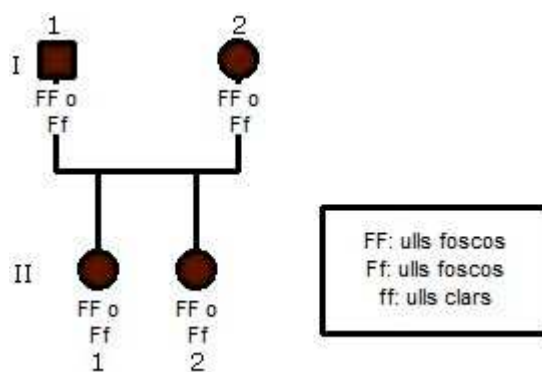
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	4
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



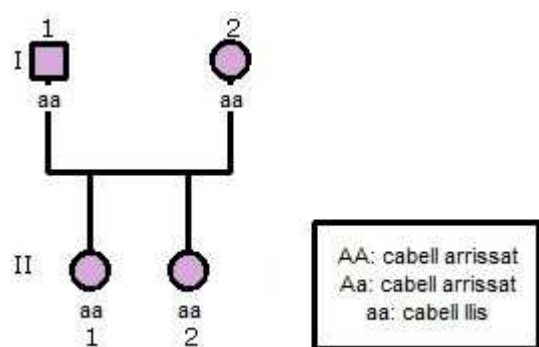
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	4
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

- Naturallesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

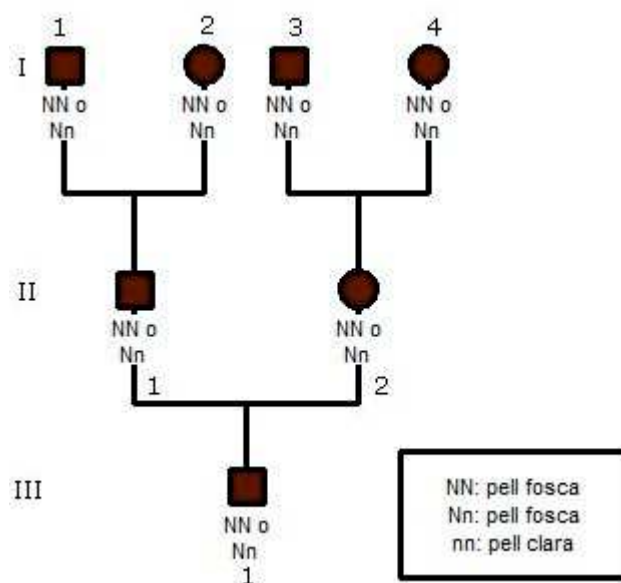
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	4
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

5.9.2.1.2. Família 2

- Color de la pell:



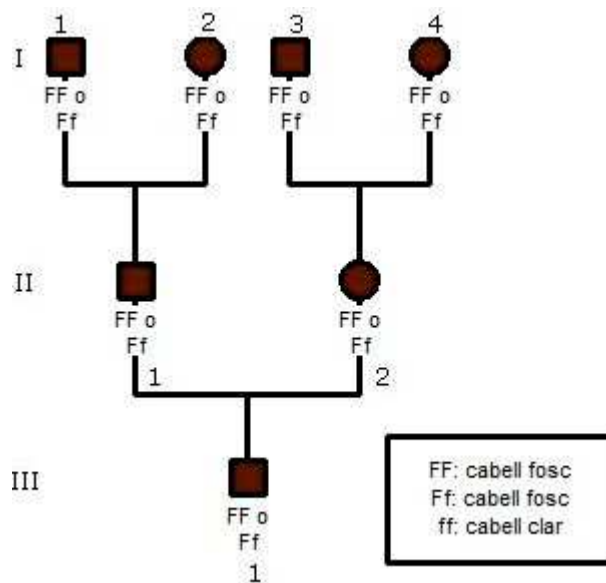
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	7
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Color del cabell:



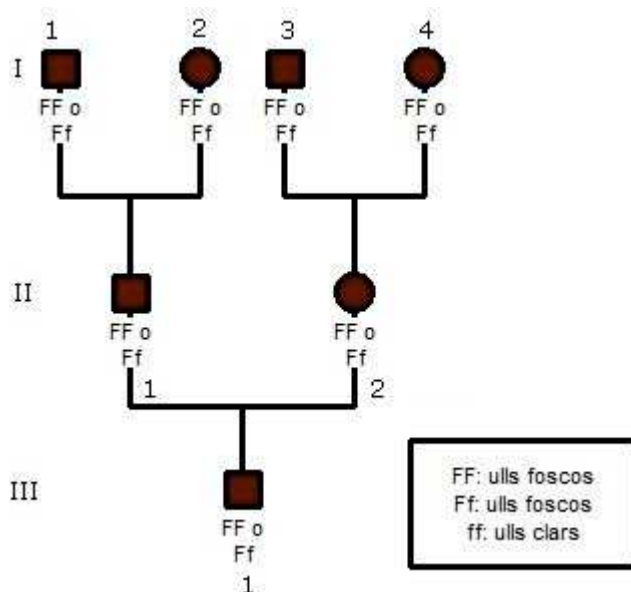
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	7
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



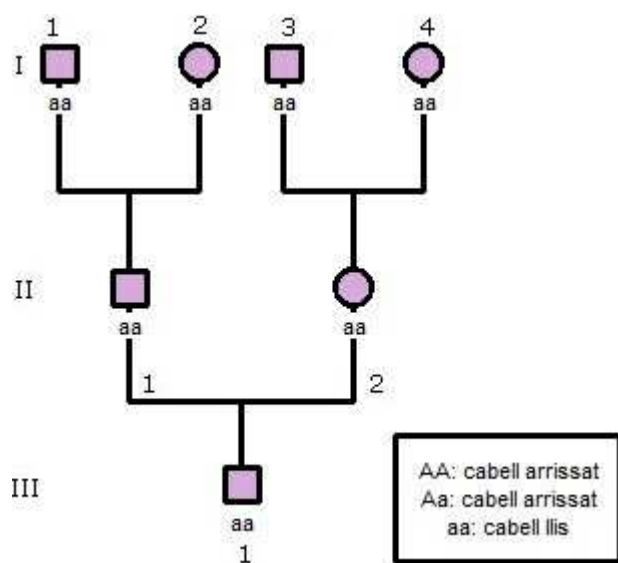
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	7
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Naturalresa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	7
		7

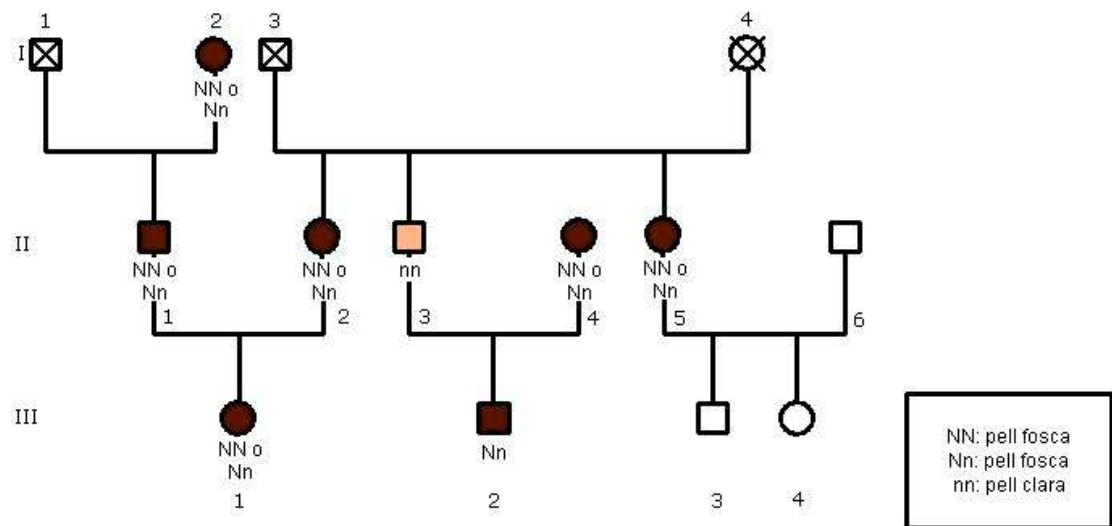
$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

5.9.2.2. Colòmbia

5.9.2.2.1. Família 3

- Color de la pell:



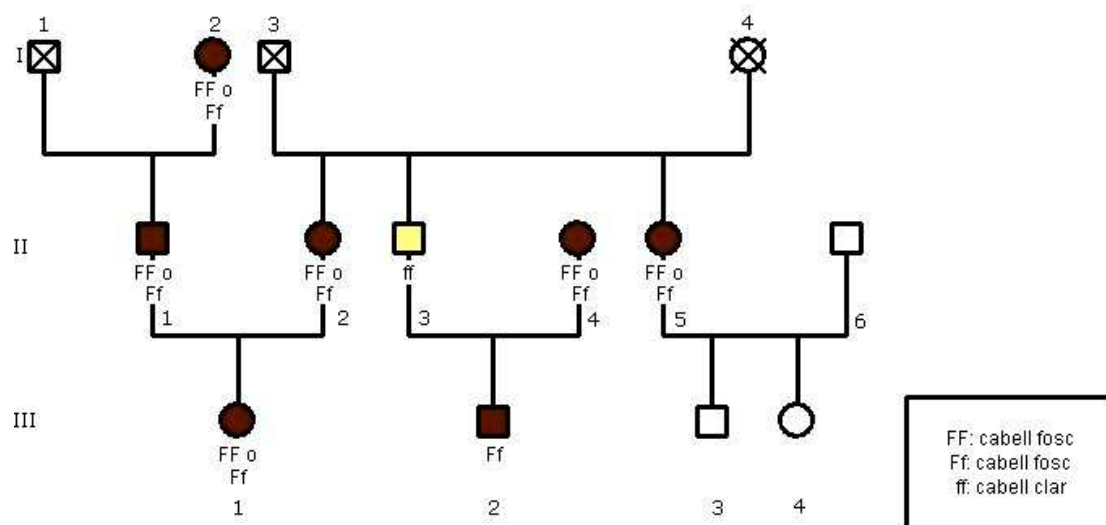
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	6
Pell fosca	Nn	1
Pell clara	nn	1
		8

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 6 + 1}{2 \cdot 8} = 0.8125 = 81.25\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 1 + 1}{2 \cdot 8} = 0.1875 = 18.75\%$$

- Color del cabell:



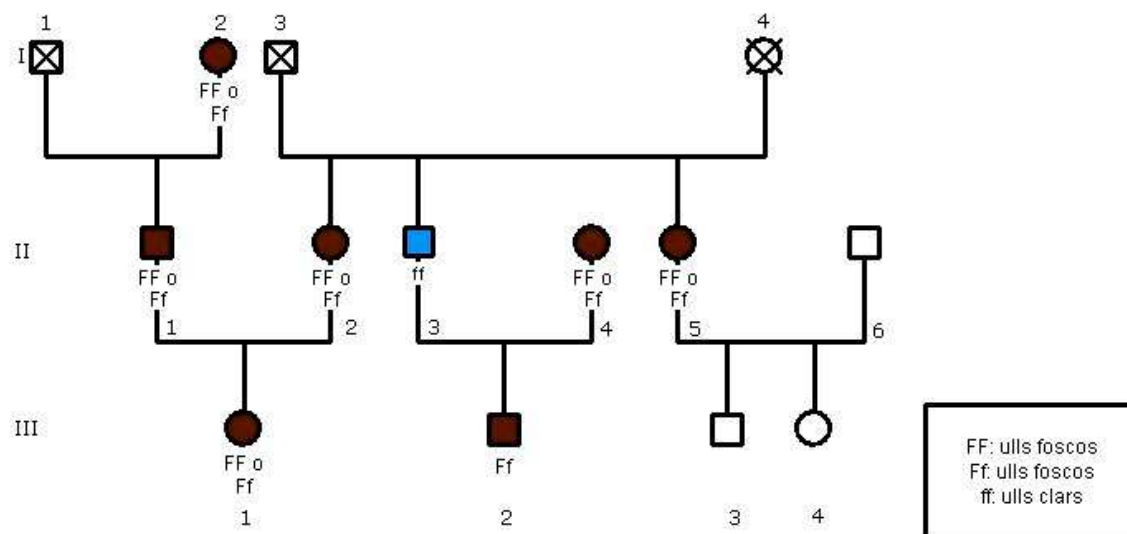
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	6
Cabell fosc	Ff	1
Cabell clar	ff	1
		8

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 6 + 1}{2 \cdot 8} = 0.8125 = 81.25\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 1 + 1}{2 \cdot 8} = 0.1875 = 18.75\%$$

- Color dels ulls:



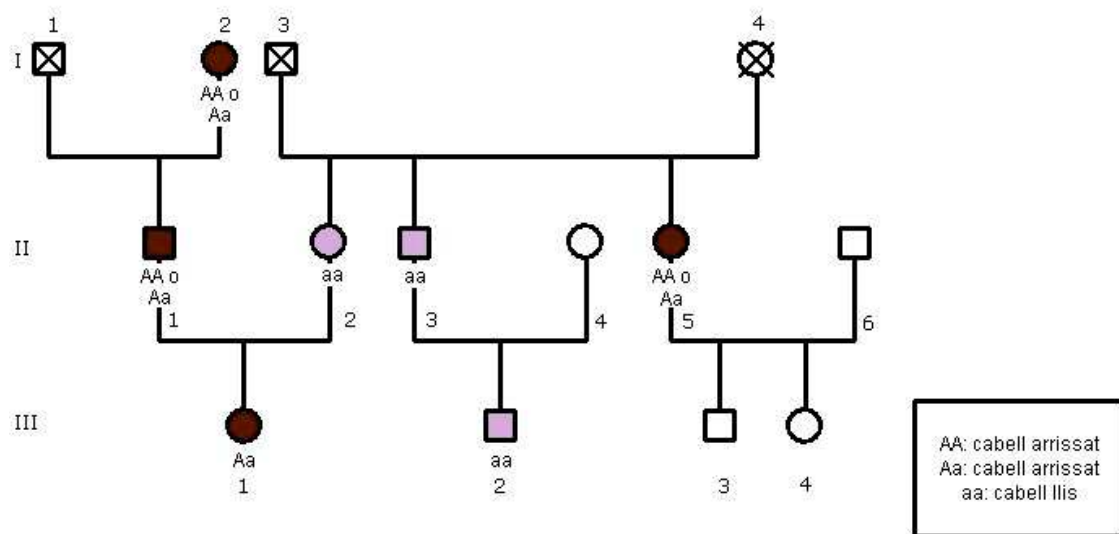
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	6
Ulls foscos	Ff	1
Ulls clars	ff	1
		8

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 6 + 1}{2 \cdot 8} = 0.8125 = 81.25\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 1 + 1}{2 \cdot 8} = 0.1875 = 18.75\%$$

- Naturalresa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

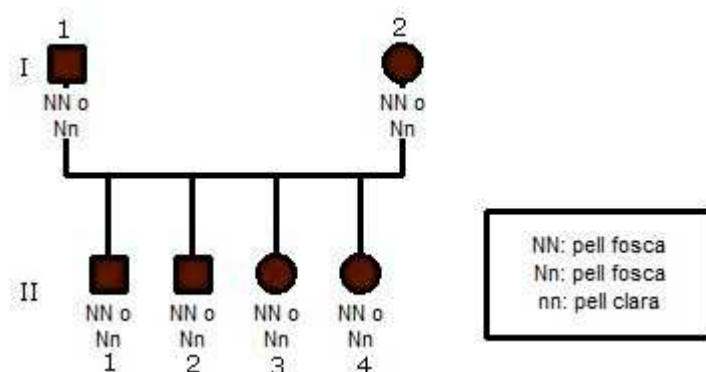
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	3
Cabell arrissat	Aa	1
Cabell llis	aa	3
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 3 + 1}{2 \cdot 7} = 0.5 = 50\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 3 + 1}{2 \cdot 7} = 0.5 = 50\%$$

5.9.2.2.2. Família 4

- Color de la pell:



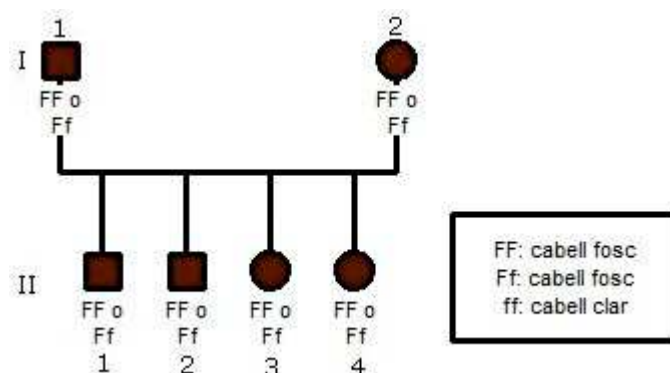
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	6
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		6

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 6 + 0}{2 \cdot 6} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 6} = 0 = 0\%$$

- Color del cabell:



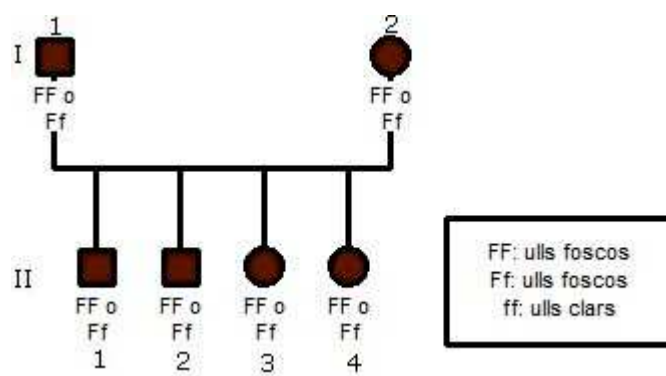
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	6
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		6

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 6 + 0}{2 \cdot 6} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 6} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



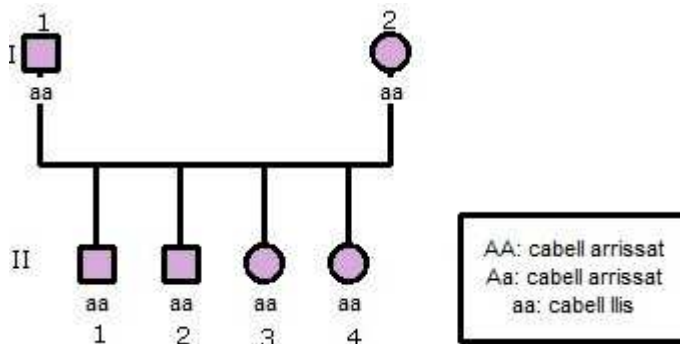
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	6
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		6

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 6 + 0}{2 \cdot 6} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 6} = 0 = 0\%$$

- Naturalesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

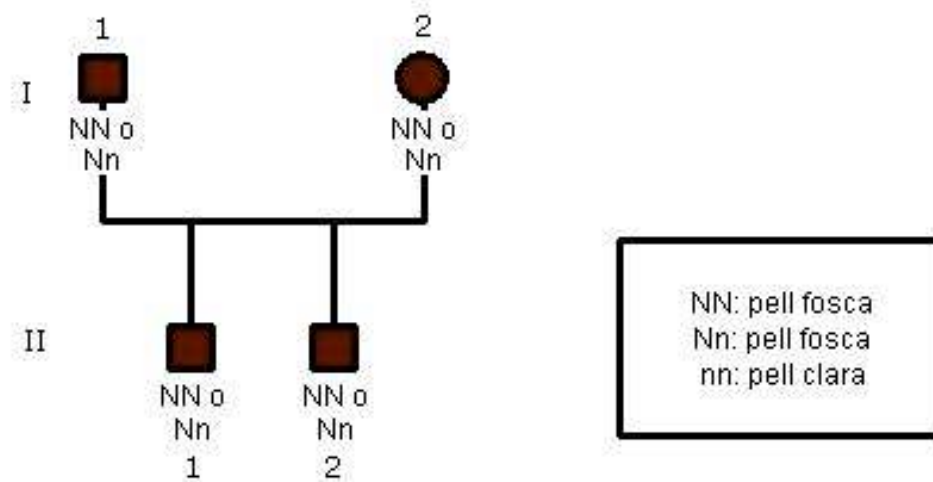
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	6
		6

$$\text{Freqüència de l'al·lel } A = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 6} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } a = \frac{2 \cdot 6 + 0}{2 \cdot 6} = 1 = 100\%$$

5.9.2.2.3. Família 5

- Color de la pell:



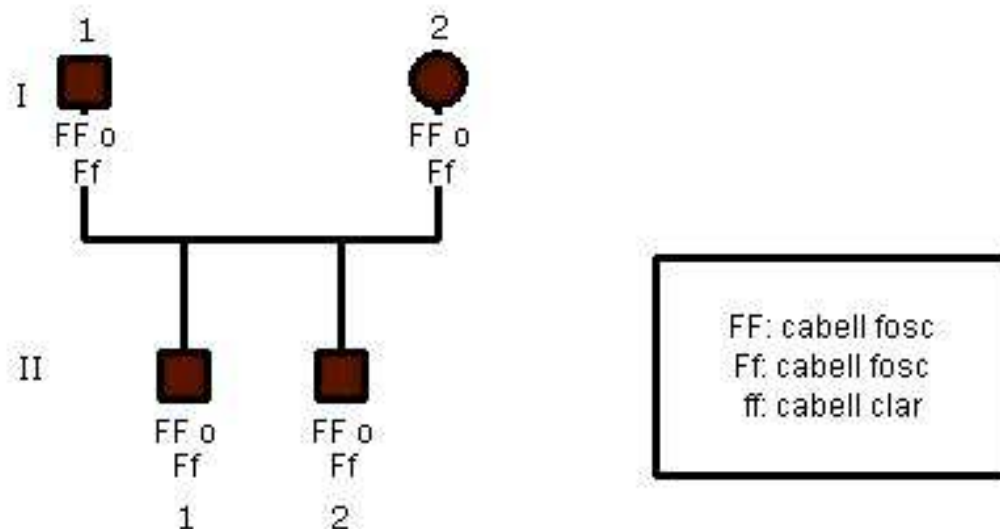
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	4
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

- Color del cabell:



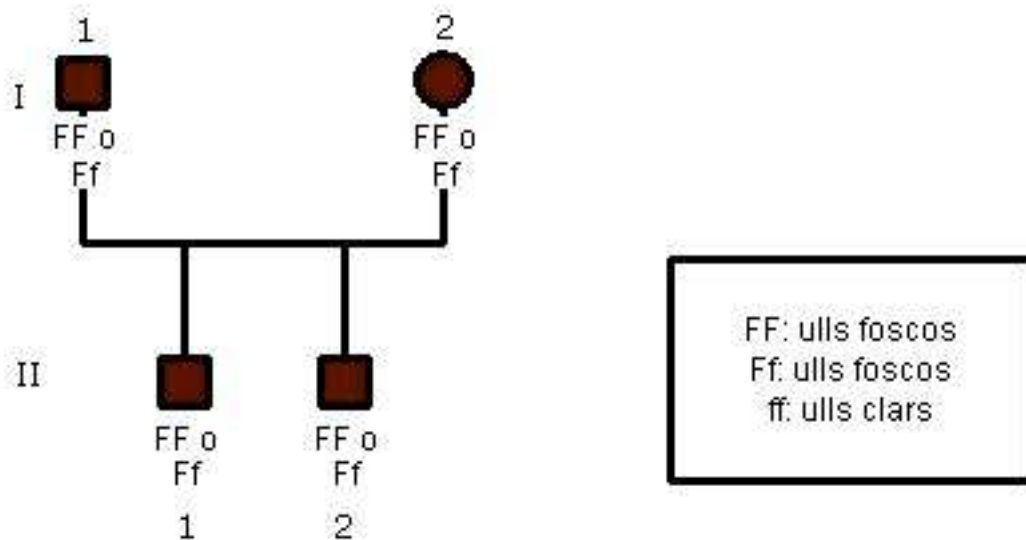
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	4
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



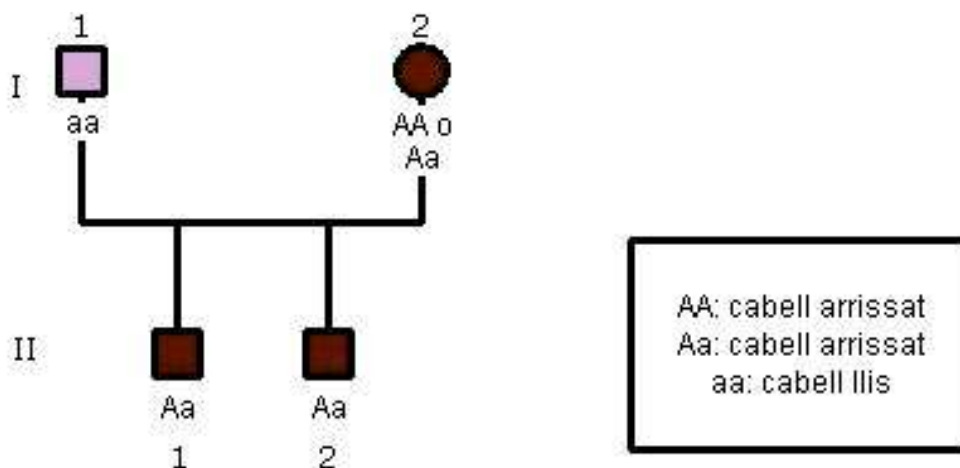
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	4
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

- Naturallesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

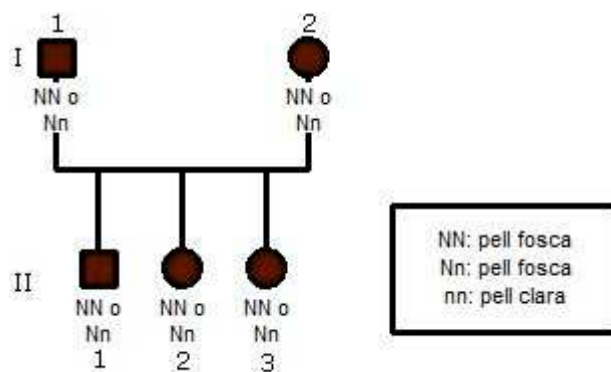
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	1
Cabell arrissat	Aa	2
Cabell llis	aa	1
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 1 + 2}{2 \cdot 4} = 0.5 = 50\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 1 + 2}{2 \cdot 4} = 0.5 = 50\%$$

5.9.2.2.4. Família 6

- Color de la pell:



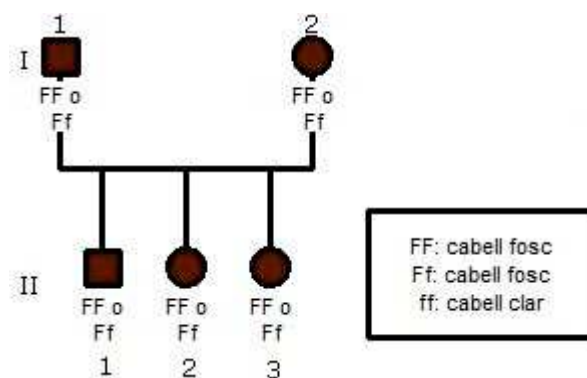
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	5
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

- Color del cabell:



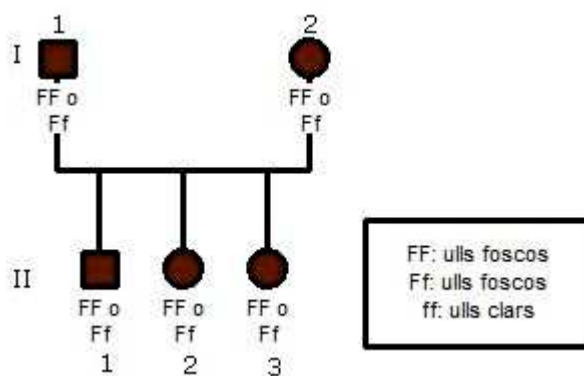
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	5
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



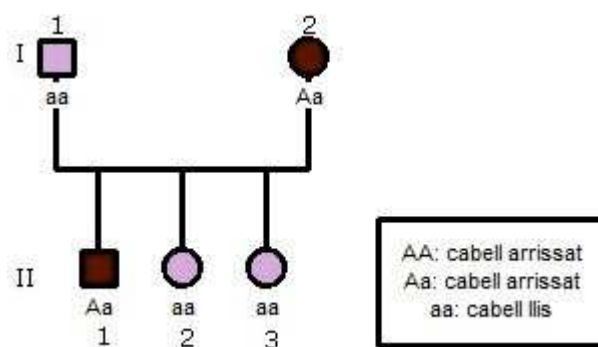
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	5
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

- Naturallesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

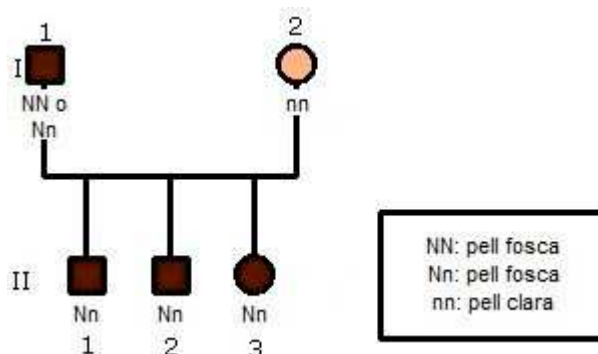
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	2
Cabell llis	aa	3
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 2}{2 \cdot 5} = 0.2 = 20\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 3 + 2}{2 \cdot 5} = 0.8 = 80\%$$

5.9.2.2.5. Família 7

- Color de la pell:



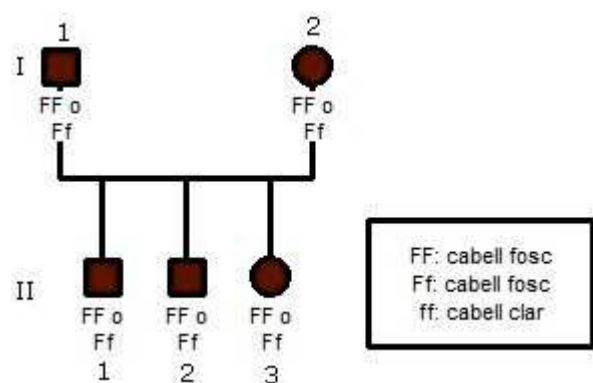
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	1
Pell fosca	Nn	3
Pell clara	nn	1
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 1 + 3}{2 \cdot 5} = 0.5 = 50\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 1 + 3}{2 \cdot 5} = 0.5 = 50\%$$

- Color del cabell:



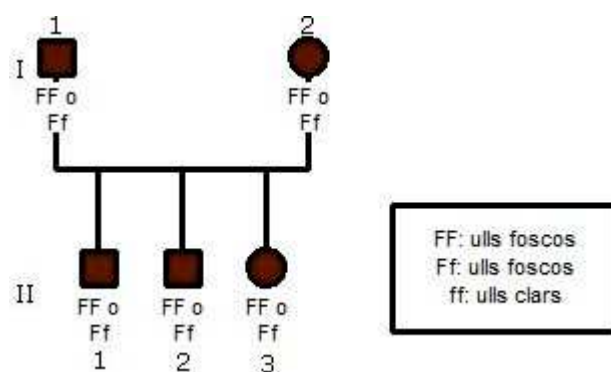
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	5
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



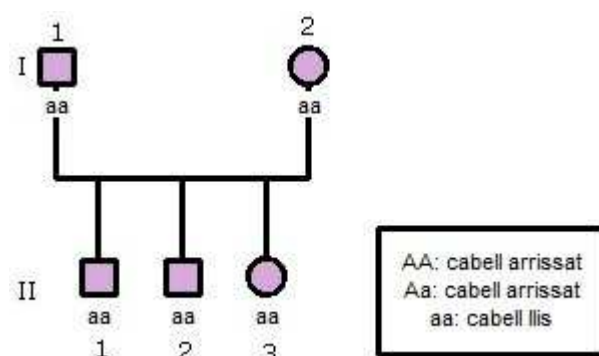
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	5
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

- Naturallesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	5
		5

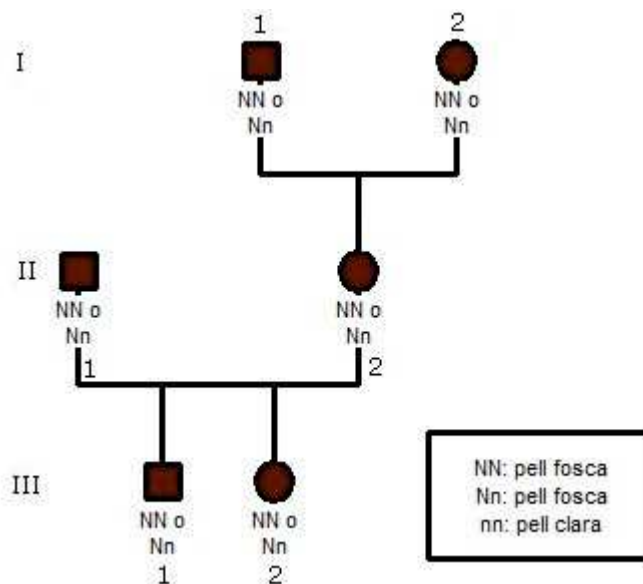
$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

5.9.2.3. Equador

5.9.2.3.1. Família 8

- Color de la pell:



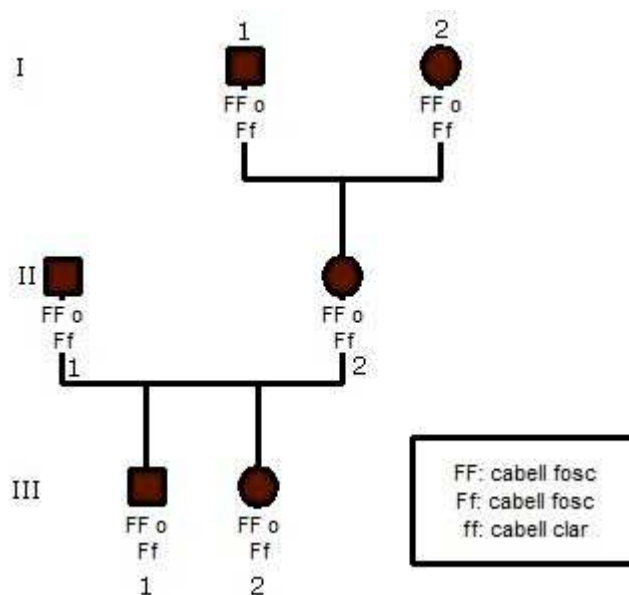
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	6
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		6

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 6 + 0}{2 \cdot 6} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 6} = 0 = 0\%$$

- Color del cabell:



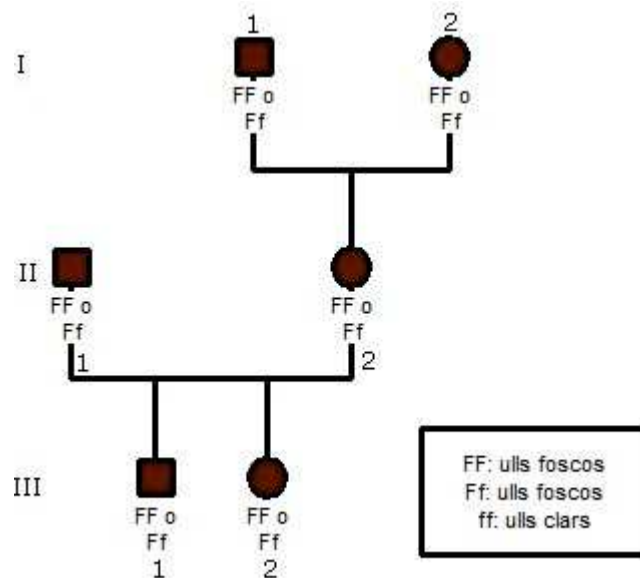
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	6
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		6

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 6 + 0}{2 \cdot 6} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 6} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



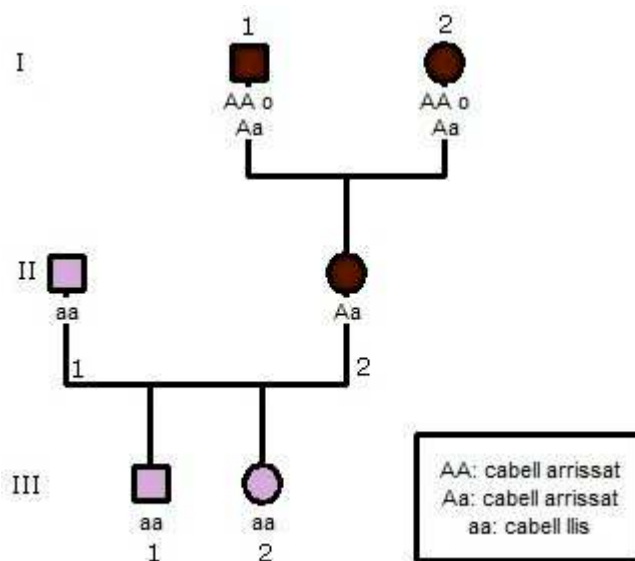
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	6
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		6

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 6 + 0}{2 \cdot 6} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 6} = 0 = 0\%$$

- Naturalresa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	2
Cabell arrissat	Aa	1
Cabell llis	aa	3
		6

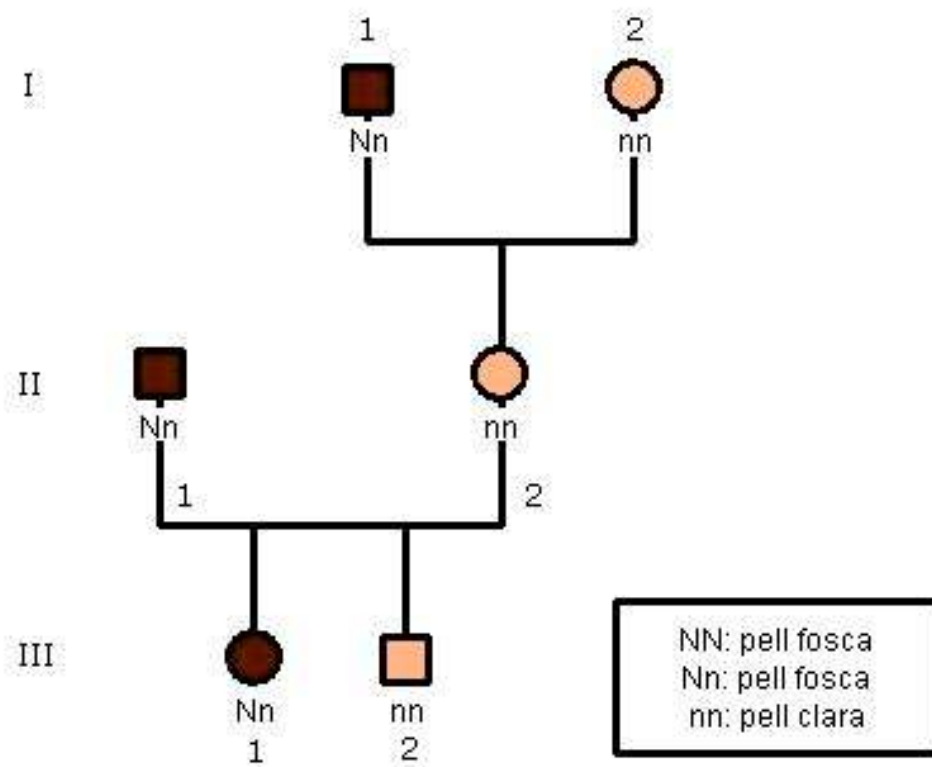
$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 2 + 1}{2 \cdot 6} = 0.4167 = 41.67\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 3 + 1}{2 \cdot 6} = 0.5833 = 58.33\%$$

5.9.2.4. Xile

5.9.2.4.1. Família 9

- Color de la pell:



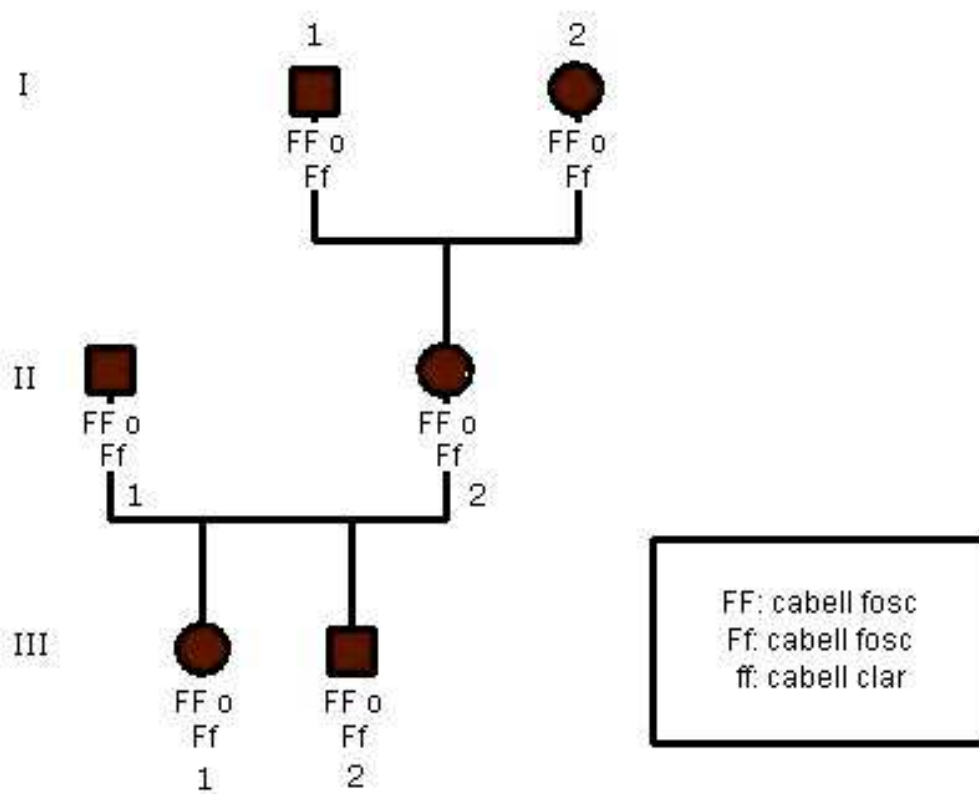
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	3
Pell clara	nn	3
		6

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 3}{2 \cdot 6} = 0.25 = 25\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 3 + 3}{2 \cdot 6} = 0.75 = 75\%$$

- Color del cabell:



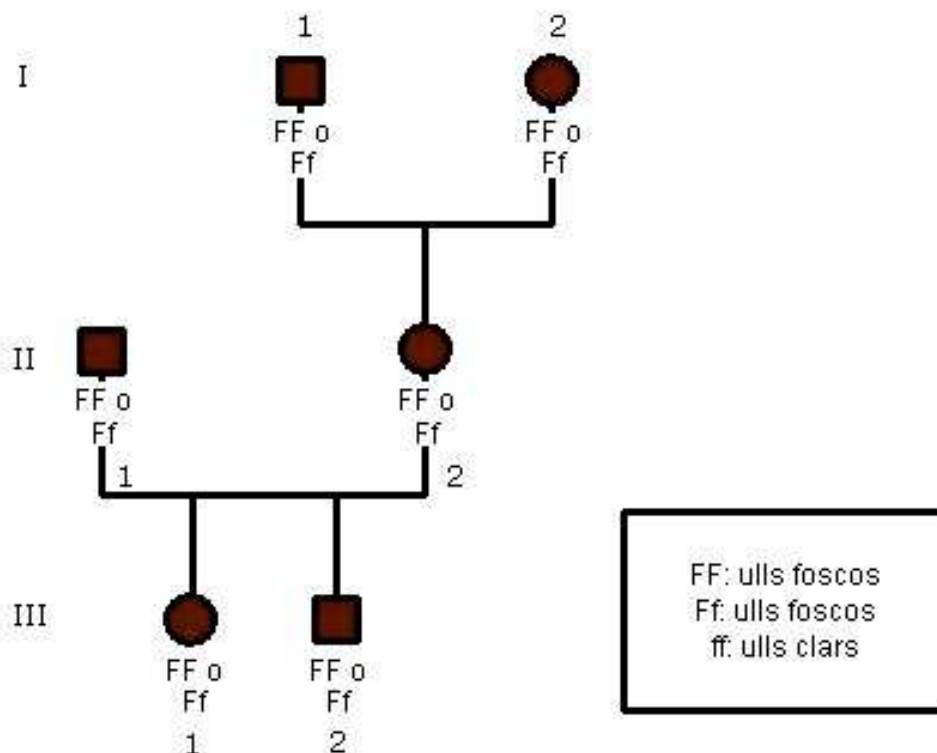
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	6
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		6

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 6 + 0}{2 \cdot 6} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 6} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



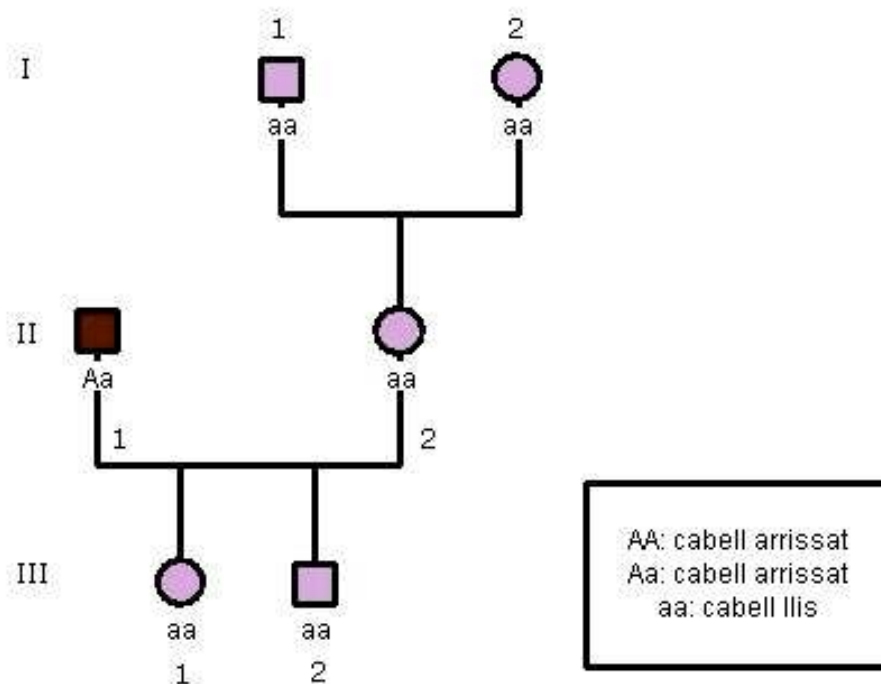
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	6
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		10

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 6 + 0}{2 \cdot 6} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 6} = 0 = 0\%$$

- Naturalresa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	1
Cabell llis	aa	5
		6

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 1}{2 \cdot 6} = 0.0833 = 8.33\%$$

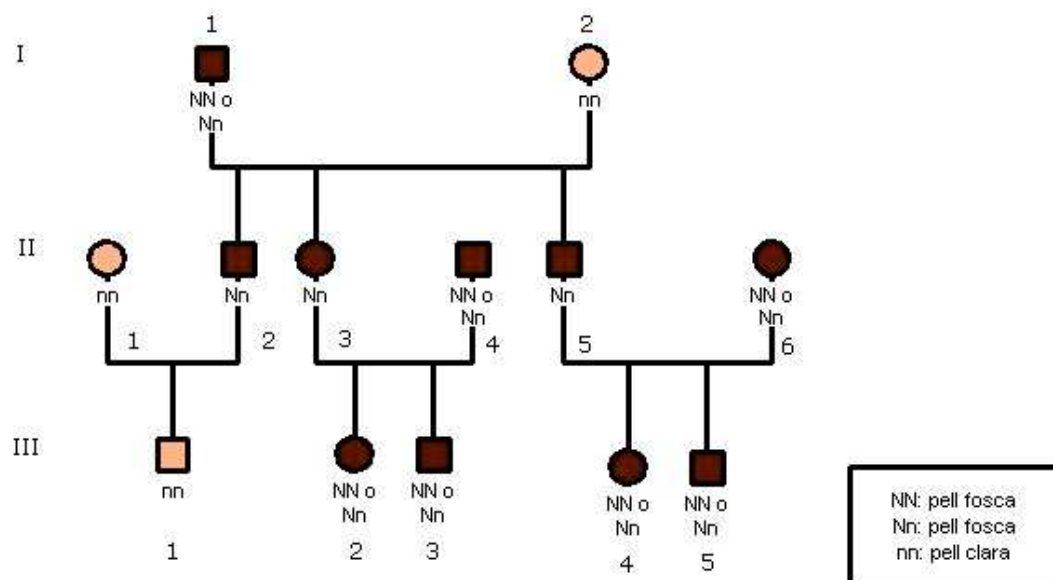
$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 5 + 1}{2 \cdot 6} = 0.9167 = 91.67\%$$

5.9.3. Àsia

5.9.3.1. Índia

5.9.3.1.1. Família 1

- Color de la pell:



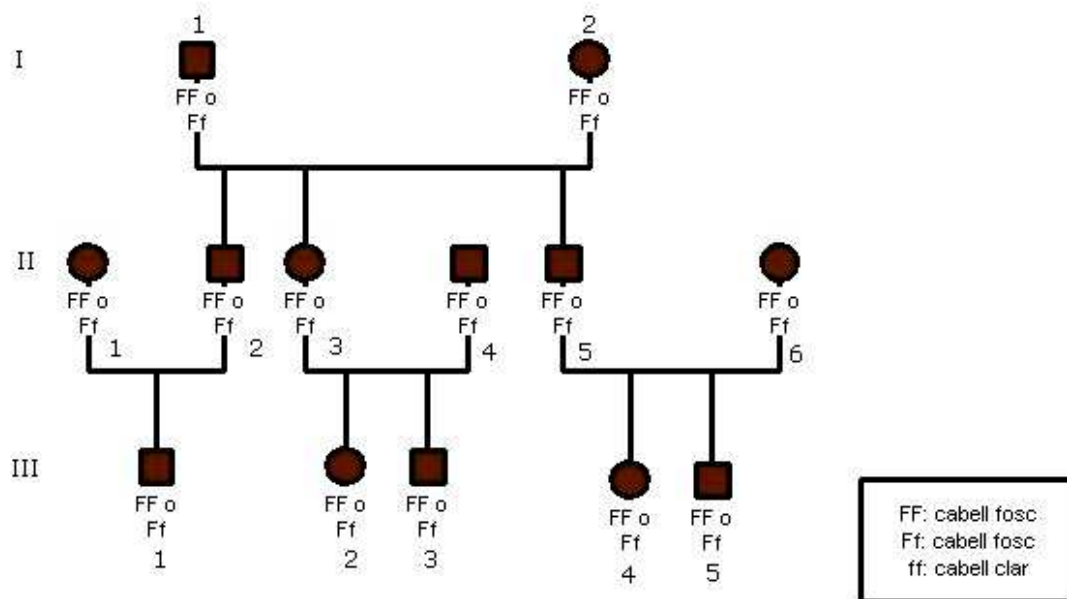
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	7
Pell fosca	Nn	3
Pell clara	nn	3
		13

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 7 + 3}{2 \cdot 13} = 0.6538 = 65.38\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 3 + 3}{2 \cdot 13} = 0.3462 = 34.62\%$$

- Color del cabell:



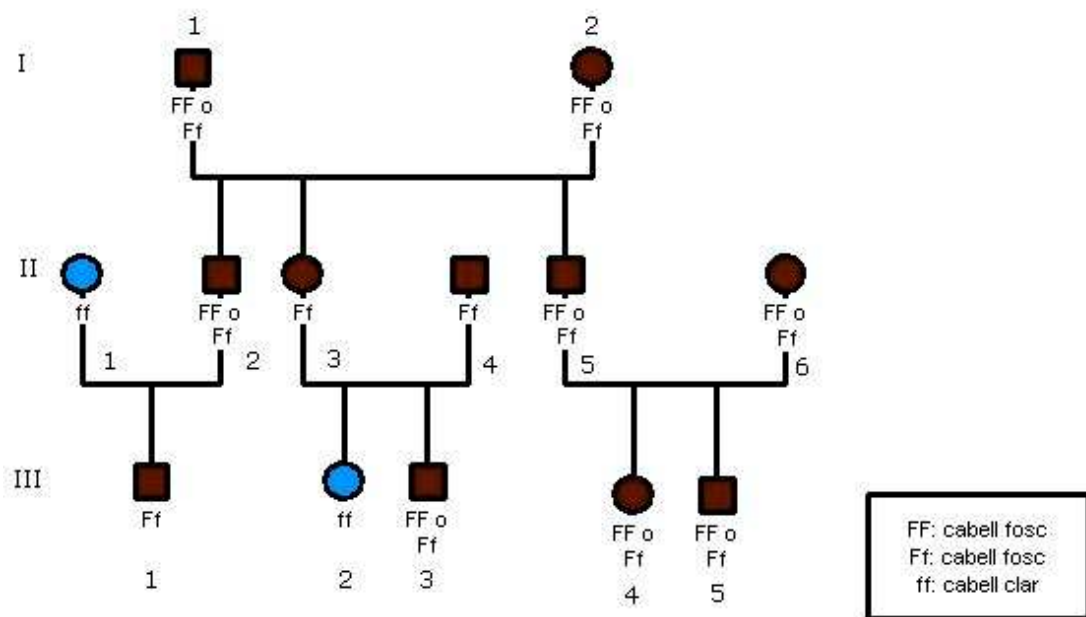
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	13
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		13

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 13 + 0}{2 \cdot 13} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 13} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



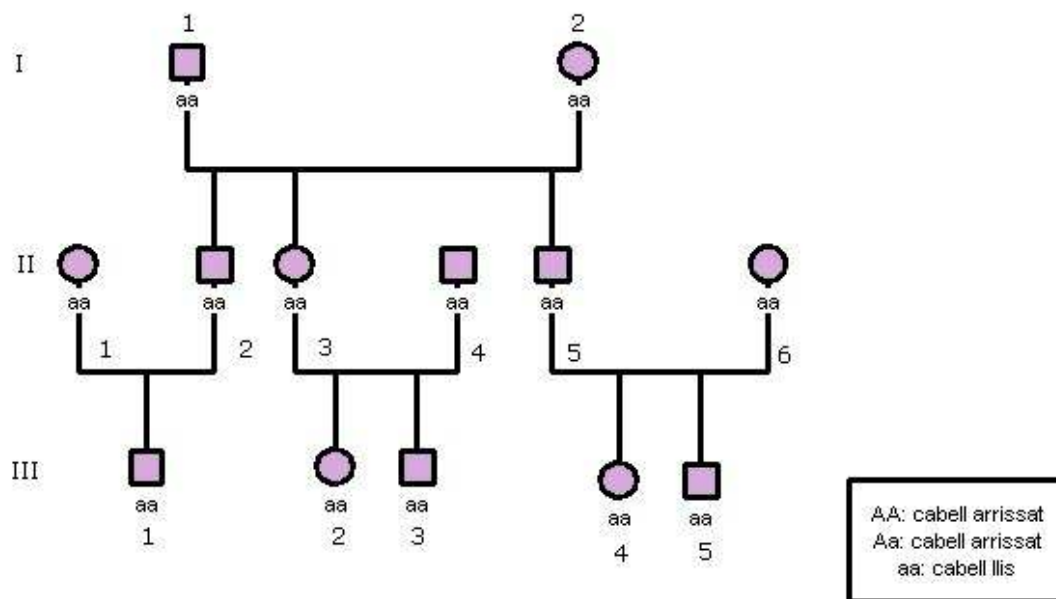
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	8
Ulls foscos	Ff	3
Ulls clars	ff	2
		13

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 8 + 3}{2 \cdot 13} = 0.7308 = 73.08\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 2 + 3}{2 \cdot 13} = 0.2692 = 26.92\%$$

- Naturallesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

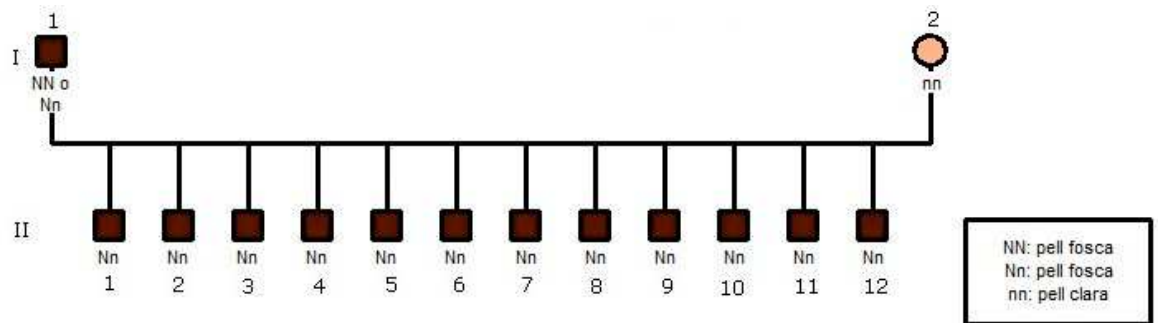
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	13
		13

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 13} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 13 + 0}{2 \cdot 13} = 1 = 100\%$$

5.9.3.1.2. Família 2

- Color de la pell:



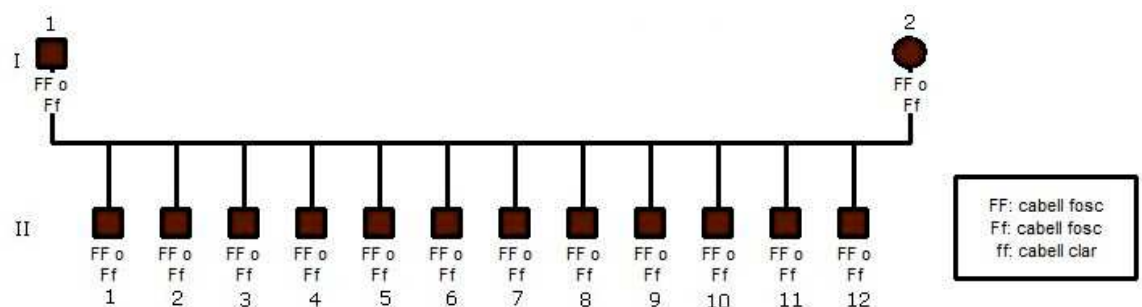
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	1
Pell fosca	Nn	12
Pell clara	nn	1
		14

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 1 + 12}{2 \cdot 14} = 0.5 = 50\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 1 + 12}{2 \cdot 14} = 0.5 = 50\%$$

- Color del cabell:



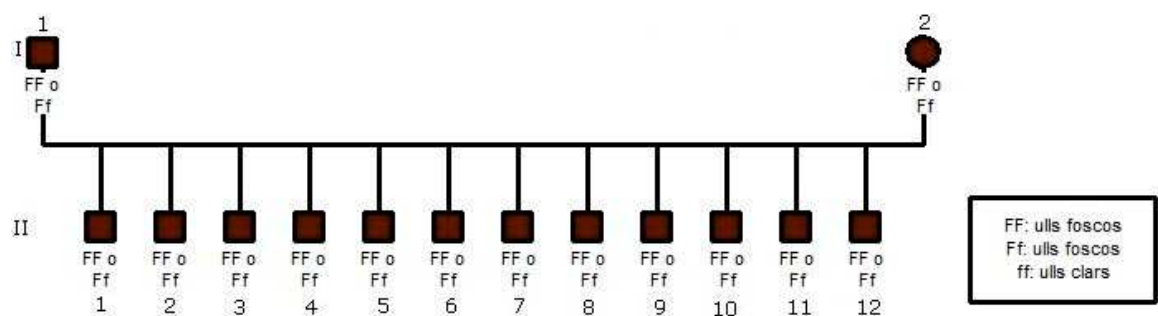
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	14
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		14

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 14 + 0}{2 \cdot 14} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 14} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



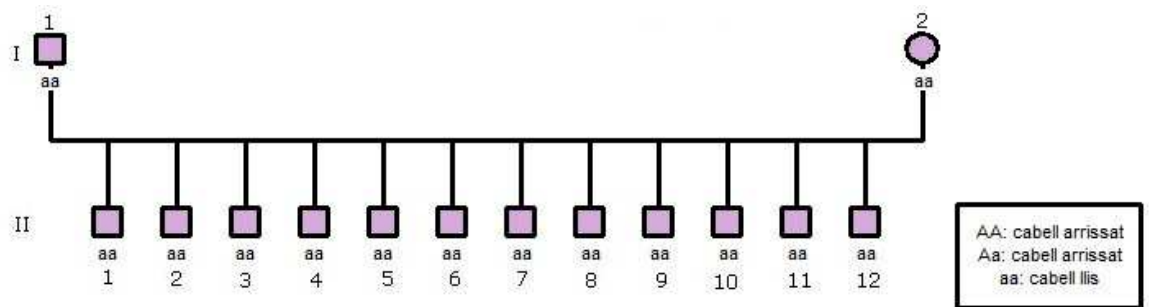
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	14
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		14

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 14 + 0}{2 \cdot 14} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 14} = 0 = 0\%$$

- Naturallesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	14
		14

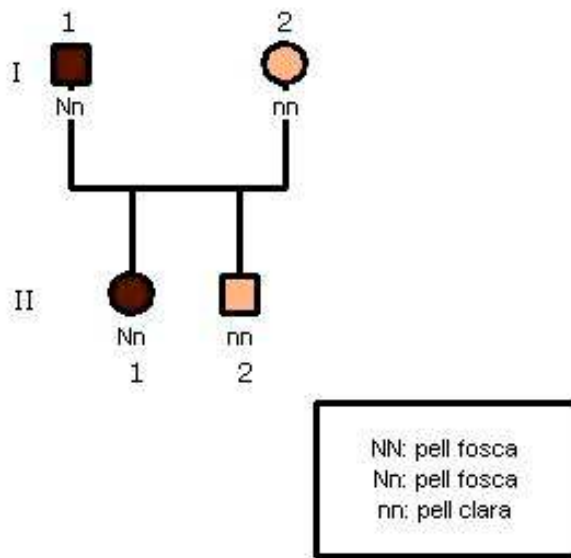
$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 14} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 14 + 0}{2 \cdot 14} = 1 = 100\%$$

5.9.3.2. Turquia

5.9.3.2.1. Família 3

- Color de la pell:



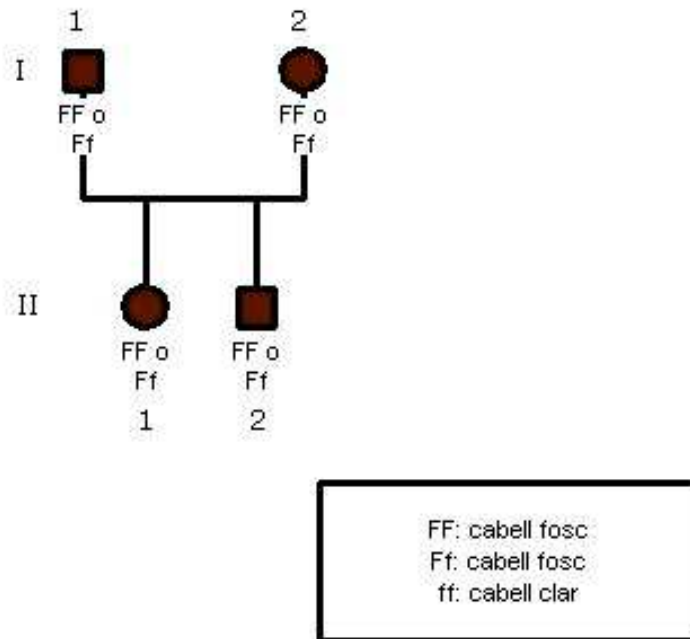
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	2
Pell clara	nn	2
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 2}{2 \cdot 4} = 0.25 = 25\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 2 + 2}{2 \cdot 4} = 0.75 = 75\%$$

- Color del cabell:



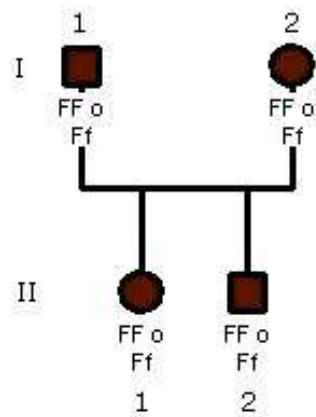
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	4
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



FF: ulls foscos
Ff: ulls foscos
ff: ulls clars

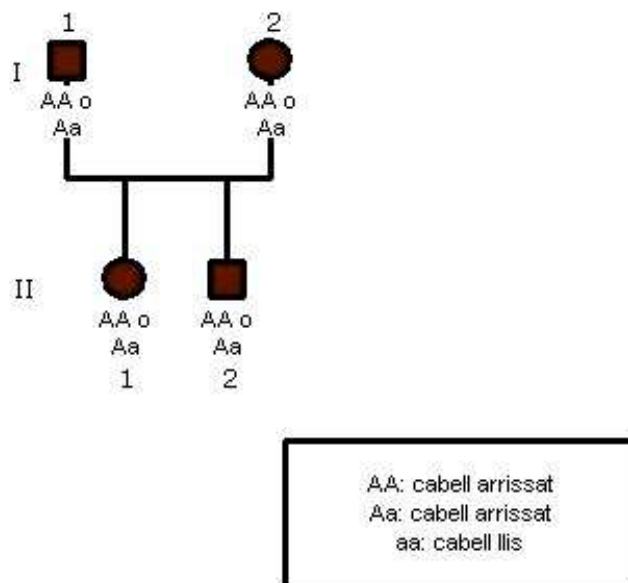
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	4
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

- Naturalresa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	4
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	0
		4

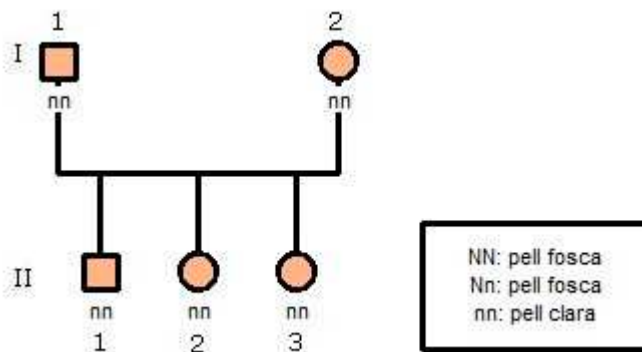
$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

5.9.3.3. Xina

5.9.3.3.1. Família 4

- Color de la pell:



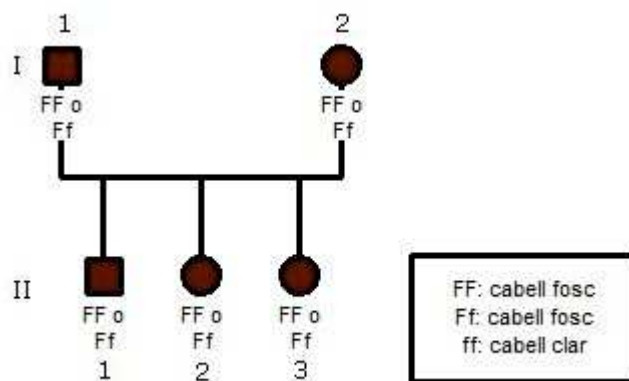
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	5
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

- Color del cabell:



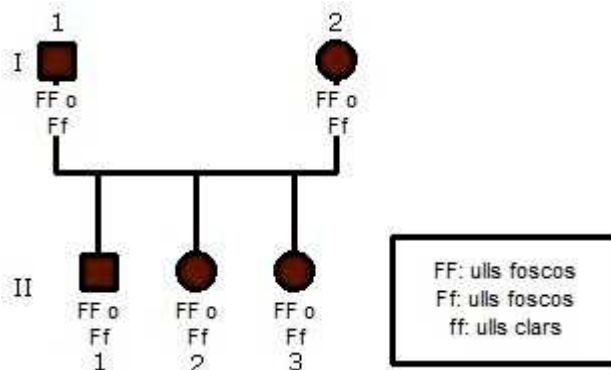
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	5
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



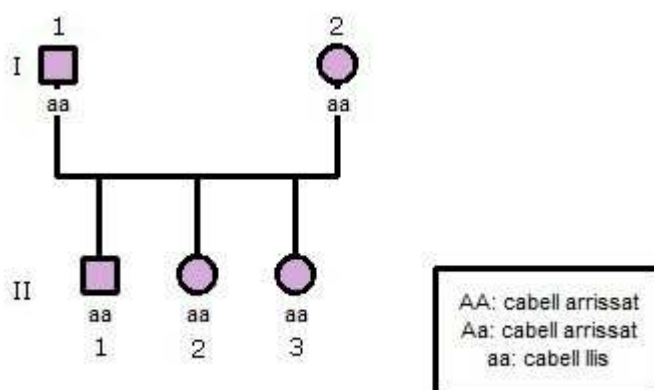
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	5
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

- Naturalisa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

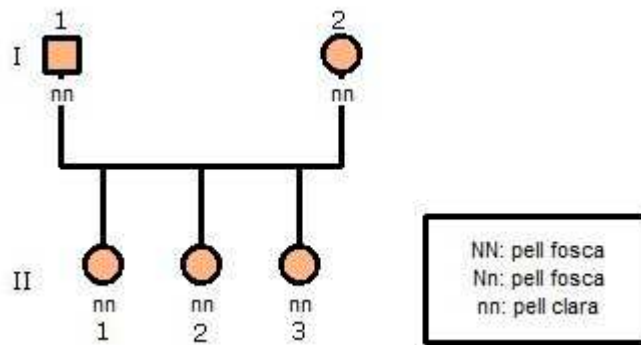
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	5
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } a = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

5.9.3.3.2. Família 5

- Color de la pell:



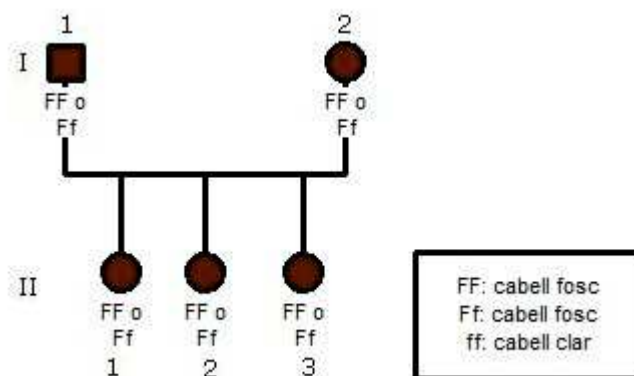
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	5
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel } N = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } n = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

- Color del cabell:



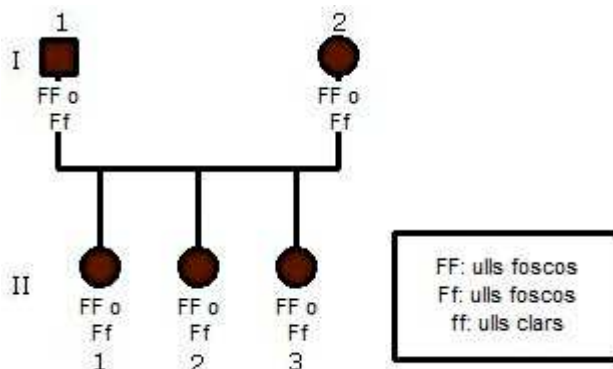
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	5
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



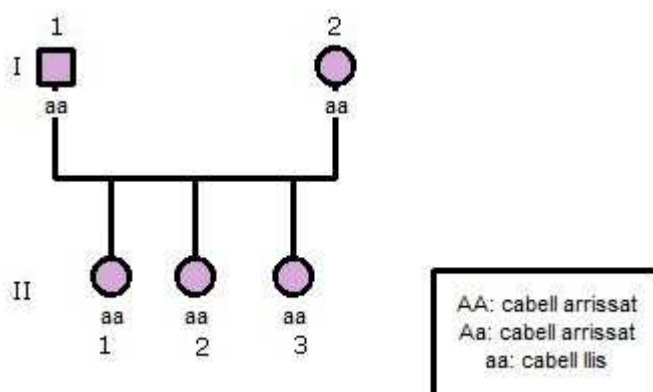
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	5
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

- Naturalisa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

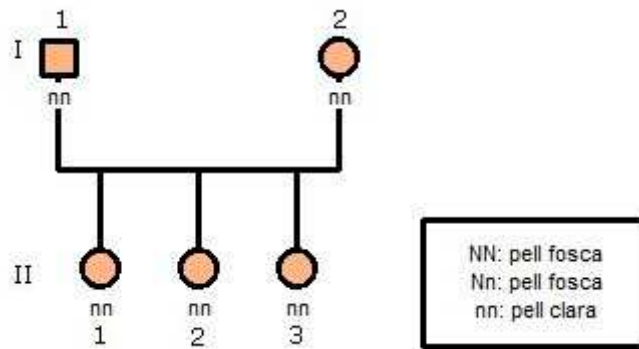
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	5
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } a = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

5.9.3.3.3. Família 6

- Color de la pell:



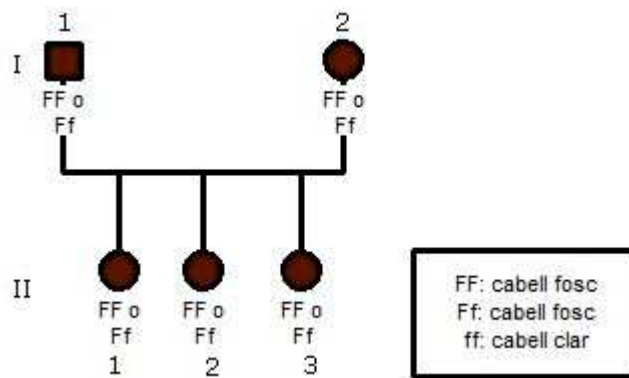
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	5
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel } N = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } n = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

- Color del cabell:



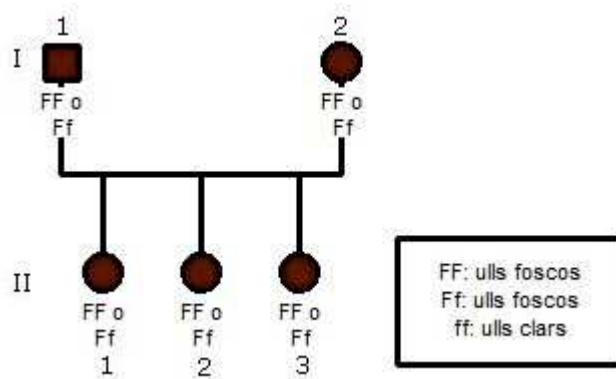
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	5
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



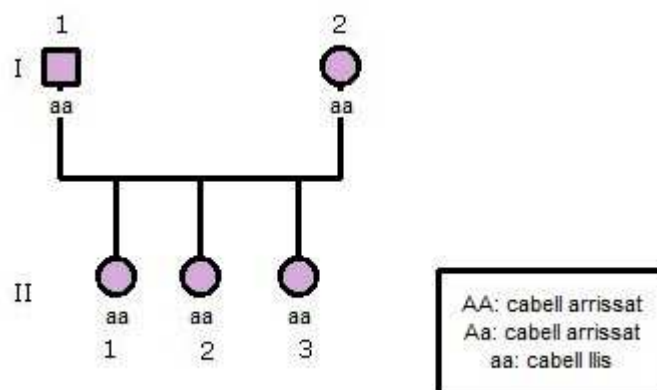
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	5
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

- Naturalitat del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

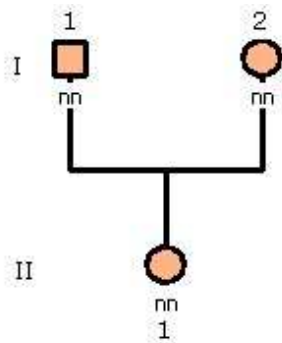
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	5
		5

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 5} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 5 + 0}{2 \cdot 5} = 1 = 100\%$$

5.9.3.3.4. Família 7

- Color de la pell:



NN: pell fosca Nn: pell fosca nn: pell clara
--

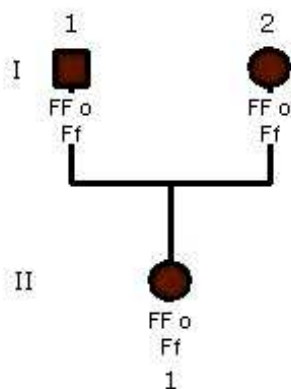
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	3
		3

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 3} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 3 + 0}{2 \cdot 3} = 1 = 100\%$$

- Color del cabell:



FF: cabell fosc
 Ff: cabell fosc
 ff: cabell clar

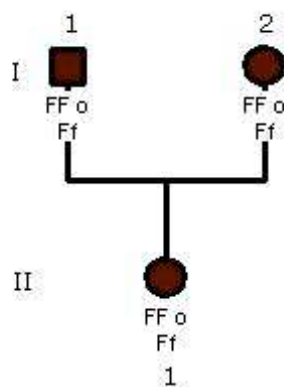
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	3
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		3

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 3 + 0}{2 \cdot 3} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 3} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



FF: ulls foscos
Ff: ulls foscos
ff: ulls clars

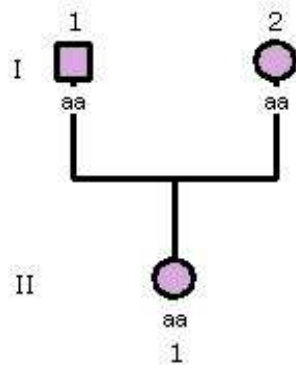
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	3
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		3

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 3 + 0}{2 \cdot 3} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 3} = 0 = 0\%$$

- Naturalesa del cabell:



AA: cabell arrissat
 Aa: cabell arrissat
 aa: cabell llis

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

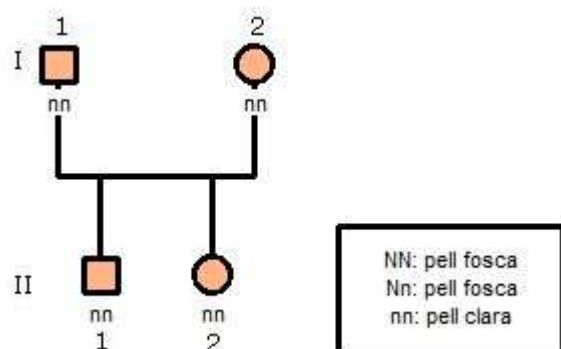
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	3
		3

$$\text{Freqüència de l'al·lel } A = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 3} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } a = \frac{2 \cdot 3 + 0}{2 \cdot 3} = 1 = 100\%$$

5.9.3.3.5. Família 8

- Color de la pell:



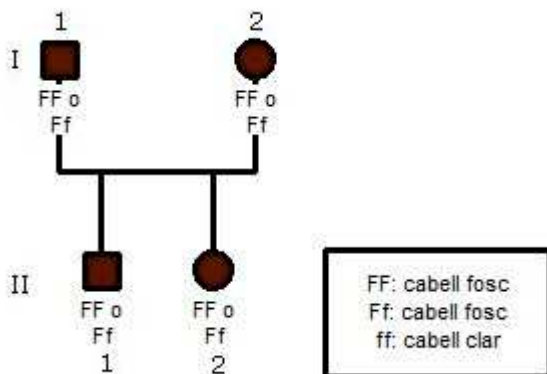
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	4
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

- Color del cabell:



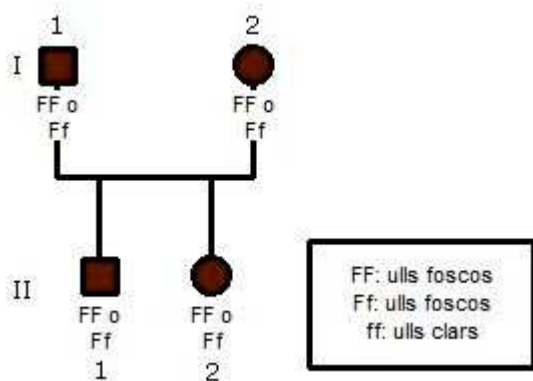
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	4
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



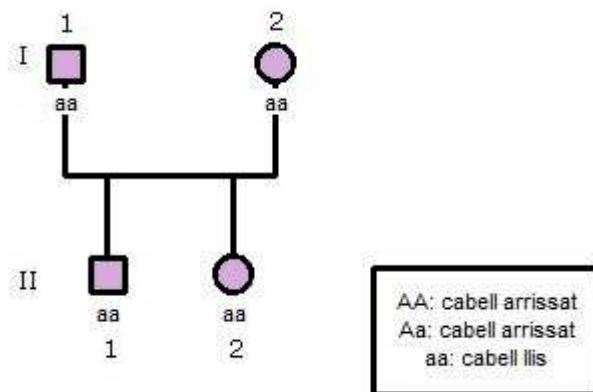
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	4
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

- Naturalesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

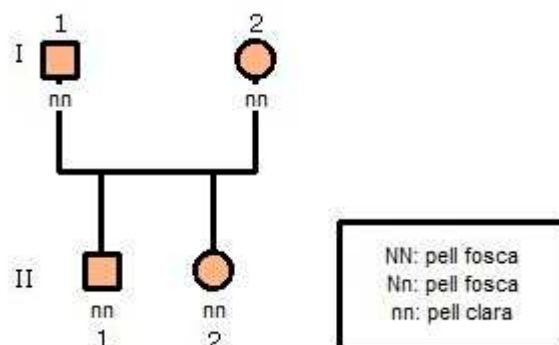
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	4
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel } A = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } a = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

5.9.3.3.6. Família 9

- Color de la pell:



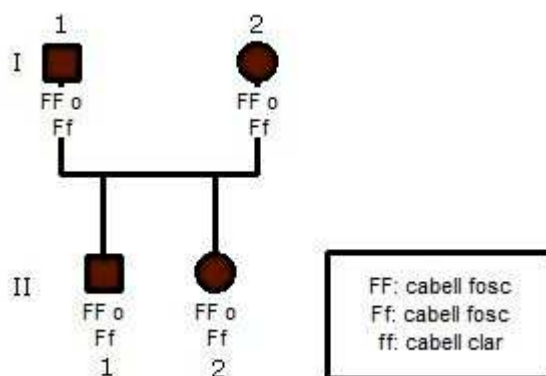
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	4
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

- Color del cabell:



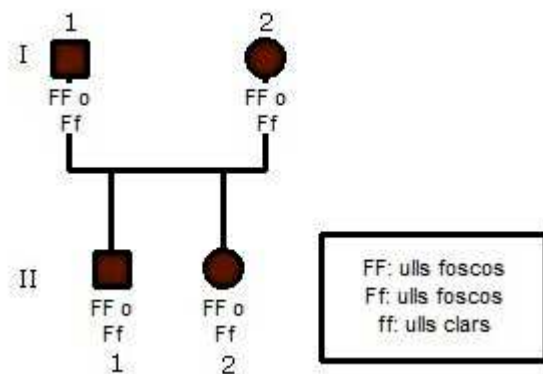
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	4
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



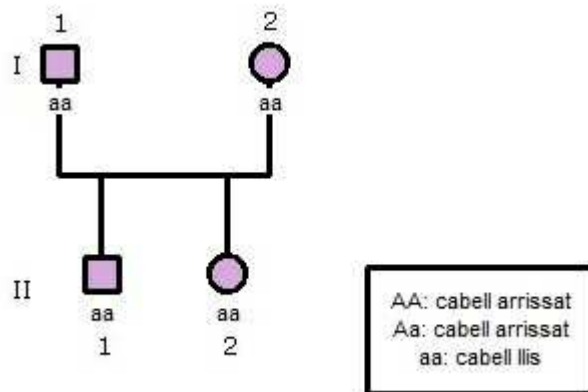
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	4
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

- Naturalesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	4
		4

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

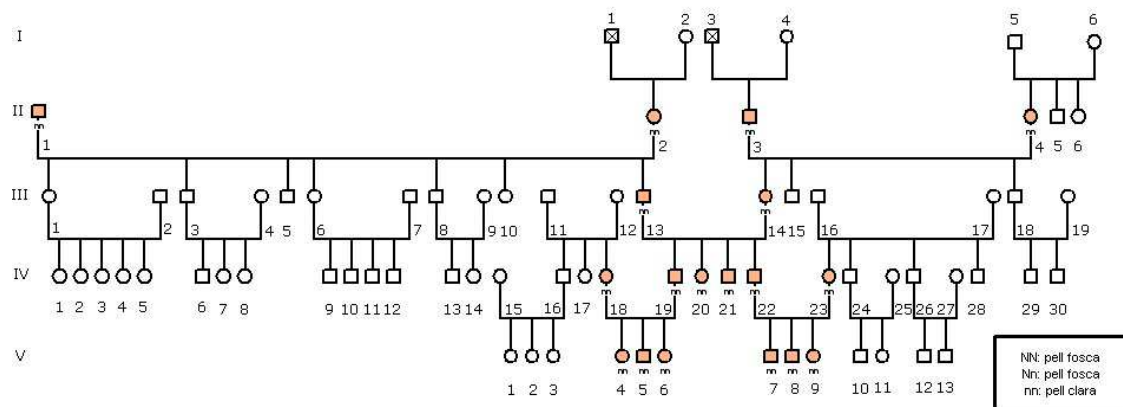
$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

5.9.4. Europa

5.9.4.1. Catalunya

5.9.4.1.1. Família 1

- Color de la pell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

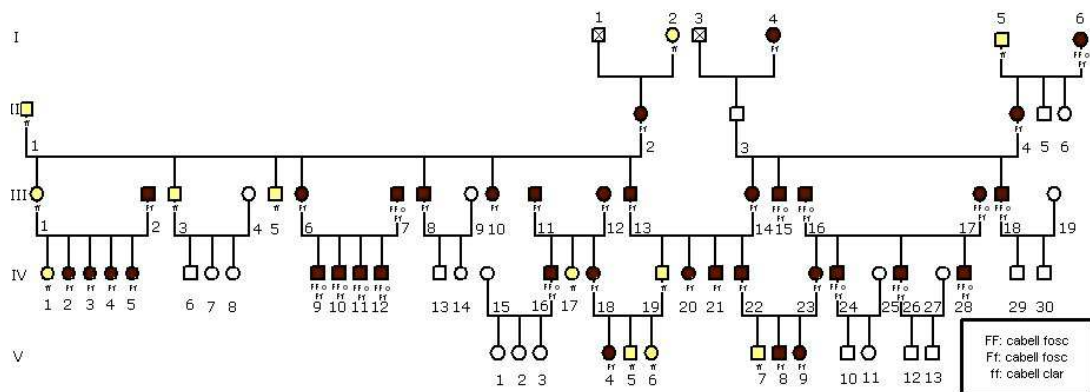
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	18
		18

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 18} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 18 + 0}{2 \cdot 18} = 1 = 100\%$$

Catalunya no va a la deriva (genètica)

- Color del cabell:



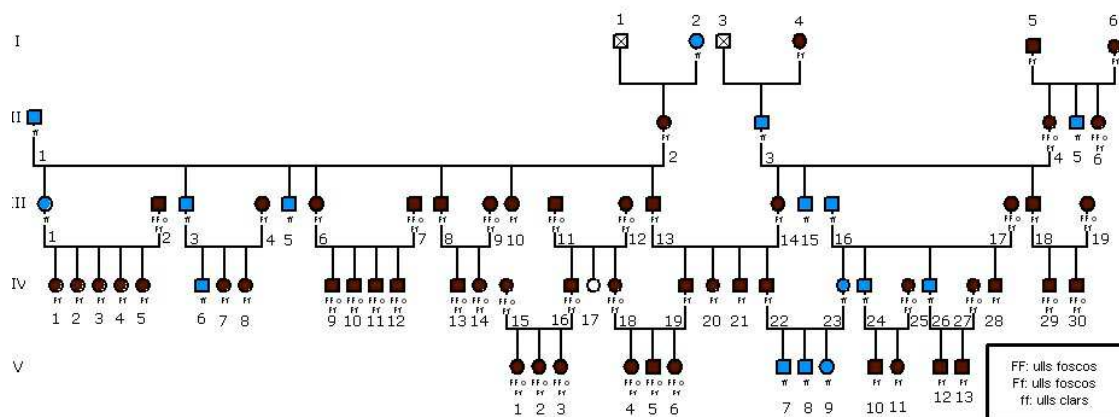
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	23
Cabell fosc	Ff	14
Cabell clar	ff	12
		49

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 23 + 14}{2 \cdot 49} = 0.6122 = 61.22\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 12 + 14}{2 \cdot 49} = 0.3878 = 38.78\%$$

- Color dels ulls:



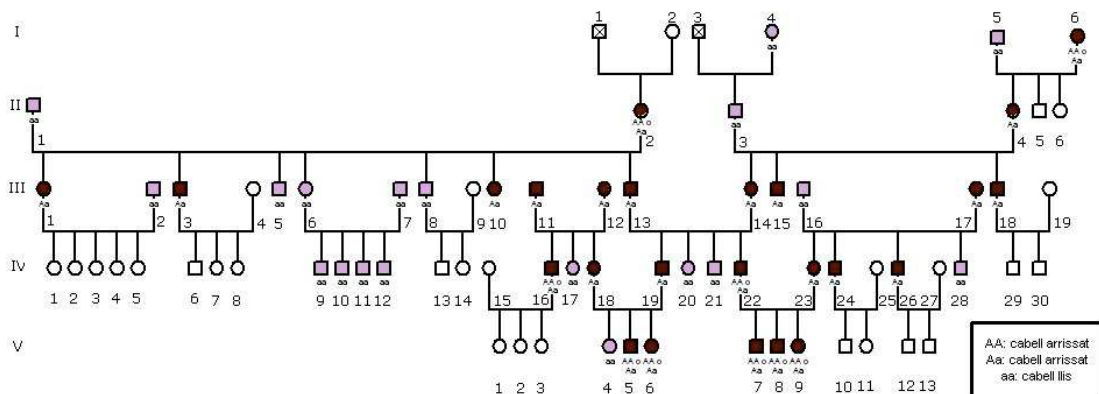
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	28
Ulls foscos	Ff	27
Ulls clars	ff	16
		71

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 28 + 27}{2 \cdot 71} = 0.5845 = 58.45\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 16 + 27}{2 \cdot 71} = 0.4155 = 41.55\%$$

- Naturalesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

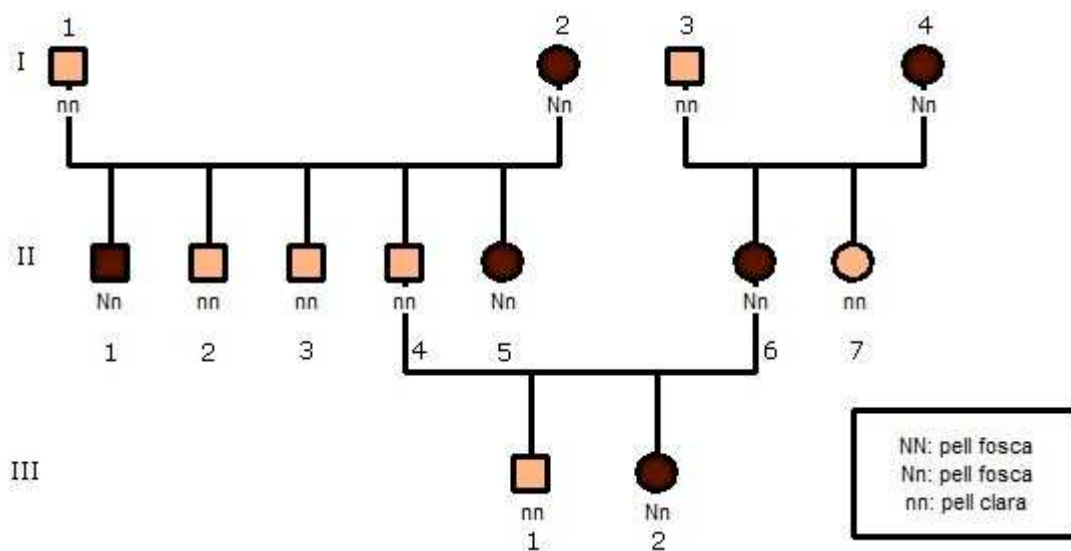
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	8
Cabell arrissat	Aa	16
Cabell llis	aa	19
		43

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 8 + 16}{2 \cdot 43} = 0.3721 = 37.21\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } a = \frac{2 \cdot 19 + 16}{2 \cdot 43} = 0.6279 = 62.79\%$$

5.9.4.1.2. Família 2

- Color de la pell:



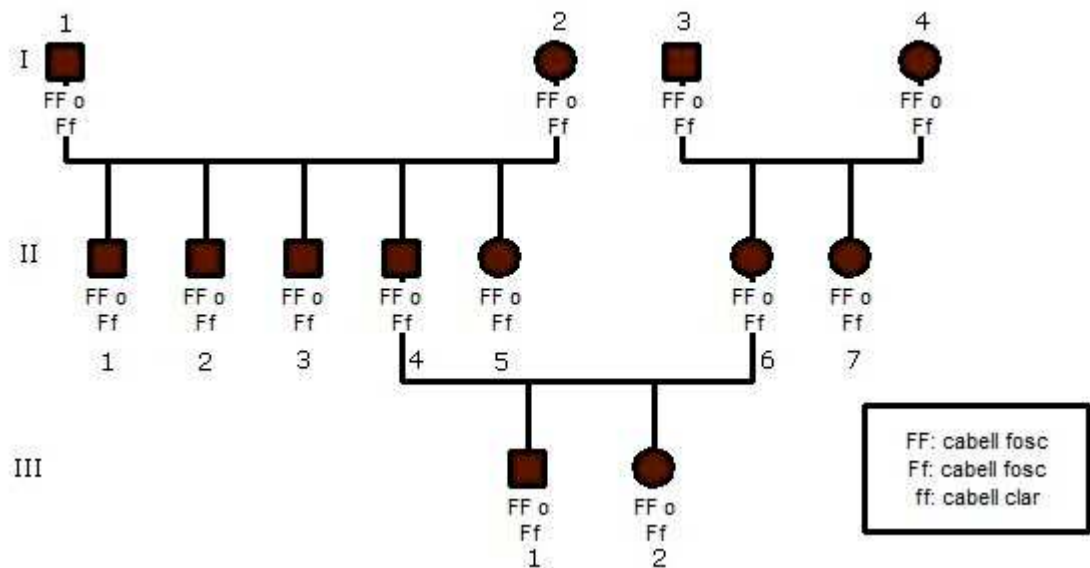
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	6
Pell clara	nn	7
		13

$$\text{Freqüència de l'al·lel } N = \frac{2 \cdot 0 + 6}{2 \cdot 13} = 0.2308 = 23.08\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } n = \frac{2 \cdot 7 + 6}{2 \cdot 13} = 0.7692 = 76.92\%$$

- Color del cabell:



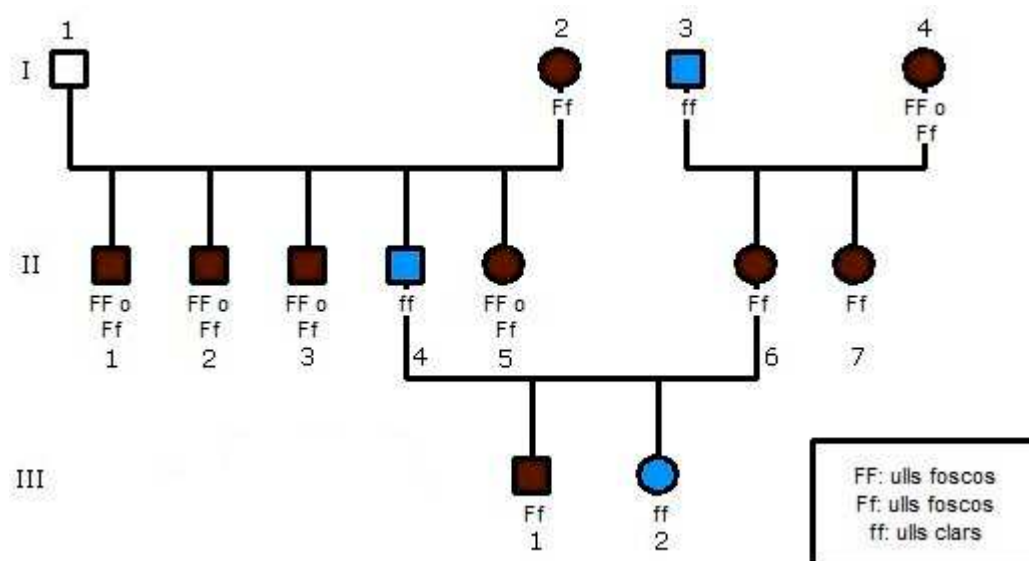
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	13
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		13

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 13 + 0}{2 \cdot 13} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 13} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



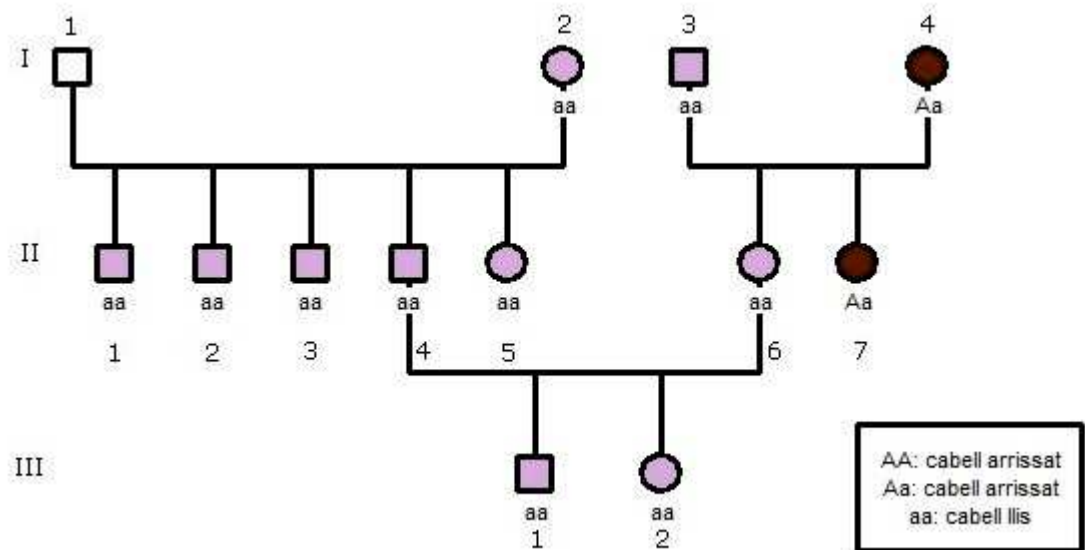
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	5
Ulls foscos	Ff	4
Ulls clars	ff	3
		12

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 5 + 4}{2 \cdot 12} = 0.5833 = 58.33\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 3 + 4}{2 \cdot 12} = 0.4167 = 41.67\%$$

- Naturalresa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

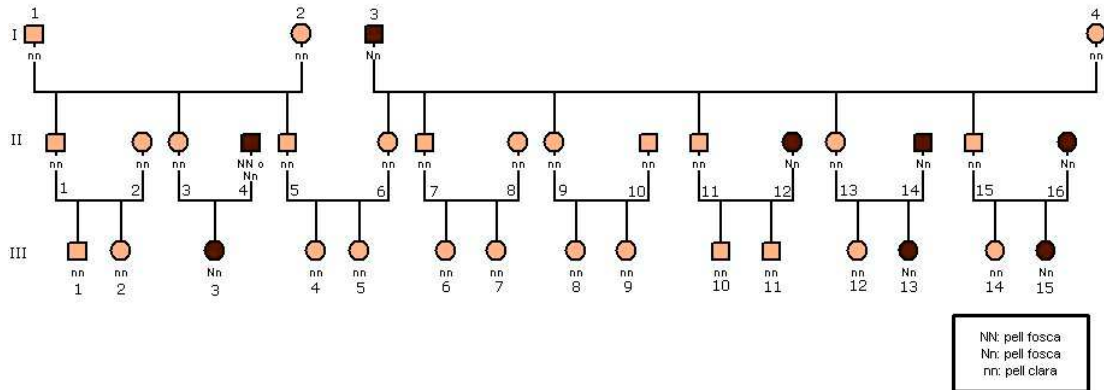
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	2
Cabell llis	aa	10
		12

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 2}{2 \cdot 12} = 0.0833 = 8.33\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 10 + 2}{2 \cdot 12} = 0.9167 = 91.67\%$$

5.9.4.1.3. Família 3

- Color de la pell:



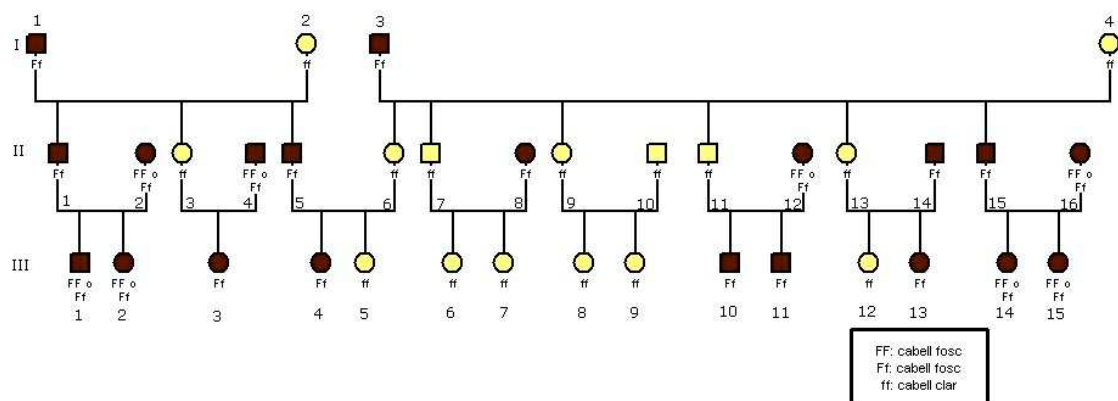
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	1
Pell fosca	Nn	7
Pell clara	nn	27
		35

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 1 + 7}{2 \cdot 35} = 0.1286 = 12.86\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 27 + 7}{2 \cdot 35} = 0.8714 = 87.14\%$$

- Color del cabell:



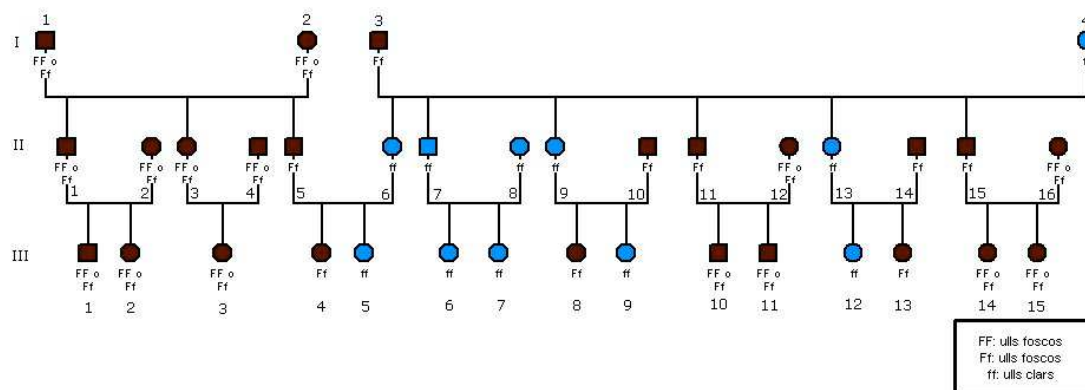
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	8
Cabell fosc	Ff	12
Cabell clar	ff	15
		35

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 8 + 12}{2 \cdot 35} = 0.4 = 40\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 15 + 12}{2 \cdot 35} = 0.6 = 60\%$$

- Color dels ulls:



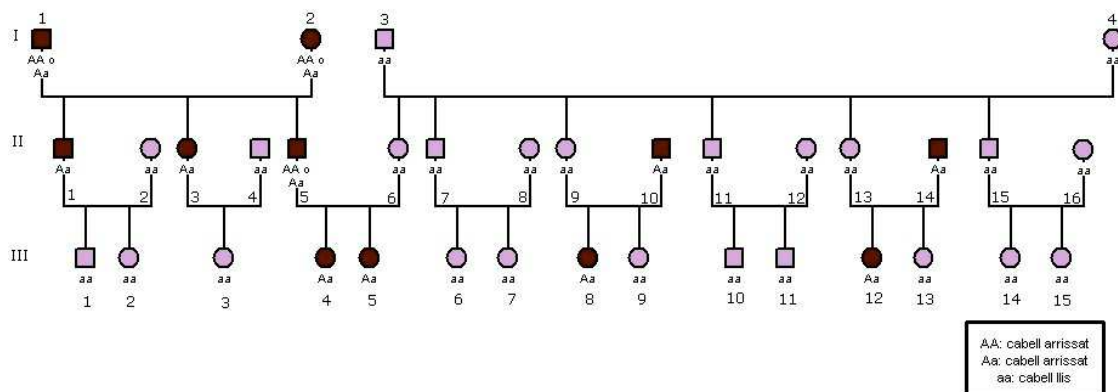
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	15
Ulls foscos	Ff	9
Ulls clars	ff	11
		35

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 15 + 9}{2 \cdot 35} = 0.5571 = 55.71\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 11 + 9}{2 \cdot 35} = 0.4429 = 44.29\%$$

- Naturallesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

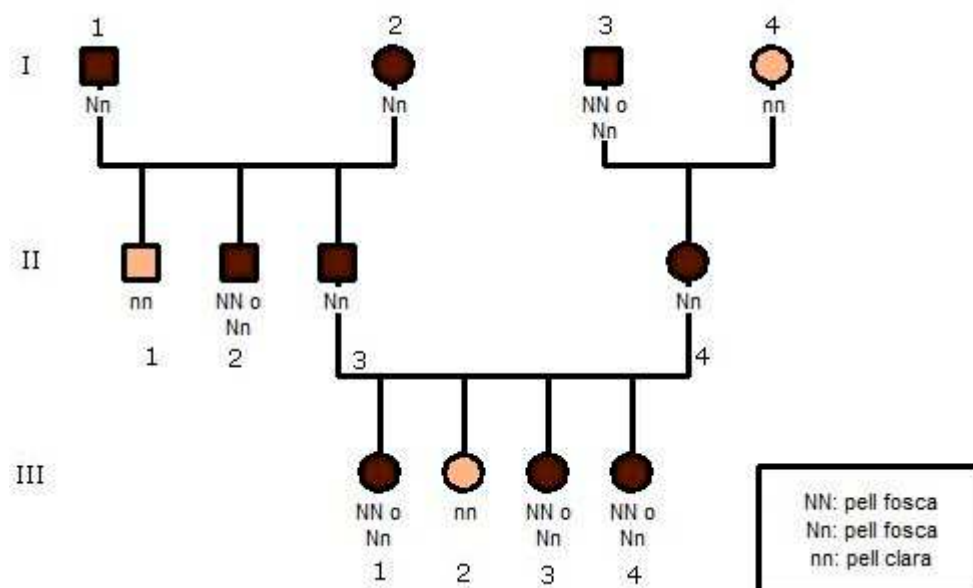
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	3
Cabell arrissat	Aa	8
Cabell llis	aa	24
		35

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 3 + 8}{2 \cdot 35} = 0.2 = 20\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 24 + 8}{2 \cdot 35} = 0.8 = 80\%$$

5.9.4.1.4. Família 4

- Color de la pell:



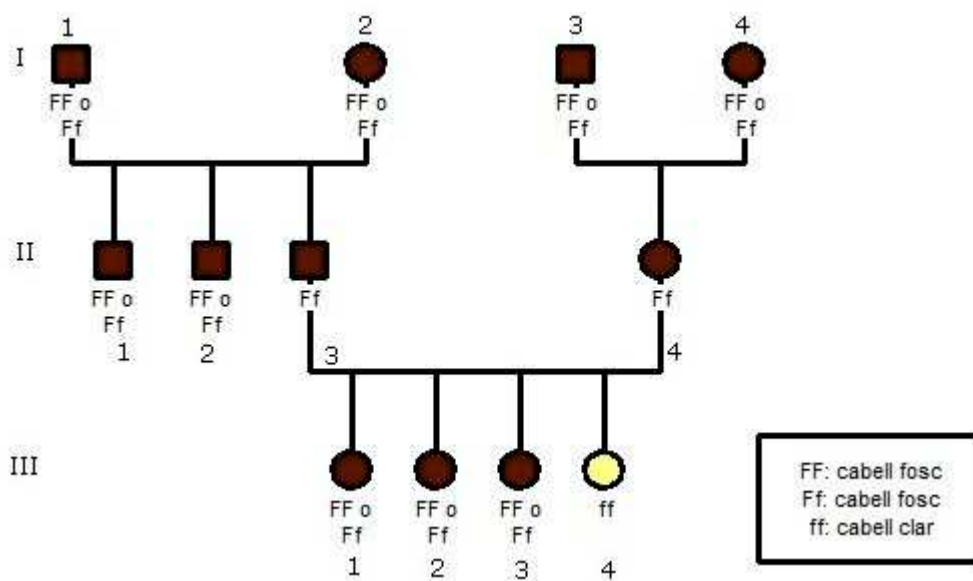
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	5
Pell fosca	Nn	4
Pell clara	nn	3
		12

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 5 + 4}{2 \cdot 12} = 0.5833 = 58.33\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 3 + 4}{2 \cdot 12} = 0.4167 = 41.67\%$$

- Color del cabell:



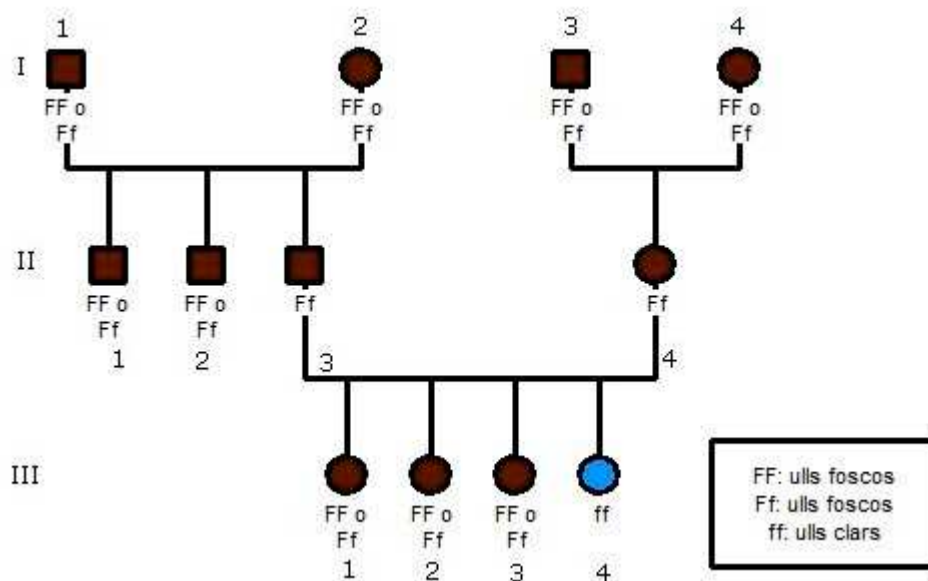
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	9
Cabell fosc	Ff	2
Cabell clar	ff	1
		12

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 9 + 2}{2 \cdot 12} = 0.8333 = 83.33\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 1 + 2}{2 \cdot 12} = 0.1667 = 16.67\%$$

- Color dels ulls:



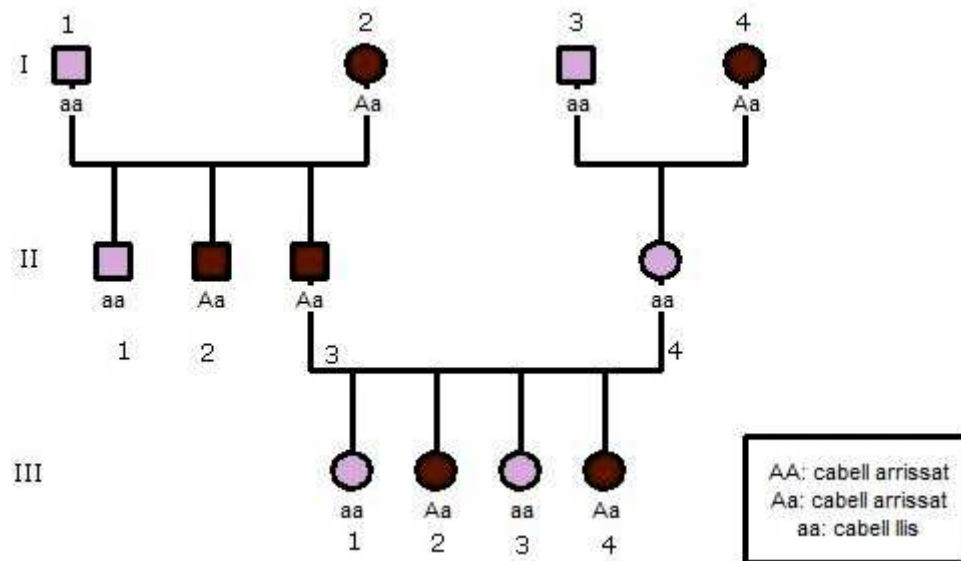
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	9
Ulls foscos	Ff	2
Ulls clars	ff	1
		12

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 9 + 2}{2 \cdot 12} = 0.8333 = 83.33\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 1 + 2}{2 \cdot 12} = 0.1667 = 16.67\%$$

- Naturallesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	6
Cabell llis	aa	6
		12

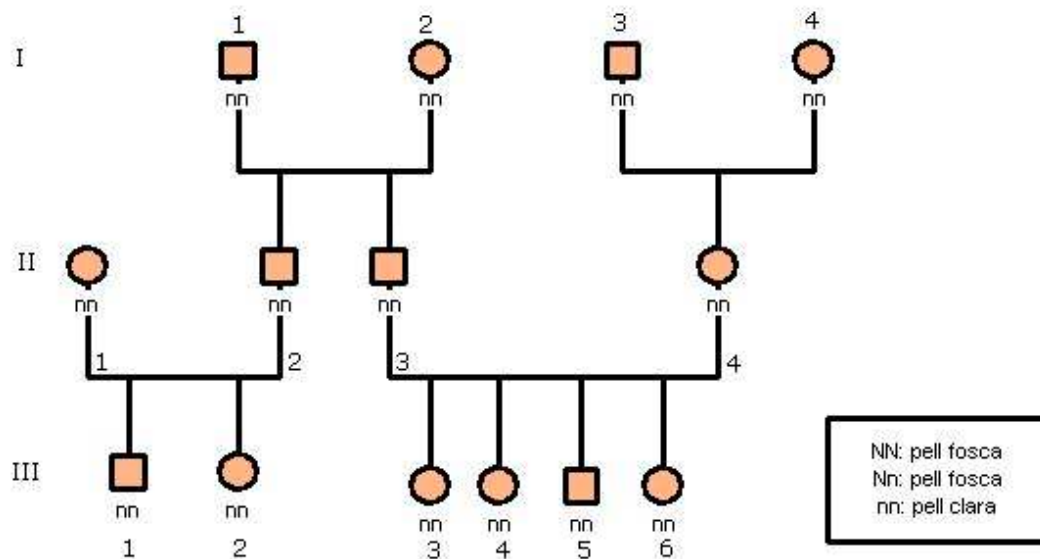
$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 6}{2 \cdot 12} = 0.25 = 25\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 6 + 6}{2 \cdot 12} = 0.75 = 75\%$$

5.9.4.2. Finlàndia

5.9.4.2.1. Família 5

- Color de la pell:



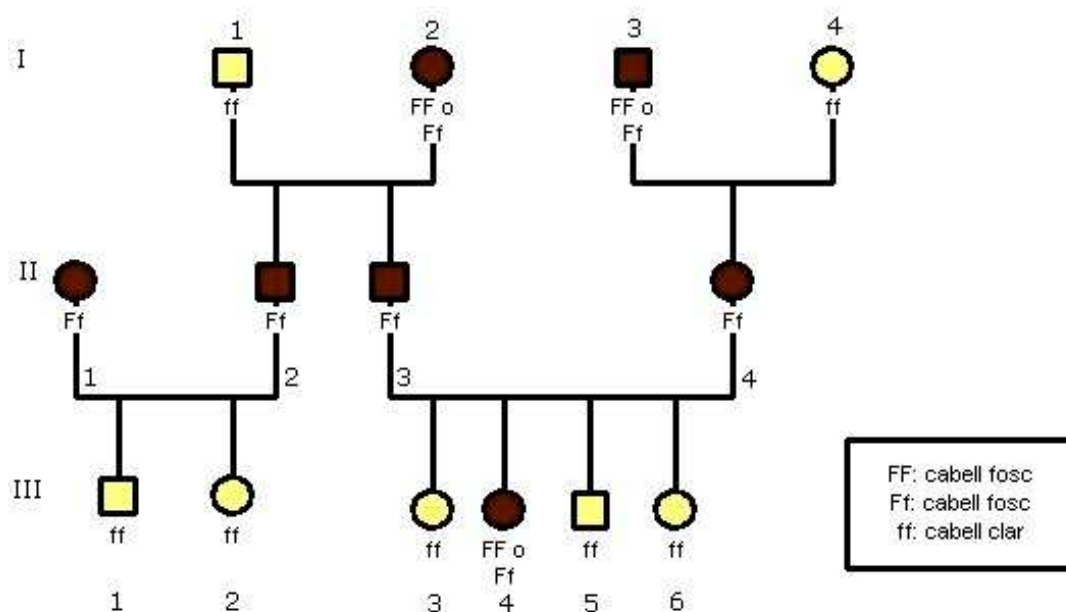
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	14
		14

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 14} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 14 + 0}{2 \cdot 14} = 1 = 100\%$$

- Color del cabell:



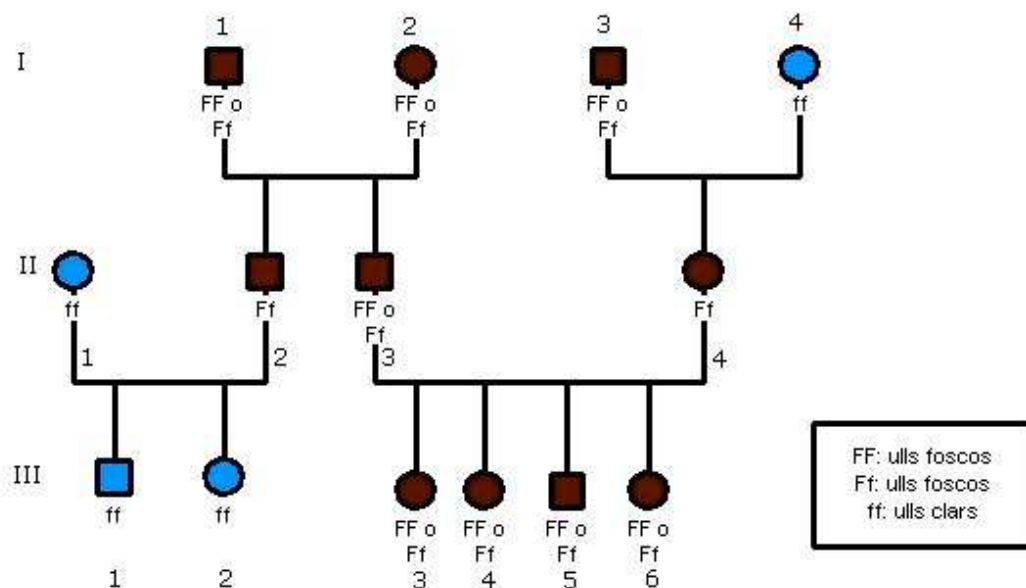
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	3
Cabell fosc	Ff	4
Cabell clar	ff	7
		14

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 3 + 4}{2 \cdot 14} = 0.3571 = 35.71\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 7 + 4}{2 \cdot 14} = 0.6429 = 64.29\%$$

- Color dels ulls:



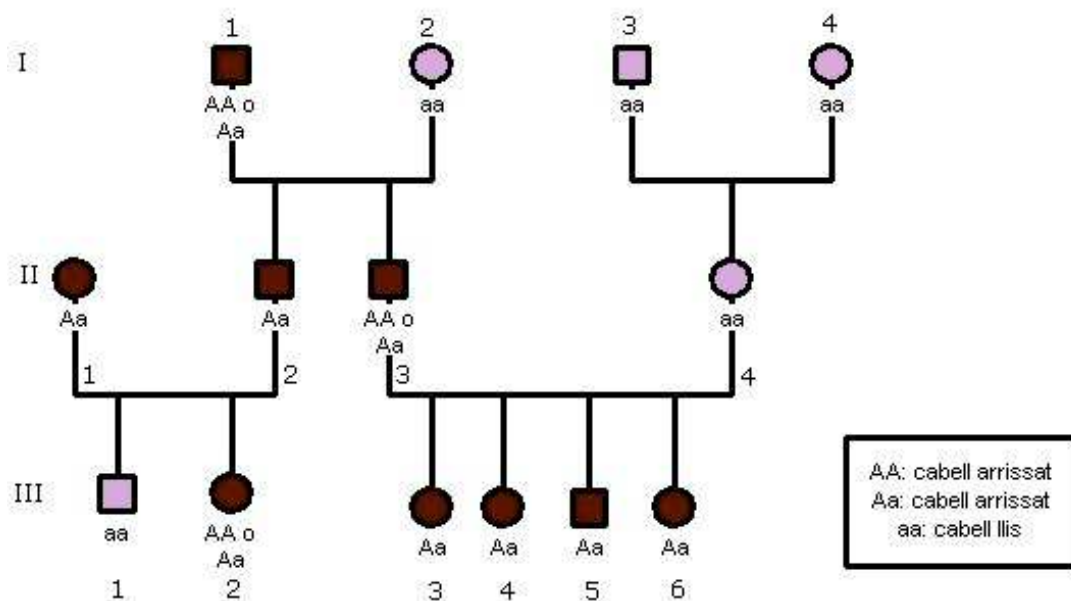
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	8
Ulls foscos	Ff	2
Ulls clars	ff	4
		14

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 8 + 2}{2 \cdot 14} = 0.6429 = 64.29\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 4 + 2}{2 \cdot 14} = 0.3571 = 35.71\%$$

- Naturallesa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	2
Cabell arrissat	Aa	5
Cabell llis	aa	7
		14

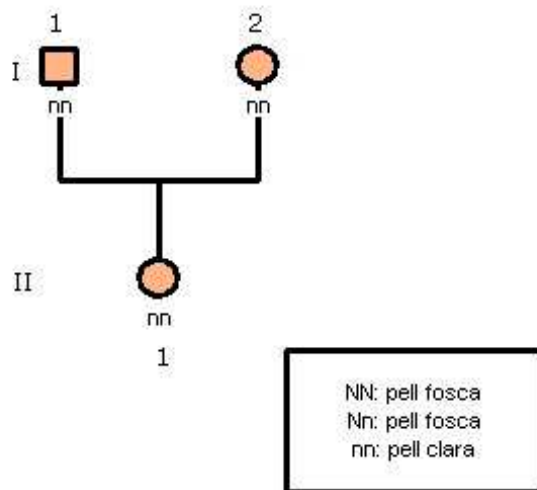
$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 2 + 5}{2 \cdot 14} = 0.3214 = 32.14\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 7 + 5}{2 \cdot 14} = 0.6786 = 67.86\%$$

5.9.4.3. Polònia

5.9.4.3.1. Família 6

- Color de la pell:



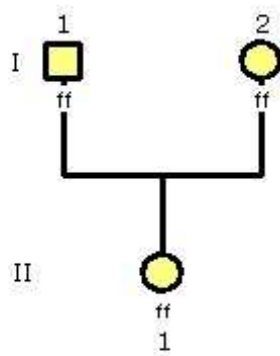
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	3
		3

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 3} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 3 + 0}{2 \cdot 3} = 1 = 100\%$$

- Color del cabell:



FF: cabell fosc
 Ff: cabell fosc
 ff: cabell clar

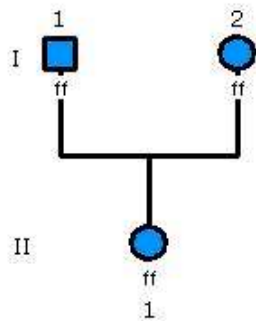
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	0
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	3
		3

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 3} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 3 + 0}{2 \cdot 3} = 1 = 100\%$$

- Color dels ulls:



FF: ulls foscos
Ff: ulls foscos
ff: ulls clars

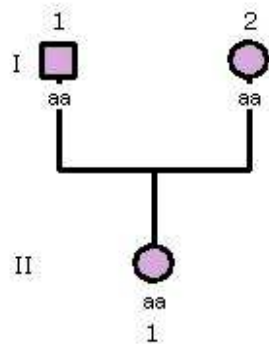
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	0
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	3
		3

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 3} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 3 + 0}{2 \cdot 3} = 1 = 100\%$$

- Naturalesa del cabell:



AA: cabell arrissat
Aa: cabell arrissat
aa: cabell llis

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	3
		3

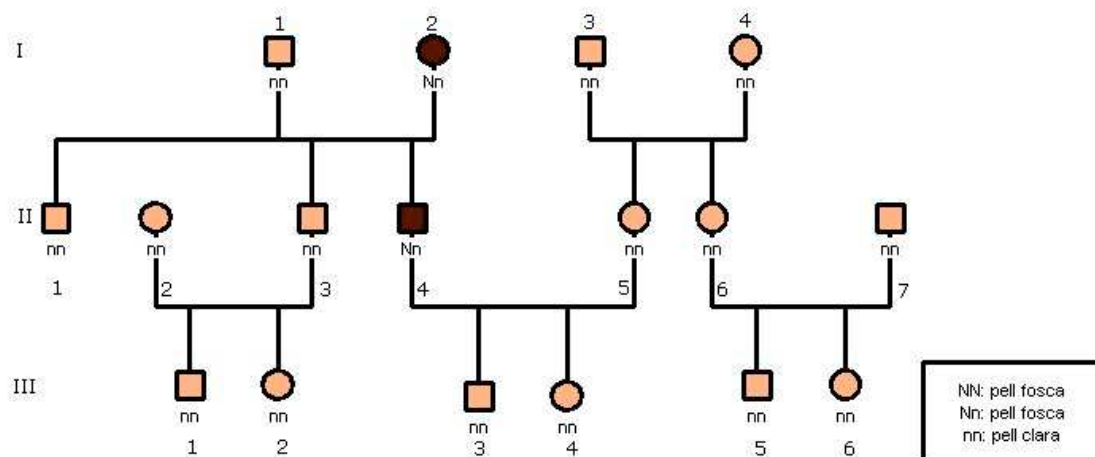
$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 3} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 3 + 0}{2 \cdot 3} = 1 = 100\%$$

5.9.4.4. Romania

5.9.4.4.1. Família 7

- Color de la pell:



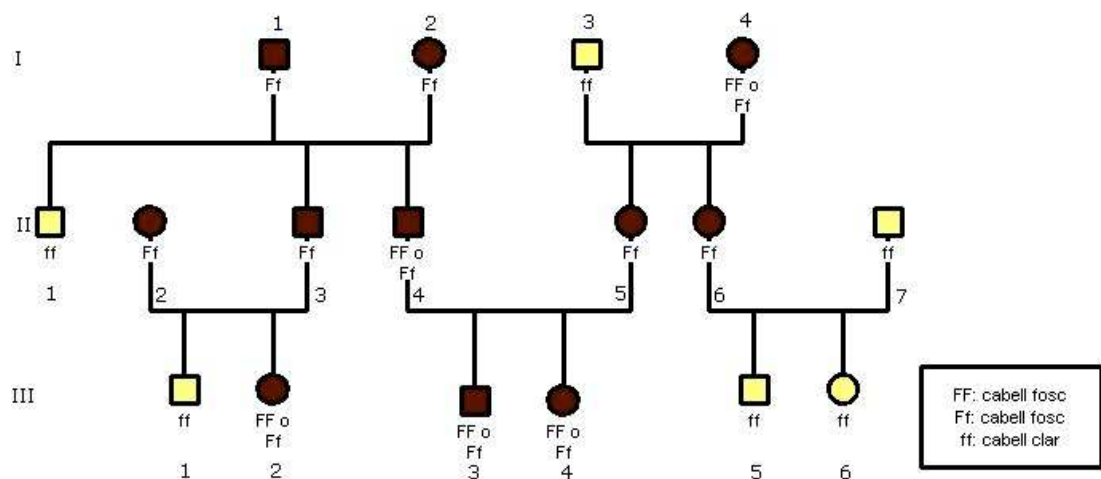
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	2
Pell clara	nn	15
		17

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 2}{2 \cdot 17} = 0.0588 = 5.88\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 15 + 2}{2 \cdot 17} = 0.9412 = 94.12\%$$

- Color del cabell:



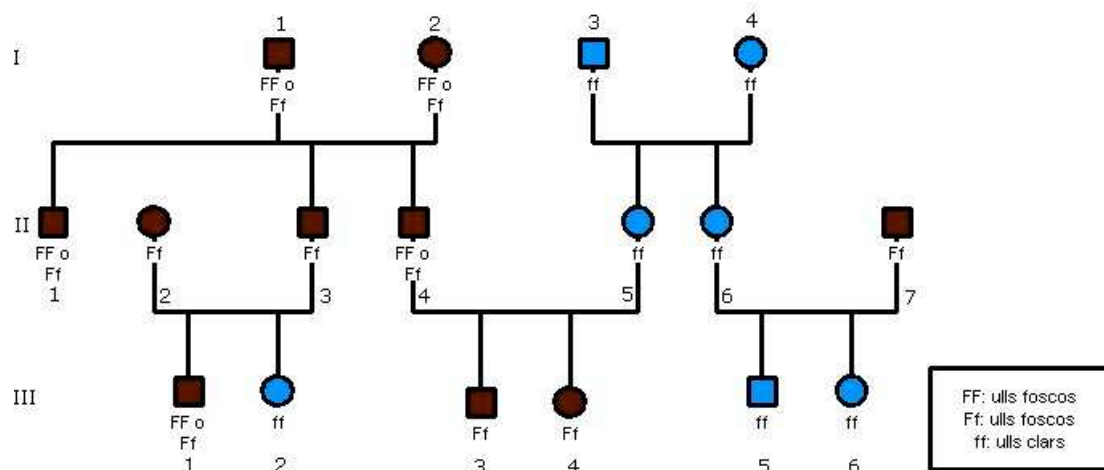
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	5
Cabell fosc	Ff	6
Cabell clar	ff	6
		17

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 5 + 6}{2 \cdot 17} = 0.4706 = 47.06\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 6 + 6}{2 \cdot 17} = 0.5294 = 52.94\%$$

- Color dels ulls:



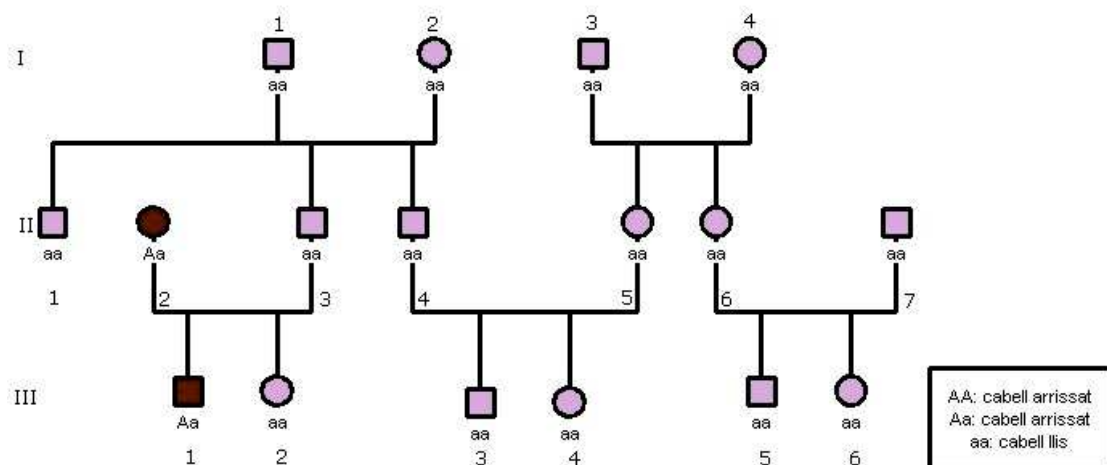
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	5
Ulls foscos	Ff	5
Ulls clars	ff	7
		17

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 5 + 5}{2 \cdot 17} = 0.4412 = 44.12\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 7 + 5}{2 \cdot 17} = 0.5588 = 55.88\%$$

- Naturalresa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

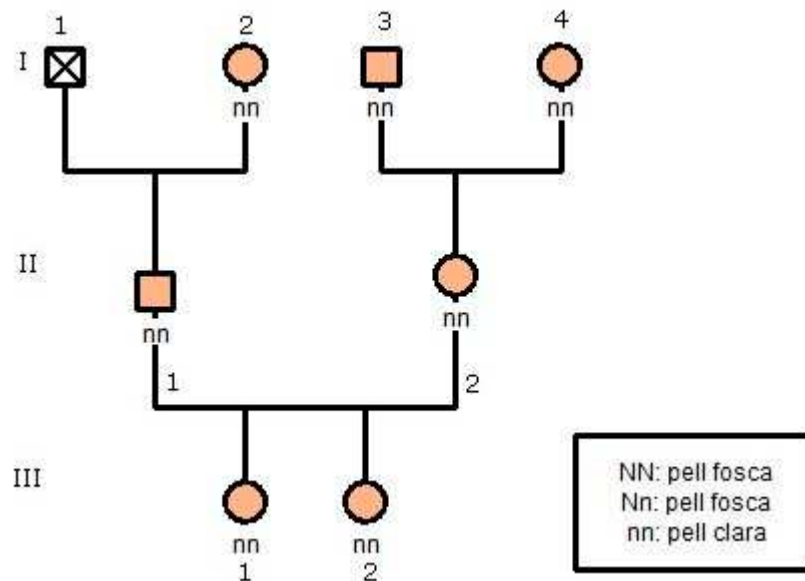
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	2
Cabell llis	aa	15
		17

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 2}{2 \cdot 17} = 0.0588 = 5.88\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 15 + 2}{2 \cdot 17} = 0.9412 = 94.12\%$$

5.9.4.4.2. Família 8

- Color de la pell:



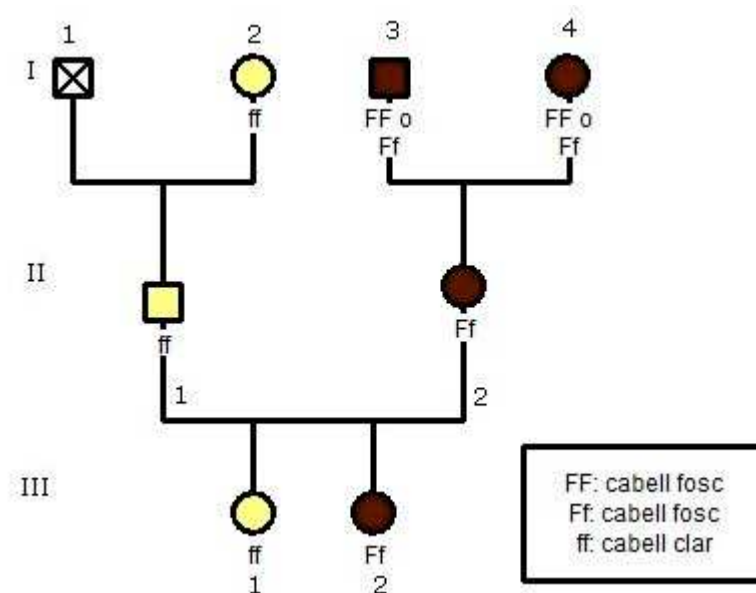
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	7
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

- Color del cabell:



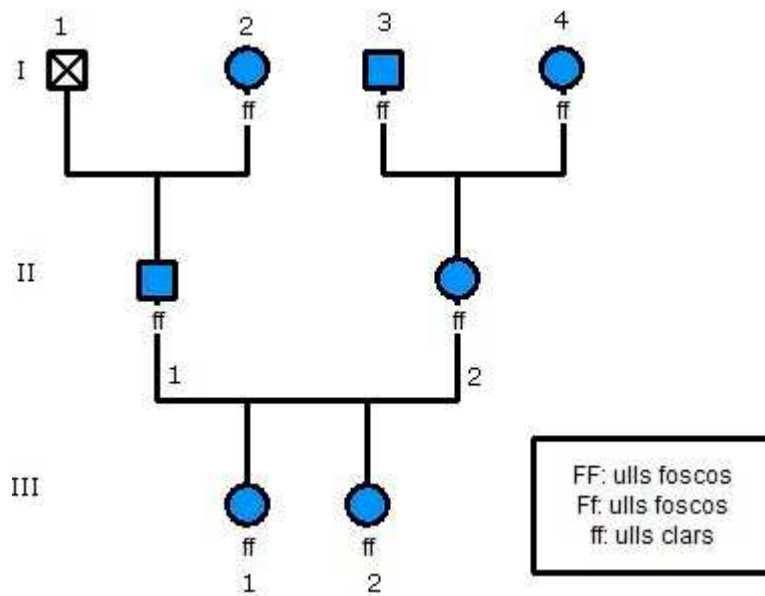
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	2
Cabell fosc	Ff	2
Cabell clar	ff	3
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 2 + 2}{2 \cdot 7} = 0.4286 = 42.86\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 3 + 2}{2 \cdot 7} = 0.5714 = 57.14\%$$

- Color dels ulls:



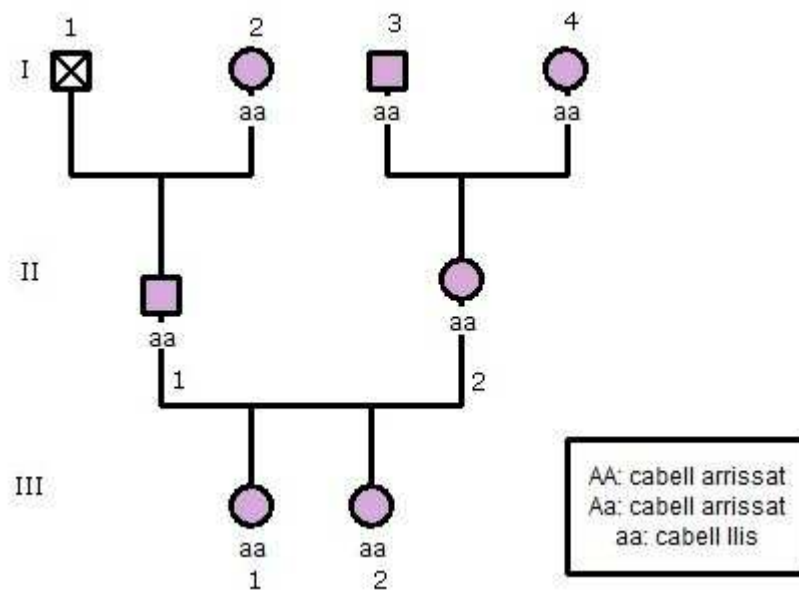
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	0
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	7
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

- Naturalresa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

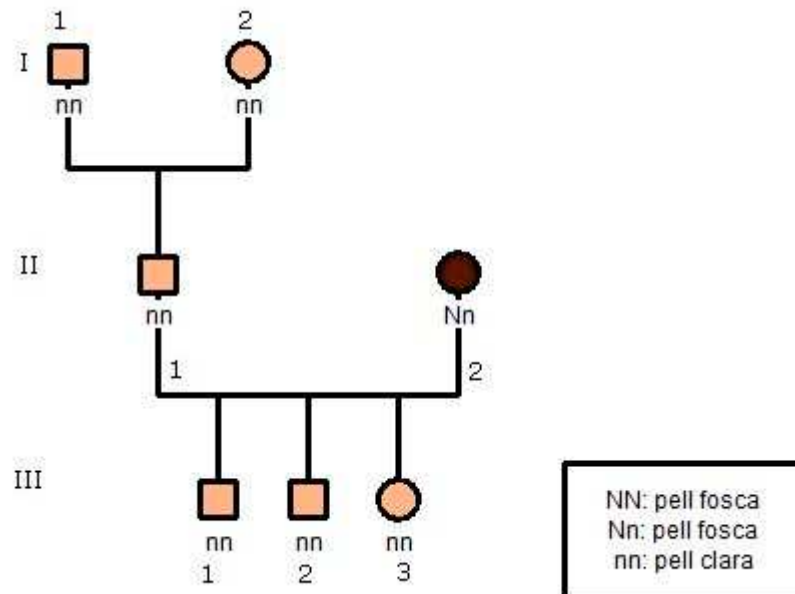
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	7
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

5.9.4.4.3. Família 9

- Color de la pell:



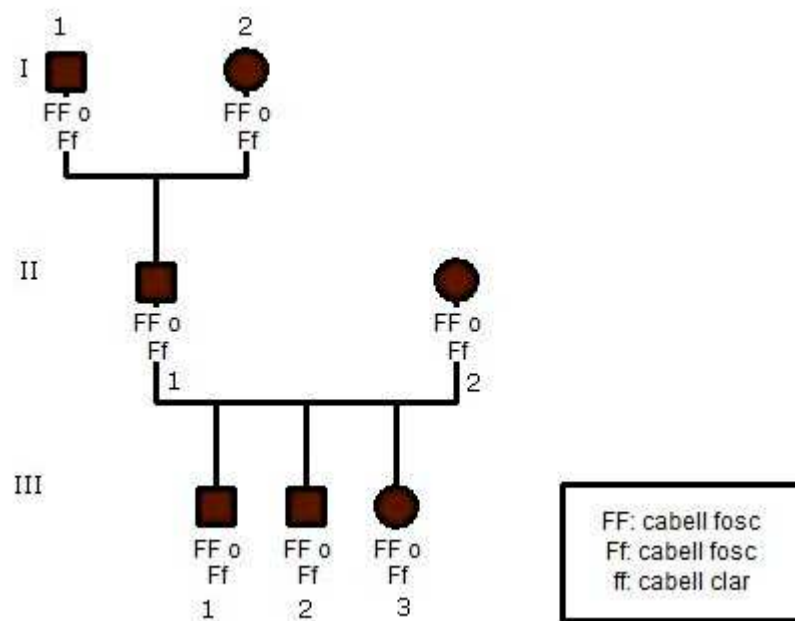
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	1
Pell clara	nn	6
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 1}{2 \cdot 7} = 0.0714 = 7.14\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 6 + 1}{2 \cdot 7} = 0.9286 = 92.86\%$$

- Color del cabell:



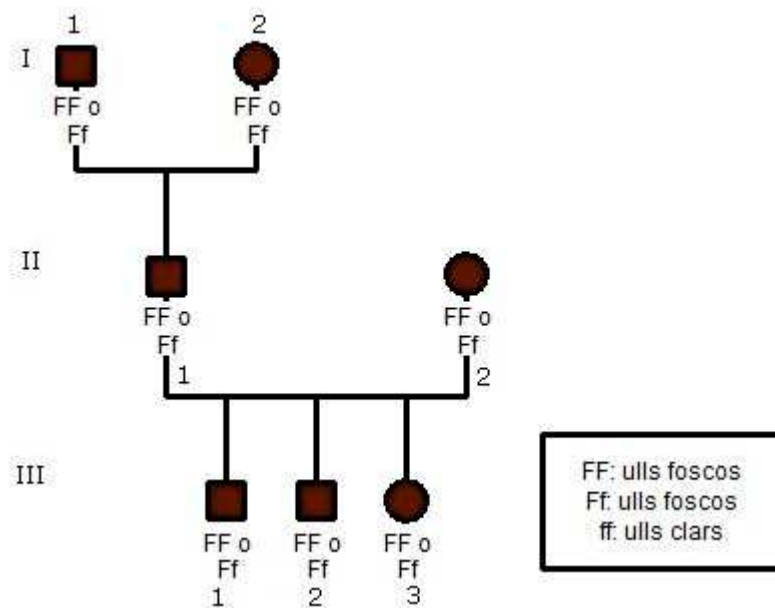
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	7
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Color dels ulls:



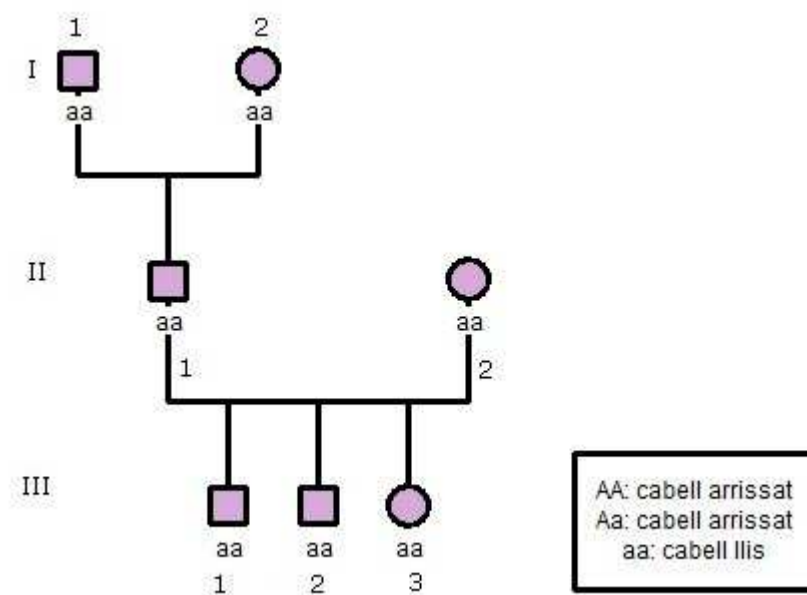
Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	7
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

- Naturalresa del cabell:



Càlcul de la freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	7
		7

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 7} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 7 + 0}{2 \cdot 7} = 1 = 100\%$$

5.10. ANNEX 10: Càlcul de les freqüències al·lèliques per països

5.10.1. Àfrica

5.10.1.1. Marroc

- Color de la pell:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	9
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		9

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	30
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		30

Família 3		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	7
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		7

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	7
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		7

Família 5		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	7
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		7

Família 6		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	11
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		11

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	7
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		7

Família 8		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	10
		10

Família 9		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	7
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		7

Podem observar que els individus de la família 8 presenten genotips oposats a la resta d'individus.

És possible que els individus de la família 8 siguin descendents d'antics soldats espanyols o francesos que, cap a l'any 1900, es trobaven a la zona del Rif per tal de dominar les guerrilles que impedièn la pacificació de la zona. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips pell clara.

Per altra banda, el més probable és que els individus de la resta de les famílies siguin descendents d'antics berbers que habitaven al desert i que presentaven la pell molt fosca per tal de no cremar-se ni patir patologies derivades de la llarga exposició al Sol, com per exemple els càncers de pell.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	85
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	10
		95

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 85 + 0}{2 \cdot 95} = 0.8947 = 89.47\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 10 + 0}{2 \cdot 95} = 0.1053 = 10.53\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus del Marroc presenten la pell més fosca que no pas clara, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel N (al·lel dominant).

- Color del cabell:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	9
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		9

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	30
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		30

Família 3		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	7
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		7

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	7
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		7

Família 5		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	7
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		7

Família 6		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	11
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		11

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	7
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		7

Família 8		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	1
Cabell fosc	Ff	5
Cabell clar	ff	4
		10

Família 9		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	8
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		8

Podem observar que els individus de la família 8 presenten genotips força diferents respecte a la resta d'individus.

Igual que en el cas anterior, és possible que els individus de la família 8 siguin descendents d'antics soldats espanyols o francesos i aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabells clars.

Per altra banda, el més probable és que els individus de les altres famílies siguin descendents d'antics berbers que habitaven al desert i que presentaven el cabell molt fosc.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	87
Cabell fosc	Ff	5
Cabell clar	ff	4
		96

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 87 + 5}{2 \cdot 96} = 0.9323 = 93.23\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 4 + 5}{2 \cdot 96} = 0.0677 = 6.77\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus del Marroc presenten el cabell més fosc que no pas clar ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Color dels ulls:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	9
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		9

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	30
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		30

Família 3		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	7
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		7

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	7
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		7

Família 5		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	7
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		7

Família 6		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	11
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		11

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	7
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		7

Família 8		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	1
Ulls foscos	Ff	6
Ulls clars	ff	3
		10

Família 9		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	8
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		8

Podem observar que els individus de la família 8 presenten genotips força diferents respecte a la resta d'individus.

Igual que en el cas anterior, és possible que els individus de la família 8 siguin descendents d'antics soldats espanyols o francesos i aquesta podria ser la causa dels seus fenotips ulls clars.

Per altra banda, el més probable és que els individus de la resta de famílies siguin descendents d'antics berbers que habitaven al desert i que presentaven els ulls molt foscos.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	87
Ulls foscos	Ff	6
Ulls clars	ff	3
		96

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 87 + 6}{2 \cdot 96} = 0.9375 = 93.75\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 3 + 6}{2 \cdot 96} = 0.0625 = 6.25\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus del Marroc presenten els ulls més foscos que no pas clars ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Naturalesa del cabell:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	9
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	0
		9

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	30
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	0
		30

Família 3		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	7
		7

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	7
		7

Família 5		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	4
Cabell llis	aa	3
		7

Família 6		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	11
		11

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	7
		7

Família 8		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	2
Cabell arrissat	Aa	5
Cabell llis	aa	3
		10

Família 9		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	8
		8

Podem observar que els individus de les diverses famílies presenten fenotips força diferents.

Igual que en els casos anteriors, és possible que els individus de les famílies 1, 2 i 8 siguin descendents d'antics habitants del sud d'Àfrica, caracteritzats per tenir els cabells arrissats.

Per altra banda, el més probable és que els individus de la resta de famílies siguin descendents d'antics berbers que habitaven al desert i que presentaven el cabell llis.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	41
Cabell arrissat	Aa	9
Cabell llis	aa	46
		96

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 41 + 9}{2 \cdot 96} = 0.4740 = 47.40\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 46 + 9}{2 \cdot 96} = 0.5260 = 52.60\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus del Marroc presenten el cabell més llis que no pas arrissat ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel a que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel A.

5.10.2. Amèrica del Sud

5.10.2.1. Bolívia

- Color de la pell:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	4
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		4

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	7
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		7

Podem observar que els individus de les dues famílies presenten genotips idèntics.

És possible que tant els individus de la família 1 com els individus de la família 2 siguin descendents o bé de l'antiga població autòctona del continent o bé d'antics esclaus africans que foren comercialitzats a Amèrica quan aquesta era encara un conjunt de colònies pròpies d'alguns països europeus. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips pell fosca.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	11
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		11

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 11 + 0}{2 \cdot 11} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 11} = 0 = 0\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Bolívia presenten la pell més fosca que no pas clara, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel N (al·lel dominant).

- Color del cabell:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	4
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		4

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	7
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		7

Podem observar que els individus de les dues famílies presenten genotips idèntics.

Igual que en el cas anterior, és possible que tant els individus de la família 1 com els individus de la família 2 siguin descendents o bé de l'antiga població autòctona del continent o bé d'antics esclaus africans que foren comercialitzats a Amèrica. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabell fosc.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	11
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		11

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 11 + 0}{2 \cdot 11} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 11} = 0 = 0\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Bolívia presenten el cabell més fosc que no pas clar, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Color dels ulls:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	4
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		4

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	7
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		7

Podem observar que els individus de les dues famílies presenten genotips idèntics.

Igual que en el cas anterior, és possible que tant els individus de la família 1 com els individus de la família 2 siguin descendents o bé de l'antiga població autòctona del continent o bé d'antics esclaus africans que foren comercialitzats a Amèrica. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips ulls foscos.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	11
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		11

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 11 + 0}{2 \cdot 11} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 11} = 0 = 0\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Bolívia presenten els ulls més foscos que no pas clars, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Naturalesa del cabell:

Família 1			Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre	Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0	Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0	Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	4	Cabell llis	aa	7
		4			7

Podem observar que els individus de les dues famílies presenten genotips idèntics.

Igual que en el cas anterior, és possible que tant els individus de la família 1 com els individus de la família 2 siguin descendents o bé de l'antiga població autòctona del continent o bé d'antics esclaus africans que foren comercialitzats a Amèrica. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabells llisos.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	11
		11

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 11} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 11 + 0}{2 \cdot 11} = 1 = 100\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Bolívia presenten el cabell més llis que no pas arrissat, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel a (al·lel recessiu).

5.10.2.2. Colòmbia

- Color de la pell:

Família 3		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	6
Pell fosca	Nn	1
Pell clara	nn	1
		8

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	6
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		6

Família 5		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	4
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		4

Família 6		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	5
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		5

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	1
Pell fosca	Nn	3
Pell clara	nn	1
		5

Podem observar que els individus de les diferents famílies presenten fenotips força variats.

En aquest cas, és possible que la majoria dels individus de les famílies siguin descendents o bé de l'antiga població autòctona del continent o bé d'antics esclaus africans que foren comercialitzats a Amèrica. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips pell fosca.

Per altra banda, el més probable és que els individus de les famílies 3 i 7 que presenten la pell clara siguin descendents d'algun mestís (per exemple: individu de mare autòctona i de pare espanyol).

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	22
Pell fosca	Nn	4
Pell clara	nn	2
		28

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 22 + 4}{2 \cdot 28} = 0.8571 = 85.71\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 2 + 4}{2 \cdot 28} = 0.1429 = 14.29\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Colòmbia presenten la pell més fosca que no pas clara, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel N (al·lel dominant).

- Color del cabell:

Família 3		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	6
Cabell fosc	Ff	1
Cabell clar	ff	1
		8

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	4
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		4

Família 5		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	4
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		4

Família 6		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	4
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		4

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	6
Cabell fosc	Ff	1
Cabell clar	ff	1
		8

Podem observar que els individus de les diferents famílies presenten fenotips força variats.

Igual que en el cas anterior, és possible que la majoria dels individus de les famílies siguin descendents o bé de l'antiga població autòctona del continent o bé d'antics esclaus africans que foren comercialitzats a Amèrica. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabells foscos.

Per altra banda, el més probable és que els individus de les famílies 3 i 7 que presenten el cabell clar siguin descendents d'algun mestís (per exemple: individu de mare autòctona i de pare espanyol).

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	24
Cabell fosc	Ff	2
Cabell clar	ff	2
		28

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 24 + 2}{2 \cdot 28} = 0.8929 = 89.29\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 2 + 2}{2 \cdot 28} = 0.1071 = 10.71\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Colòmbia presenten el cabell més fosc que no pas clar, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Color dels ulls:

Família 3		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	6
Ulls foscos	Ff	1
Ulls clars	ff	1
		8

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	4
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		4

Família 5		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	4
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		4

Família 6		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	4
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		4

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	6
Ulls foscos	Ff	1
Ulls clars	ff	1
		8

Podem observar que els individus de les diferents famílies presenten fenotips força variats.

Igual que en els casos anteriors, és possible que la majoria dels individus de les famílies siguin descendents o bé de l'antiga població autòctona del continent o bé d'antics esclaus africans que foren comercialitzats a Amèrica. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips ulls foscos.

Per altra banda, el més probable és que els individus de les famílies 3 i 7 que presenten els ulls clars siguin descendents d'algun mestís (per exemple: individu de mare autòctona i de pare espanyol).

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	24
Ulls foscos	Ff	2
Ulls clars	ff	2
		28

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 24 + 2}{2 \cdot 28} = 0.8929 = 89.29\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 2 + 2}{2 \cdot 28} = 0.1071 = 10.71\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Colòmbia presenten els ulls més foscos que no pas clars, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Naturalesa del cabell:

Família 3		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	3
Cabell arrissat	Aa	1
Cabell llis	aa	3
		7

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	1
Cabell arrissat	Aa	2
Cabell llis	aa	1
		4

Família 5		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	1
Cabell arrissat	Aa	2
Cabell llis	aa	1
		4

Família 6		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	1
Cabell arrissat	Aa	2
Cabell llis	aa	1
		4

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	3
Cabell arrissat	Aa	1
Cabell llis	aa	3
		7

Podem observar que els individus de les diferents famílies presenten fenotips força variats.

Igual que en els casos anteriors, és possible que la majoria dels individus de les famílies siguin descendents o bé de l'antiga població autòctona del

continent o bé d'antics esclaus africans que foren comercialitzats a Amèrica. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabells arrissats.

Per altra banda, el més probable és que els individus de les famílies 3 i 7 que presenten el cabell llis siguin descendents d'algun mestís (per exemple: individu de mare autòctona i de pare espanyol).

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	9
Cabell arrissat	Aa	8
Cabell llis	aa	9
		26

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 9 + 8}{2 \cdot 26} = 0.5 = 50\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 9 + 8}{2 \cdot 26} = 0.5 = 50\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Colòmbia presenten el cabell més arrissat que no pas llis, ja que la igualtat de freqüències al·lèliques indica que predominen els genotips AA i Aa sobre el genotip aa.

5.10.2.3. Equador

Només disposem d'informació sobre els individus d'una sola família i, per tant, no és possible deduir amb rigor les freqüències al·lèliques de tota la població equatoriana a partir de tan poca informació. Tot i així, seguidament s'exposa la informació obtinguda a partir de l'estudi de les dades d'aquesta família.

- Color de la pell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	6
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	0
		6

Podem observar que tots els individus d'aquesta família presenten el mateix fenotip i genotip.

En aquest cas, és possible que els individus d'aquesta família siguin descendents de l'antiga població autòctona del continent o d'antics esclaus africans. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips pell fosca.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 6 + 0}{2 \cdot 6} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 6} = 0 = 0\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus d'Equador presenten la pell més fosca que no pas clara, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel N (al·lel dominant).

- Color del cabell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	6
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		6

Podem observar que tots els individus d'aquesta família presenten el mateix fenotip i genotip.

Igual que en el cas anterior, és possible que els individus d'aquesta família siguin descendents de l'antiga població autòctona del continent o d'antics esclaus africans. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabell fosc.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 6 + 0}{2 \cdot 6} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 6} = 0 = 0\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus d'Equador presenten el cabell més fosc que no pas clar ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Color dels ulls:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	6
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		6

Podem observar que tots els individus d'aquesta família presenten el mateix fenotip i genotip.

Igual que en el cas anterior, és possible que els individus d'aquesta família siguin descendents de l'antiga població autòctona del continent o d'antics esclaus africans. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips ulls foscos.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 6 + 0}{2 \cdot 6} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 6} = 0 = 0\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus d'Equador presenten els ulls més foscos que no pas clars ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Naturalesa del cabell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	2
Cabell arrissat	Aa	1
Cabell llis	aa	3
		6

Podem observar que els individus d'aquesta família presenten fenotips força diferents.

En aquest cas, és possible que els individus d'aquesta família siguin descendents mixtos de l'antiga població autòctona del continent o d'antics esclaus africans i que es casaren amb colonitzadors europeus. Per tant, aquesta podria ser la causa de la varietat de fenotips.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel } A = \frac{2 \cdot 2 + 1}{2 \cdot 6} = 0.4167 = 41.67\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } a = \frac{2 \cdot 3 + 1}{2 \cdot 6} = 0.5833 = 58.33\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus d'Equador presenten el cabell més llis que no pas arrissat, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel a que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel A.

5.10.2.4. Xile

Només disposem d'informació sobre els individus d'una sola família i, per tant, no és possible deduir amb rigor les freqüències al·lèliques de tota la població xilena a partir de tan poca informació. Tot i així, seguidament s'exposa la informació obtinguda a partir de l'estudi de les dades d'aquesta família.

- Color de la pell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	3
Pell clara	nn	3
		6

Podem observar que els individus d'aquesta família presenten el mateix nombre de fenotips pell clara que pell fosca.

És possible que els individus d'aquesta família siguin descendents mixtos de l'antiga població autòctona del continent o d'antics esclaus africans (que foren comercialitzats a Amèrica quan aquesta era encara un conjunt de colònies pròpies d'alguns països europeus) i que es casaren amb colonitzadors europeus. Per tant, aquesta podria ser la causa de la varietat de fenotips.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 3}{2 \cdot 6} = 0.25 = 25\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } n = \frac{2 \cdot 3 + 3}{2 \cdot 6} = 0.75 = 75\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Xile presenten la pell més clara que no pas fosca, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel n que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel N .

- Color del cabell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	6
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		6

Podem observar que tots els individus d'aquesta família presenten el mateix fenotip i genotip.

En aquest cas, és possible que els individus d'aquesta família siguin descendents de l'antiga població autòctona del continent o d'antics esclaus africans. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabell fosc.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 6 + 0}{2 \cdot 6} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 6} = 0 = 0\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Xile presenten el cabell més fosc que no pas clar, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Color dels ulls:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	6
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		6

Podem observar que tots els individus d'aquesta família presenten el mateix fenotip i genotip.

Igual que en el cas anterior, és possible que els individus d'aquesta família siguin descendents de l'antiga població autòctona del continent o d'antics esclaus africans. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips ulls foscos.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 6 + 0}{2 \cdot 6} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 6} = 0 = 0\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Xile presenten els ulls més foscos que no pas clars, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Naturalesa del cabell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	1
Cabell llis	aa	5
		6

Podem observar que els individus d'aquesta família presenten fenotips força diferents.

En aquest cas, és possible que els individus d'aquesta família siguin descendents mixtos de l'antiga població autòctona del continent o d'antics esclaus africans i que es casaren amb colonitzadors europeus. Per tant, aquesta podria ser la causa de la varietat de fenotips.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 1}{2 \cdot 6} = 0.0833 = 8.33\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 5 + 1}{2 \cdot 6} = 0.9167 = 91.67\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Xile presenten el cabell més llis que no pas arrissat, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel a que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel A.

5.10.3. Àsia

5.10.3.1. Índia

- Color de la pell:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	7
Pell fosca	Nn	3
Pell clara	nn	3
		13

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	1
Pell fosca	Nn	12
Pell clara	nn	1
		14

Podem observar que els individus d'aquestes famílies presenten fenotips força variats.

És possible que la majoria d'individus siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color fosc de la pell.

Per altra banda, l'aparició de fenotips pell clara podria ser degut al fet que alguns d'aquests individus estudiats fossin descendents d'individus britànics que establiren la seva residència a l'Índia quan aquest país era una colònia britànica i que, segurament, s'uniren amb matrimoni amb la població hindú.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	8
Pell fosca	Nn	15
Pell clara	nn	4
		27

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 8 + 15}{2 \cdot 27} = 0.5741 = 57.41\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 4 + 15}{2 \cdot 27} = 0.4259 = 42.59\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de l'Índia presenten la pell més fosca que no pas clara, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel N (al·lel dominant).

- Color del cabell:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	13
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		13

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	14
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		14

Podem observar que tots els individus d'aquestes famílies presenten el mateix fenotip i genotip.

En aquest cas, és possible que tots els individus siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color fosc del cabell. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabell fosc.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	27
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		27

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 27 + 0}{2 \cdot 27} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 27} = 0 = 0\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de l'Índia presenten el cabell més fosc que no pas clar, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Color dels ulls:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	8
Ulls foscos	Ff	3
Ulls clars	ff	2
		13

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	14
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		14

Podem observar que els individus de la família 1 presenten fenotips força variats respecte la família 2.

És possible que la majoria d'individus d'aquestes famílies siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color fosc dels ulls.

Per altra banda, l'aparició de fenotips ulls clars en la família 1 podria ser degut al fet que alguns d'aquests individus estudiats fossin descendents d'individus britànics que establiren la seva residència a l'Índia quan aquest país era una colònia britànica i que, segurament, s'uniren amb matrimoni amb la població hindú.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	22
Ulls foscos	Ff	3
Ulls clars	ff	2
		27

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 22 + 3}{2 \cdot 27} = 0.8704 = 87.04\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 2 + 3}{2 \cdot 27} = 0.1296 = 12.96\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de l'Índia presenten els ulls més foscos que no pas clars, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Naturalesa del cabell:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	13
		13

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	14
		14

Podem observar que tots els individus d'aquestes famílies presenten el mateix fenotip i genotip.

En aquest cas, és possible que tots els individus siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats per la naturalesa llisa del cabell. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabell llis.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	27
		27

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 27} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 27 + 0}{2 \cdot 27} = 1 = 100\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de l'Índia presenten el cabell més llis que no pas arrissat, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel a que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel A.

5.10.3.2. Turquia

Només disposem d'informació sobre els individus d'una sola família i, per tant, no és possible deduir amb rigor les freqüències al·lèliques de tota la població turca a partir de tan poca informació. Tot i així, seguidament s'exposa la informació obtinguda a partir de l'estudi de les dades d'aquesta família.

- Color de la pell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	2
Pell clara	nn	2
		4

Podem observar que els individus d'aquesta família presenten fenotips força variats.

És possible que la majoria d'individus d'aquesta família siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color clar de la pell, però més fosc que, per exemple, la població mediterrània. Per tant, és normal que en els encreuaments entre individus d'aquesta població hi hagi tendència a l'aparició de fenotips pell fosca.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 2}{2 \cdot 4} = 0.25 = 25\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 2 + 2}{2 \cdot 4} = 0.75 = 75\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Turquia presenten la pell més clara que no pas fosca, ja que així ho

indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel n que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel N.

- Color del cabell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	4
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		4

Podem observar que tots els individus d'aquesta família presenten el mateix genotip.

En aquest cas, és possible que tots els individus d'aquesta família siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color fosc del cabell. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabell fosc.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Turquia presenten el cabell més fosc que no pas clar, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Color dels ulls:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	4
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		4

Podem observar que tots els individus d'aquesta família presenten el mateix genotip.

Igual que en el cas anterior, és possible que tots els individus d'aquesta família siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color fosc dels ulls. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips ulls foscos.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Turquia presenten els ulls més foscos que no pas clars, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Naturalesa del cabell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	4
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	0
		4

Podem observar que tots els individus d'aquesta família presenten el mateix genotip.

Igual que en els casos anteriors, és possible que tots els individus d'aquesta família siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats per la naturalesa arrissada del cabell. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabell arrissat.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 4 + 0}{2 \cdot 4} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 4} = 0 = 0\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Turquia presenten el cabell més arrissat que no pas llis, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel A (al·lel dominant).

5.10.3.3. Xina

- Color de la pell:

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	5
		5

Família 5		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	5
		5

Família 6		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	5
		5

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	3
		3

Família 8		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	4
		4

Família 9		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	4
		4

Podem observar que tots els individus d'aquestes famílies presenten el mateix genotip.

És possible que la tots els individus siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color clar de la pell.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	26
		26

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 26} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 26 + 0}{2 \cdot 26} = 1 = 100\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de la Xina presenten la pell més clara que no pas fosca, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel n que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel N.

- Color del cabell:

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	5
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		5

Família 5		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	5
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	Ff	0
		5

Família 6		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	5
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		5

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	3
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		3

Família 8		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	4
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		4

Família 9		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	4
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		4

Podem observar que tots els individus d'aquestes famílies presenten el mateix genotip.

En aquest cas, és possible que tots els individus siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color fosc del cabell. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabell fosc.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	26
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		26

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 26 + 0}{2 \cdot 26} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 26} = 0 = 0\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de la Xina presenten el cabell més fosc que no pas clar, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Color dels ulls:

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	5
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		5

Família 5		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	5
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	Ff	0
		5

Família 6		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	5
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		5

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	3
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		3

Família 8		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	4
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		4

Família 9		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	4
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		4

Podem observar que tots els individus d'aquestes famílies presenten el mateix genotip.

És possible que tots els individus siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color fosc dels ulls.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	26
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		26

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 26 + 0}{2 \cdot 26} = 1 = 100\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 26} = 0 = 0\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de la Xina presenten els ulls més foscos que no pas clars, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Naturalesa del cabell:

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	5
		5

Família 5		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	5
		5

Família 6		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	5
		5

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	3
		3

Família 8		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	4
		4

Família 9		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	4
		4

Podem observar que tots els individus d'aquestes famílies presenten el mateix genotip.

En aquest cas, és possible que tots els individus siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats per la naturalesa llisa del cabell. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabell llis.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	26
		26

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 26} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 26 + 0}{2 \cdot 26} = 1 = 100\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de la Xina presenten el cabell més llis que no pas arrissat, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel a que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel A.

5.10.4. Europa

5.10.4.1. Catalunya

- Color de la pell:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	18
		18

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	6
Pell clara	nn	7
		13

Família 3		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	1
Pell fosca	Nn	7
Pell clara	nn	27
		35

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	5
Pell fosca	Nn	4
Pell clara	nn	3
		12

Podem observar que els individus de les diferents famílies presenten fenotips força variats.

En aquest cas, és possible que la majoria d'individus d'aquestes famílies siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color clar de la pell. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips pell clara.

Per altra banda, l'aparició d'alguns fenotips pell fosca es podria deure al fet que aquests individus en qüestió fossin descendents d'antics immigrants de la

zona d'Andalusia, que durant el segle XX, arribaren a Catalunya per tal d'obtenir feina i poder assegurar un futur a les seves famílies. Aquests individus es caracteritzen per tenir la pell més fosca que els catalans autòctons i, per tant, l'encreuament entre catalans i andalusos podria haver donat lloc a l'aparició d'individus amb la pell fosca.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	6
Pell fosca	Nn	17
Pell clara	nn	55
		78

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 6 + 17}{2 \cdot 78} = 0.1859 = 18.59\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 55 + 17}{2 \cdot 78} = 0.8141 = 81.41\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Catalunya presenten la pell més clara que no pas fosca, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel n que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel N.

- Color del cabell:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	23
Cabell fosc	Ff	14
Cabell clar	ff	12
		49

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	13
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		13

Família 3			Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre	Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	8	Cabell fosc	FF	9
Cabell fosc	Ff	12	Cabell fosc	Ff	2
Cabell clar	ff	15	Cabell clar	ff	1
		35			12

Podem observar que els individus de les diferents famílies presenten fenotips força variats.

En aquest cas, és normal que hi hagi tanta variabilitat de genotips degut a la variabilitat de fenotips que podem observar en la nostra població.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	53
Cabell fosc	Ff	28
Cabell clar	ff	28
		109

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 53 + 28}{2 \cdot 109} = 0.6147 = 61.47\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 28 + 28}{2 \cdot 109} = 0.3853 = 38.53\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Catalunya presenten el cabell més fosc que no pas clar, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Color dels ulls:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	28
Ulls foscos	Ff	27
Ulls clars	ff	16
		71

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	5
Ulls foscos	Ff	4
Ulls clars	ff	3
		12

Família 3		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	15
Ulls foscos	Ff	9
Ulls clars	ff	11
		35

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	9
Ulls foscos	Ff	2
Ulls clars	ff	1
		12

Podem observar que els individus de les diferents famílies presenten fenotips força variats.

Igual que en el cas anterior, és normal que hi hagi tanta variabilitat de genotips degut a la variabilitat de fenotips que podem observar en la nostra població.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	57
Ulls foscos	Ff	42
Ulls clars	ff	31
		130

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 57 + 42}{2 \cdot 130} = 0.6 = 60\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 31 + 42}{2 \cdot 130} = 0.4 = 40\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Catalunya presenten els ulls més foscos que no pas clars, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Naturalesa del cabell:

Família 1		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	8
Cabell arrissat	Aa	16
Cabell llis	aa	19
		43

Família 2		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	2
Cabell llis	aa	10
		12

Família 3		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	3
Cabell arrissat	Aa	8
Cabell llis	aa	24
		35

Família 4		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	6
Cabell llis	aa	6
		12

Podem observar que els individus de les diferents famílies presenten fenotips força variats.

Igual que en els casos anteriors, és normal que hi hagi tanta variabilitat de genotips degut a la variabilitat de fenotips que podem observar en la nostra població.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	11
Cabell arrissat	Aa	32
Cabell llis	aa	59
		102

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 11 + 32}{2 \cdot 102} = 0.2647 = 26.47\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 59 + 32}{2 \cdot 102} = 0.7353 = 73.53\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Catalunya presenten el cabell igual de llis que d'arrissat, ja que la dominància de l'al·lel a (al·lel recessiu) no és prou gran com per a provocar una dominància d'individus amb fenotip cabell llis, sinó que només hi ha més tendència al cabell llis que al cabell arrissat.

5.10.4.2. Finlàndia

Només disposem d'informació sobre els individus d'una sola família i, per tant, no és possible deduir amb rigor les freqüències al·lèliques de tota la població finlandesa a partir de tan poca informació. Tot i així, seguidament s'exposa la informació obtinguda a partir de l'estudi de les dades d'aquesta família.

- Color de la pell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	14
		14

Podem observar que tots els individus d'aquesta família presenten el mateix genotip.

És possible que la majoria d'individus d'aquesta família siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color molt clar de la pell.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 14} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 14 + 0}{2 \cdot 14} = 1 = 100\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Finlàndia presenten la pell més clara que no pas fosca, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel n que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel N.

- Color del cabell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	3
Cabell fosc	Ff	4
Cabell clar	ff	7
		14

Podem observar que els individus d'aquesta família presenten fenotips força variats.

En aquest cas, és possible que la majoria d'individus d'aquesta família siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color clar del cabell. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabell clar.

Per altra banda, el més probable és que els individus que presenten el fenotip cabell fosc siguin descendents d'individus de característiques més similars a les d'un individu del centre d'Europa que no pas d'un individu del nord d'Europa. Aquest fet es podria deure a les migracions que es produeixen des de fa anys entre els països europeus.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 3 + 4}{2 \cdot 14} = 0.3571 = 35.71\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 7 + 4}{2 \cdot 14} = 0.6429 = 64.29\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Finlàndia presenten el cabell més clar que no pas fosc, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel f que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel F .

- Color dels ulls:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	8
Ulls foscos	Ff	2
Ulls clars	ff	4
		14

Podem observar que els individus d'aquesta família presenten fenotips força variats.

Igual que en el cas anterior, és possible que la majoria d'individus d'aquesta família siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color clar dels ulls. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips ulls clars.

Per altra banda, el més probable és que els individus que presenten el fenotip ulls foscos siguin descendents d'individus de característiques més similars a les d'un individu del centre d'Europa que no pas d'un individu del nord d'Europa. Aquest fet es podria deure a les migracions que es produeixen des de fa anys entre els països europeus.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 8 + 2}{2 \cdot 14} = 0.6429 = 64.29\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 4 + 2}{2 \cdot 14} = 0.3571 = 35.71\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Finlàndia presenten els ulls més foscos que no pas clars, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Naturalesa del cabell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	2
Cabell arrissat	Aa	5
Cabell llis	aa	7
		14

Podem observar que els individus d'aquesta família presenten fenotips força variats.

Igual que en el cas anterior, és possible que la majoria d'individus d'aquesta família siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats per la naturalesa llisa del cabell. Per tant, aquesta podria ser la causa dels seus fenotips cabell llis.

Per altra banda, el més probable és que els individus que presenten el fenotip cabell arrissat siguin descendents d'individus de característiques més similars a les d'un individu del centre d'Europa que no pas d'un individu del nord d'Europa. Aquest fet es podria deure a les migracions que es produeixen des de fa anys entre els països europeus.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 2 + 5}{2 \cdot 14} = 0.3214 = 32.14\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 7 + 5}{2 \cdot 14} = 0.6786 = 67.86\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Finlàndia presenten el cabell més llis que no pas arrissat, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel a que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel A.

5.10.4.3. Polònia

Només disposem d'informació sobre els individus d'una sola família i, per tant, no és possible deduir amb rigor les freqüències al·lèliques de tota la població polonesa a partir de tan poca informació. Tot i així, seguidament s'exposa la informació obtinguda a partir de l'estudi de les dades d'aquesta família.

- Color de la pell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	3
		3

Podem observar que tots els individus d'aquesta família presenten el mateix genotip.

És possible que la majoria d'individus d'aquesta família siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color clar de la pell.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 3} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 3 + 0}{2 \cdot 3} = 1 = 100\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Polònia presenten la pell més clara que no pas fosca, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel n que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel N.

- Color del cabell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	0
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	3
		3

Podem observar que tots els individus d'aquesta família presenten el mateix genotip.

Igual que en el cas anterior, és possible que la majoria d'individus d'aquesta família siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color clar del cabell.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 3} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 3 + 0}{2 \cdot 3} = 1 = 100\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Polònia presenten el cabell més clar que no pas fosc, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel f que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel F .

- Color dels ulls:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	0
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	3
		3

Podem observar que tots els individus d'aquesta família presenten el mateix genotip.

Igual que en els casos anteriors, és possible que la majoria d'individus d'aquesta família siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color clar dels ulls.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 3} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 3 + 0}{2 \cdot 3} = 1 = 100\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Polònia presenten els ulls més clars que no pas foscos, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel f que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel F.

- Naturalesa del cabell:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	3
		3

Podem observar que tots els individus d'aquesta família presenten el mateix genotip.

Igual que en els casos anteriors, és possible que la majoria d'individus d'aquesta família siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats per la naturalesa llisa del cabell.

Càlcul de la freqüència al·lèlica:

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 0}{2 \cdot 3} = 0 = 0\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 3 + 0}{2 \cdot 3} = 1 = 100\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Polònia presenten el cabell més llis que no pas arrissat, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel a que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel A.

5.10.4.4. Romania

- Color de la pell:

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	2
Pell clara	nn	15
		17

Família 8		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	0
Pell clara	nn	7
		7

Família 9		
Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	1
Pell clara	nn	6
		7

Podem observar que els individus de les diferents famílies presenten fenotips força variats.

És possible que la majoria d'individus d'aquestes famílies siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color clar de la pell.

Per altra banda, l'aparició de fenotips pell fosca podria ser degut al fet que alguns d'aquests individus estudiats fossin descendents d'individus d'ètnia gitana que es caracteritzen per la dominància del color fosc de la pell.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Pell fosca	NN	0
Pell fosca	Nn	3
Pell clara	nn	28
		31

$$\text{Freqüència de l'al·lel N} = \frac{2 \cdot 0 + 3}{2 \cdot 31} = 0.0484 = 4.84\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel n} = \frac{2 \cdot 28 + 3}{2 \cdot 31} = 0.9516 = 95.16\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Romania presenten la pell més clara que no pas fosca, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel n que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel N.

- Color del cabell:

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	5
Cabell fosc	Ff	6
Cabell clar	ff	6
		17

Família 8		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	2
Cabell fosc	Ff	2
Cabell clar	ff	3
		7

Família 9		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	7
Cabell fosc	Ff	0
Cabell clar	ff	0
		7

Podem observar que els individus de les diferents famílies presenten fenotips força variats.

Igual que en el cas anterior, és possible que la majoria d'individus d'aquestes famílies siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color clar del cabell.

Per altra banda, l'aparició de fenotips cabell fosc podria ser degut al fet que alguns d'aquests individus estudiats fossin descendents d'individus d'ètnia gitana que es caracteritzen per la dominància del color fosc del cabell.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell fosc	FF	14
Cabell fosc	Ff	8
Cabell clar	ff	9
		31

$$\text{Freqüència de l'al·lel } F = \frac{2 \cdot 14 + 8}{2 \cdot 31} = 0.5806 = 58.06\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel } f = \frac{2 \cdot 9 + 8}{2 \cdot 31} = 0.4194 = 41.94\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Romania presenten el cabell més fosc que no pas clar, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel F (al·lel dominant).

- Color dels ulls:

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	5
Ulls foscos	Ff	5
Ulls clars	ff	7
		17

Família 8		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	0
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	7
		7

Família 9		
Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	7
Ulls foscos	Ff	0
Ulls clars	ff	0
		7

Podem observar que els individus de les diferents famílies presenten fenotips força variats.

Igual que en els casos anteriors, és possible que la majoria d'individus d'aquestes famílies siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats pel color clar dels ulls.

Per altra banda, l'aparició de fenotips ulls foscos podria ser degut al fet que alguns d'aquests individus estudiats fossin descendents d'individus d'ètnia gitana que es caracteritzen per la dominància del color fosc dels ulls.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Ulls foscos	FF	12
Ulls foscos	Ff	5
Ulls clars	ff	14
		31

$$\text{Freqüència de l'al·lel F} = \frac{2 \cdot 12 + 5}{2 \cdot 31} = 0.4677 = 46.77\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel f} = \frac{2 \cdot 14 + 5}{2 \cdot 31} = 0.5323 = 53.23\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Romania presenten el color dels ulls clars igual que d'ulls foscos, ja que la dominància de l'al·lel f (al·lel recessiu) no és prou gran com per a provocar una dominància d'individus amb fenotip ulls clars, sinó que només hi ha més tendència als ulls clars que als ulls foscos.

- Naturalesa del cabell:

Família 7		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	2
Cabell llis	aa	15
		17

Família 8		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	7
		7

Família 9		
Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	0
Cabell llis	aa	7
		7

Podem observar que els individus de les diferents famílies presenten fenotips força variats.

Igual que en els casos anteriors, és possible que la majoria d'individus d'aquestes famílies siguin descendents de pobladors autòctons de la zona, caracteritzats per la naturalesa llisa del cabell.

Per altra banda, l'aparició de fenotips cabell arrissat podria ser degut al fet que alguns d'aquests individus estudiats fossin descendents d'individus d'ètnia gitana que es caracteritzen per la dominància de la naturalesa arrissada del cabell.

Càlcul de la nova freqüència al·lèlica:

Fenotip	Genotip	Nombre
Cabell arrissat	AA	0
Cabell arrissat	Aa	2
Cabell llis	aa	29
		31

$$\text{Freqüència de l'al·lel A} = \frac{2 \cdot 0 + 2}{2 \cdot 31} = 0.0323 = 3.23\%$$

$$\text{Freqüència de l'al·lel a} = \frac{2 \cdot 29 + 2}{2 \cdot 31} = 0.9677 = 96.77\%$$

Tot i que ens basem en molt poques dades, podríem determinar que els individus de Romania presenten el cabell més llis que no pas arrissat, ja que així ho indica la superioritat de la freqüència de l'al·lel a que, tot i ser recessiu, es troba en més quantitat que l'al·lel A.

5.11. ANNEX 11: Bibliografia

5.11.1. Llibres i articles

- Diversos autors. *Guia escolar VOX, Ciències Naturals*. Barcelona. Ed. CREDSA, 1999, 4^a Edició.
- Diversos autors. *Ciències per al món contemporani 1, Ciència en context*. Barcelona. Ed. Teide, 2008, 1^a Edició.
- Diversos autors. *Biologia 2, Biocontext*. Barcelona. Ed. Teide, 2009, 1^a Edició.
- Diversos autors. *Biologia 1, Batxillerat*. Barcelona. Ed. Casals, 2008, 1^a Edició.
- Diversos autors. *Biologia 2, Batxillerat*. Barcelona. Ed. Casals, 2009, 1^a Edició.
- Diversos autors. *Gran Enciclopèdia Catalana, Volum 15*. Barcelona. Ed. Gran Enciclopèdia Catalana, 1976, 1^a Edició. 1992, 4^a Reimpressió Actualitzada.
- GOMIS, Alberto. *El fundador de la genética, Mendel*. Madrid. Ed. Nivola, 2000, 1^a Edició.
- SUÑÉ, Ramon. “Cambio vertiginoso” dins *Vivir* dins *LA VANGUARDIA*, dimecres 9 de desembre de 2009, pàgines 1-3.

- TAMARIN, Robert H. *Principios de Genética*. Boston University (EEUU). Ed. Reverté, 1996, 1ª Edició. 2004, 1ª Edició en castellà.

5.11.2. Pàgines web

- BLOCS XTEC.CAT. Homeòstasi [en línia].
<http://blocs.xtec.cat/homeostasi/files/2009/02/00_arbre_evolutiu.jpg>
 - CERCADOR DE TREBALLS DE RECERCA. Treball de recerca: Estudi d'alguns caràcters hereditaris en la meva família [en línia].
<http://www.edu365.cat/aulanet/comsoc/treballsrecerca/treballs_04_05/treb_publicats/herencia/treball.pdf>
 - EUREKA. L'origen dels humans moderns [en línia].
<<http://www.portaleureka.com/revista/antropologia/1-antropologia/1-origen-humans-moderns>>
 - EXPERIMENTOS EN HÍBRIDOS DE PLANTAS. Gregor Mendel [en línia].
<http://www.ucm.es/info/antilia/asignatura/practicas/trabajos_ciencia/mendel.htm>
 - HIPERTEXTOS DEL ÁREA DE LA BIOLOGÍA. Introducción a la Genética Mendeliana [en línia]. < www.biologia.edu.ar/genetica/genet1.htm>
 - MENDELWEB. Experiments in Plant Hybridization [en línia].
<<http://www.mendelweb.org/Mendel.html>>
 - WIKIPEDIA. Gregor Mendel [en línia].
<http://es.wikipedia.org/wiki/Gregor_Mendel#Leyes_de_Mendel_.28165.29.5B3.5D>
-