FACULTAT DE VETERINÀRIA

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

RAÇA AVÍCOLA PAIRAL

ANÀLISI DEL LLIBRE GENEALÒGIC
EVOLUCIÓ I COMPARATIVA DELS PARÀMETRES DEMOGRÀFICS, REPRODUCTIUS I GENEALÒGICS

Unitat de Ciència Animal
Departament de Ciència Animal i dels Aliments
Facultat de Veterinària (U.A.B.)

Informe elaborat pel:
Dr. Jordi Jordana Vidal
Bellaterra, novembre de 2020

0. PREÀMBUL

L'any 2019 es van iniciar —mitjançant un contracte DARP-UAB— les tasques de caracterització genètica de la gallina Pairal, població avícola autòctona —no reconeguda oficialment— en procés de recuperació a partir de 2012 i amb associació de criadors (Amics de la gallina Pairal –AGP–; https://www.gallinapairal.org/) des de l'any 2013. L'any 2019 va ser reconeguda per la FESACOCUR (*Federación Española de Avicultura, Colombicultura y Cunicultura de Raza*), –a la qual l'AGP hi consta com associació afiliada–, com a raça nana nacional d'au de corral (Codi: ESGE002). Queda pendent, no obstant això, el reconeixement oficial per part del Ministeri com a raça autòctona en perill d'extinció, sent aquest l'objectiu últim dels estudis de caracterització que s'estan duent a terme.

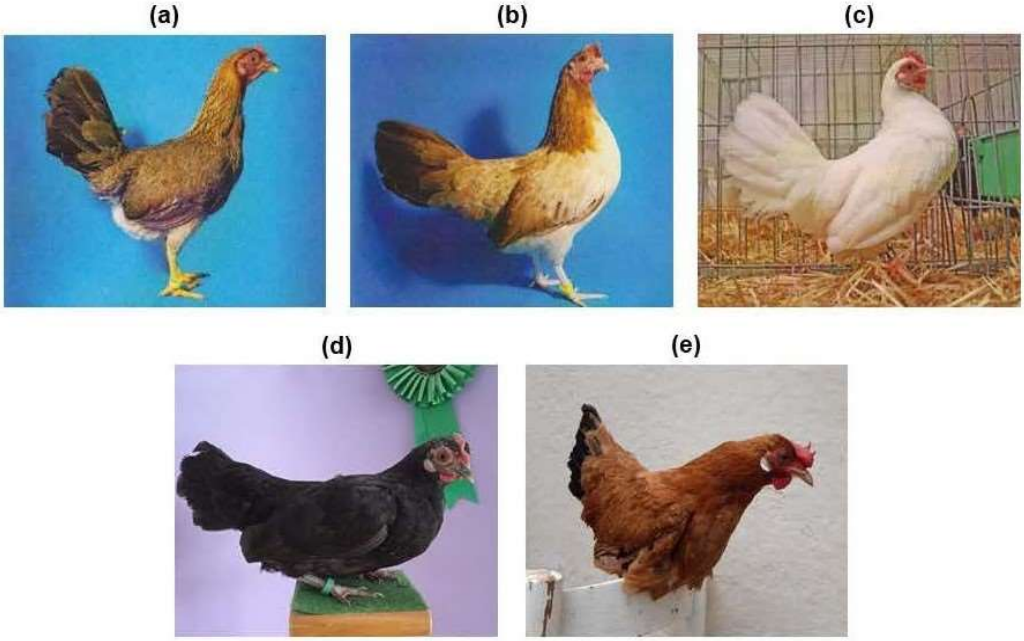
En aquesta memòria presentarem els resultats obtinguts de la caracterització genealògica, obtinguda a partir de la informació del Llibre de Registres —base del futur i oficial Llibre Genealògic de la raça— que l'associació de criadors ve recaptant des de l'any 2013.

Figura 1. Logotip de l'associació de criadors de la gallina Pairal.

Originària de les comarques dels voltants de la Serralada Litoral (Maresme, Vallès i part nord del Barcelonès) actualment, la petita població, ha ampliat la seva zona d'ubicació, podent-se-la trobar en diferents localitats de Barcelona, Girona i Tarragona, i tenint-ne cura d'ella els 50 criadors associats a l'AGP (38 socis criadors i 12 socis col·laboradors).

Les principals varietats de la raça són: Aperdiuada i Blat, i en menor mesura la Blanca. Les varietats Negra i Roja, a hores d'ara, són gairebé testimonials.

Figura 2. Varietats de la gallina Pairal: (a) Aperdiuada, (b) Blat, (c) Blanca, (d) Negra, (e) Roja.

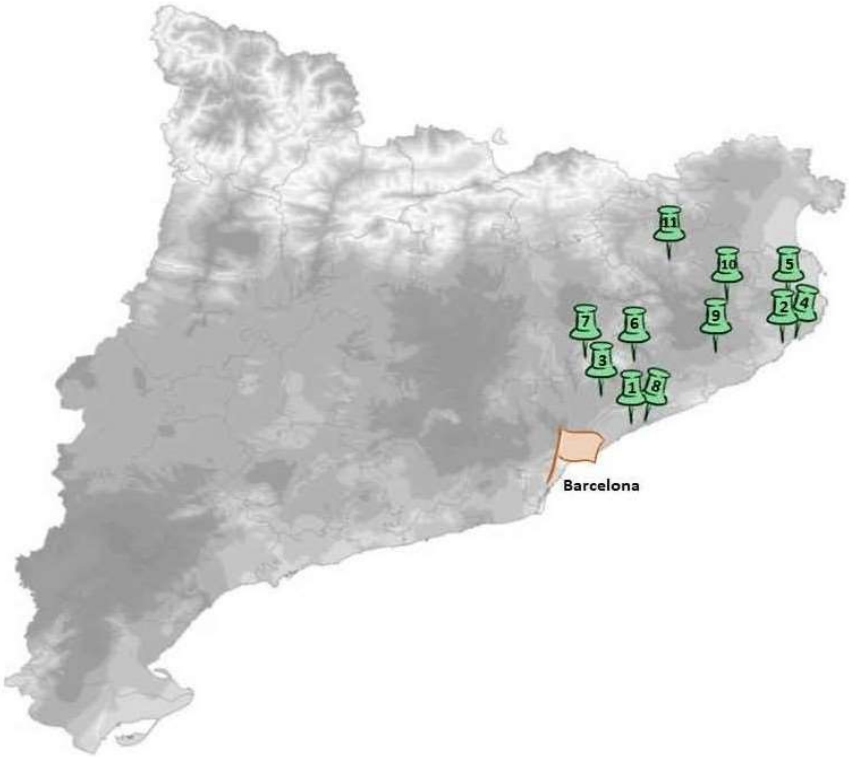


No obstant això, únicament són 11 els criadors que han anat inscrivint els seus animals en el Llibre de Registres —Llibre Genealògic LG, en aquest treball a partir d'ara— durant el període (2013/2020), i serà amb la informació aportada per aquests que es realitzarà el present estudi. A la Taula 1 es detalla la relació d'explotacions integrades i a la Figura 3 la distribució territorial.

Taula 1. Relació d'explotacions integrades en l'associació AGP (Amics de la gallina Pairal), els animals dels quals estan enregistrats en el Llibre Genealògic de la raça.

CODI I TITULAR DE L'EXPLOTACIÓ	LOCALITAT	COMARCA	PROVÍNCIA
1. JAUME BERENGUER	MATARÓ	MARESME	BARCELONA
2. FRANCESC MARTÍNEZ	SANT ANTONI DE CALONGE	BAIX EMPORDÀ	GIRONA
3. VENTURA DE LAMO	MONTMELÓ	VALLÈS ORIENTAL	BARCELONA
4. FERRAN GIRONÈS	PALAMÓS	BAIX EMPORDÀ	GIRONA
5. FRANCESC "PANXO" MARTÍNEZ	LA BISBAL D'EMPORDÀ	BAIX EMPORDÀ	GIRONA
6. FRANCISCO GUERRA	CORRÓ D'AMUNT	VALLÈS ORIENTAL	BARCELONA
7. PERE LÓPEZ	BIGUES I RIELLS	VALLÈS ORIENTAL	BARCELONA
8. FUNDACIÓ MARESME	MATARÓ	MARESME	BARCELONA
9. MANUEL FAJARDO	MAÇANET DE LA SELVA	LA SELVA	GIRONA
10. JORDI GARANGOU	AMER	LA SELVA	GIRONA
11. JOSEP Mª COLOMER	SANT ESTEVE D'EN BAS	GARROTXA	GIRONA

Figura 3. Distribució geogràfica de les 11 explotacions de raça Pairal inscrites en el LG, totes elles, actualment, amb animals vius i controlats per l'associació AGP. La llegenda numèrica dels codis d'explotació es correspon a la Taula 1.



La base de dades (LG), a data 2 de juliol de 2020, consta de 276 individus registrats (87 mascles i 189 femelles). El Registre Fundacional de la raça es va constituir a partir de 37 individus (23 femelles i 14 mascles), recuperats de les diferents varietats: Aperdiuada (8 femelles i 7 mascles), Blat (5 femelles i 2 mascles), Blanca (6 femelles i 3 mascles), Negra (2 femelles i 1 mascle) i Roja (2 femelles i 1 mascle).

1. INTRODUCCIÓ

Els programes de conservació de les races tenen com a objectius principals mantenir al màxim la diversitat genètica i minimitzar els coeficients de consanguinitat dels animals. El manteniment de la variabilitat genètica es fa necessària perquè les poblacions puguin adaptar-se a nous canvis ambientals i per assegurar-ne una capacitat de resposta a llarg termini a la selecció natural i/o artificial per a caràcters d'interès econòmic o cultural (Frankham *et al.,* 2003). Els nivells de consanguinitat s'han de controlar per evitar els efectes de la depressió consanguínia que podria comprometre la viabilitat de la població.

Quan es disposa d'informació genealògica, la millor manera de preservar la diversitat genètica és mitjançant l'optimització de la contribució dels pares a la següent generació. Aquesta estratègia busca minimitzar la coascendència global, ponderant-la segons la contribució de cada progenitor (és a dir, del nombre de descendents que cadascun aporta a la següent generació). La informació del LG és una eina molt potent per assolir aquests objectius (Fernández *et al.*, 2005).

L'eficiència del programa dependrà de la quantitat i qualitat de les dades recaptades en el LG. Aquest, de forma òptima, haurà de ser: Profund (diverses generacions conegudes en el pedigrí); Íntegre (màxima plenitud de dades; individus amb ascendència coneguda) i Fiable (parentius adduïts veritables; control de filiacions).

L'anàlisi periòdica en profunditat del LG i l'estimació dels seus paràmetres és de vital importància per al coneixement i la confiança dels resultats obtinguts, i la més òptima programació d'aparellaments.

2. OBJECTIUS DE L'ESTUDI

L'objectiu del treball serà descriure, en primer lloc, els valors dels paràmetres genealògics bàsics del LG i conèixer l'estructura demogràfica i reproductiva de la població. Això es farà, en primera instància, en tota la raça —agafada com a entitat única— a dos nivells: 1) en el global del LG i 2) en la població viva actual (a data 2 de juliol de 2020), estructurada en 11 explotacions. Nota: la població viva la conformen animals nascuts entre els anys 2016 i 2020.

En estar la Pairal subestructurada en varietats i mantenir un aïllament reproductiu entre elles, s'analitzaran els mateixos paràmetres per a les cinc varietats, també a dos nivells: 3) en la varietat global tenint en compte tota la informació del LG i 4) en la població viva actual de la varietat, agafant, així mateix, tota la informació del LG. Això ho farem així, ja que, encara que actualment hi hagi un aïllament reproductiu estricte, en els seus orígens, i per fixar determinats caràcters, es van poder aparellar individus de varietats diferents.

S'estimaran els valors de consanguinitat (*F*) i de relació mitjana de parentiu (*AR*) per al global del LG i per a la població viva actual, agafant tots els individus com a entitat única —raça— i per varietats. Es representarà, de forma gràfica, i s'analitzarà l'evolució d'aquests paràmetres en el període 2013/2020, per any de naixement.

S'establiran, de forma quantitativa i gràfica, mitjançant els F-estadístics, les relacions genètiques/genealògiques existents entre els criadors i les varietats de la raça. Aquesta informació permetrà una gestió més òptima dels corresponents programes

de conservació i millora per part de l'associació. Addicionalment, s'obtindran les matrius de coascendència genealògica (f_{ij}) per a la programació d'aparellaments i s'establiran les recomanacions més adients per al control de la consanguinitat (per evitar els efectes perniciosos de la depressió consanguínia sobre els caràcters d'interès econòmic) i el manteniment de la variabilitat genètica, d'especial transcendència en poblacions petites en perill d'extinció.

3. MATERIAL I MÈTODES

Les anàlisis s'han basat en els registres dels animals inscrits en el Llibre Genealògic de la raça, des de l'any 2013 —data del primer registre— fins als nascuts l'any 2020: 276 registres en total i 198 d'animals vius a juliol de 2020.

A la Taula 2 es desglossen els animals enregistrats, per sexe i explotació, per al global del LG i la població viva actual, respectivament. A la Taula 3 es fa el mateix desglossament, però per varietats. En aquestes dades censals, no s'han tingut en compte 8 individus d'origen desconegut.

Taula 2. Nombre d'individus de la població global i de la població viva Pairal enregistrats en el Llibre Genealògic (LG), segons el sexe i explotació, a 2 de juliol de 2020.

		Individus registrats			Individus vius		
Codi explotació	Any de l'últim registre en el LG	Total	Mascles	Femelles	Total	Mascles	Femelles
1	2020	34	8	26	17	4	13
2	2020	21	5	16	16	4	12
3	2020	85	28	57	61	22	39
4	2019	8	2	6	5	1	4
5	2019	26	9	17	15	4	11
6	2019	40	16	24	35	14	21
7	2018	4	1	3	4	1	3
8	2020	24	7	17	16	2	14
9	2019	8	3	5	5	1	4
10	2020	5	2	3	5	2	3
11	2020	13	3	10	12	2	10
TOTAL		**268**	**84**	**184**	**191**	**57**	**134**

Nota: les diferències que s'observen en els totals censals corresponen a 8 individus d'origen desconegut.

Taula 3. Nombre d'individus de la població global i de la població viva Pairal enregistrats en el Llibre Genealògic (LG), segons el sexe, explotació i varietat, a 2 de juliol de 2020.

		Individus registrats			Individus vius		
Varietats	**Codi explot.**	**Total**	**Mascles**	**Femelles**	**Total**	**Mascles**	**Femelles**
Aperdiuada	1	34	8	26	17	4	13
	5	15	6	9	7	2	5
	6	30	11	19	25	9	16
	7	4	1	3	4	1	3
	TOTAL	**83**	**26**	**57**	**53**	**16**	**37**
Blat	2	13	4	9	12	3	9
	3	37	9	28	27	7	20
	5	11	3	8	8	2	6
	6	10	5	5	10	5	5
	11	13	3	10	12	2	10
	TOTAL	**84**	**24**	**60**	**69**	**19**	**50**
Blanca	2	8	1	7	4	1	3
	3	22	9	13	13	7	6
	4	8	2	6	5	1	4
	8	17	6	11	13	2	11
	TOTAL	**55**	**18**	**37**	**35**	**11**	**24**
Negra	3	8	3	5	8	3	5
	8	7	1	6	3	0	3
	9	8	3	5	5	1	4
	TOTAL	**23**	**7**	**16**	**16**	**4**	**12**
Roja	3	18	7	11	13	5	8
	10	5	2	3	5	2	3
	TOTAL	**23**	**9**	**14**	**18**	**7**	**11**
TOTAL		**268**	**84**	**184**	**191**	**57**	**134**

Nota: les diferències que s'observen en els totals censals corresponen a 8 individus d'origen desconegut.

El nivell d'exhaustivitat, compleció (qualitat de complet) o percentatge de coneixement del LG de la raça per generacions (*pedigree completeness*), ha estat avaluat a partir dels següents paràmetres:

- *Intervals generacionals (L):* definit com l'edat mitjana dels reproductors al naixement de la seva descendència seleccionada, és a dir, aquells descendents que seran utilitzats per reemplaçar-los. S'han calculat per a les 4 vies de difusió gamètica (pare-fill; pare-filla, mare-fill; mare-filla) i el global.

- *Nombre de generacions conegudes:*

  1. Màximes: nombre màxim de generacions que separen un individu dels seus ancestres coneguts més antics. Els ancestres sense pares coneguts són considerats fundadors (generació 0).

  2. Completes: nombre màxim de generacions que separen un individu del nivell genealògic més profund, en el que es coneixen tots els ancestres.

  3. Equivalents: $\Sigma(½)^n$, on n és el nombre de generacions que separen cada individu de cada ancestre conegut.

Per caracteritzar la variabilitat genètica de la població s'han avaluat els següents paràmetres:

- *Nombre de fundadors:* nombre d'individus en el LG sense genealogia coneguda (un o dos pares desconeguts).
- *Nombre d'ancestres:* nombre d'avantpassats (fundadors o no) que expliquen el 100% de la variabilitat genètica de la població.
- *Nombre efectiu de fundadors (f_e):* nombre de fundadors que, contribuint per igual, produirien la diversitat genètica existent a la població.
- *Nombre efectiu d'ancestres (f_a):* nombre mínim d'ancestres, no necessàriament fundadors, que, contribuint per igual, explicarien la diversitat genètica total de la població.
- *Coeficient de consanguinitat d'un individu (F):* probabilitat que un individu tingui dos al·lels idèntics per descendència.
- *Grandària efectiva de població (N_e):* nombre d'animals reproductors que donarien lloc a l'increment real de consanguinitat si contribuïssin igual a la següent generació. N_e es computa com: $N_e = 1/(2\Delta F)$ (Wright, 1931).

- *Coeficient de relació mitjana de parentiu (AR):* és la probabilitat que un al·lel, triat a l'atzar en el global d'un pedigrí, pertanyi a un individu concret. Aquest valor pot ser interpretat com la representació de l'animal en el conjunt del pedigrí (població). *AR* té en compte de forma combinada els coeficients de consanguinitat (*F*) i de coascendència (*f*). Es pot utilitzar com un índex per mantenir el patrimoni genètic inicial d'una raça, escollint els animals reproductors entre aquells amb els valors d'*AR* més baixos.

  AR també permet predir la consanguinitat d'una població a llarg termini perquè té en compte el percentatge sobre el pedigrí sencer de la població que s'ha originat a partir d'un animal fundador (Gutiérrez i Goyache, 2005).
- *Coeficient de coascendència mitjana dintre (f_{ii}) i entre (f_{ij}) subpoblacions/individus:* és la probabilitat que dos al·lels, un agafat en un individu i l'altre en un altre individu (incloent-hi a ell mateix), siguin idèntics per descendència (és a dir, provinguin d'un mateix ancestre). El valor varia de 0 a 1 (0 implica que els animals no tenen cap ancestre comú conegut i 1 que els animals són completament consanguinis entre ells). La coascendència d'una parella reproductora i, j (f_{ij}) és igual a la consanguinitat del seu fill ics (F_x).

L'estructuració poblacional ha estat calculada a partir de la informació genealògica mitjançant els estadístics-F, per a cada generació coneguda i per a cada subpoblació.

- F_{IS} estima la disminució de l'heterozigosi individual respecte la que s'esperaria si tots els aparellaments en una subpoblació fossin a l'atzar. Si $F_{IS} > 0$, hi ha excés d'aparellaments entre parents i dèficit d'heterozigots. Si $F_{IS} < 0$, hi ha una freqüència menor d'aparellaments entre parents i excés d'heterozigots.

- F_{IT} estima la disminució de l'heterozigosi individual respecte la que s'esperaria si tots els aparellaments en el conjunt de la població (global del LG) fossin a l'atzar.
- F_{ST} mesura el grau de diferenciació genètica entre poblacions.

Els paràmetres genealògics s'han obtingut amb el programa ENDOG v4.9 (Gutiérrez i Goyache, 2005). Les representacions gràfiques, dendrogrames, utilitzant la distància F_{ST} i l'algoritme NJ (*neighbour-joining*) s'han obtingut amb el programa MEGA 6 (Tamura *et al.*, 2013). Quan ha estat necessari s'ha utilitzat el full de càlcul Excel de Microsoft.

4. RESULTATS I DISCUSSIÓ

4.1.- Percentatge de coneixement del Llibre Genealògic (*pedigree completeness*)

4.1.1. Població global i població viva

Al LG de la raça hi consten 276 individus registrats (87 mascles i 189 femelles), dels quals 198 (60 mascles i 138 femelles) conformen la població viva actual. Això representa unes proporcions entre sexes d'aproximadament el 30% vs 70%, en ambdós casos, la qual cosa és un bon indicador, sobretot a la població viva, d'una bona estructura reproductiva quant a la representació sexual (d'importància per al manteniment de la variabilitat genètica).

Els paràmetres generacionals obtinguts han estat els següents:

- Màxim nombre de generacions conegudes en una línia genealògica: 7
- Mitjana de generacions màximes conegudes: 2,44
- Mitjana de generacions completes conegudes: 1,10
- Mitjana de generacions equivalents: 1,71

A la Taula 4 s'indiquen els individus registrats per any i sexe, així com el percentatge de coneixement de genealogies completes durant el període 2013/2020.

Taula 4. Individus registrats per any i sexe, i coneixement de la genealogia en el període 2013/2020 del LG de la raça Pairal.

Any	Individus registrats			Progenitors coneguts			% de genealogia completa coneguda
	Total	Mascles	Femelles	Dos	Un	Cap	
2013	16	5	11	0	0	16	0,00 %
2014	7	3	4	2	0	5	28,57 %
2015	16	5	11	4	1	11	25,00 %
2016	27	7	20	22	1	4	81,48 %
2017	34	11	23	29	0	5	85,29 %
2018	40	15	25	31	5	4	77,50 %
2019	57	15	42	51	2	4	89,47 %
2020	79	28	51	65	13	1	82,28 %
TOTAL	**276**	**89**	**187**	**204**	**22**	**50**	**73,91 %**

A la Figura 4 es mostren els percentatges de genealogia coneguda, per sexes, fins a la cinquena generació; i a la Figura 5 els percentatges mitjans generacionals en tot el LG. A les Figures 6 i 7, el mateix, però únicament per a la població viva actual.

En el global del LG, el % de coneixement de les genealogies el podem considerar relativament bo únicament a la primera generació (78%). A partir de la segona disminueix al 50%, i de forma dramàtica a partir de les subsegüents. En la població viva la tendència és similar, amb uns valors lleugerament superiors, però molt allunyats d'un desitjable òptim.

La raça Pairal és una població molt minoritària i relativament nova, i els esforços de recuperació, per part de l'associació, es van iniciar a partir de 2013. A la Taula 4 observem que, fins a 2015 (amb un baix nombre d'individus registrats), el percentatge de genealogia coneguda arriba escassament als voltants del 25% A partir d'aquest any, això no obstant, es produeix un salt qualitatiu i quantitatiu, tant en els

percentatges de coneixement com en el nombre d'individus registrats, i la tendència és positiva. Tanmateix, s'observa un estancament en aquests darrers anys (2016/2020) quant al % de coneixement de genealogies, al voltant del 85%. Aquest seria un punt clau a millorar. Lògicament, aquests dèficits, tindran una repercussió important en l'estimació dels paràmetres genètics (consanguinitat, relació mitjana de parentiu i coascèndencies) que es realitzaran, i comentaran, posteriorment.

El coneixement profund, íntegre i fiable de la genealogia és una tasca a millorar per l'associació, per obtenir valors més fiables dels paràmetres genealògics i realitzar una programació més acurada dels aparellaments.

Figura 4. Percentatge de genealogies conegudes, en funció del sexe, fins a la cinquena generació en el LG de la raça.

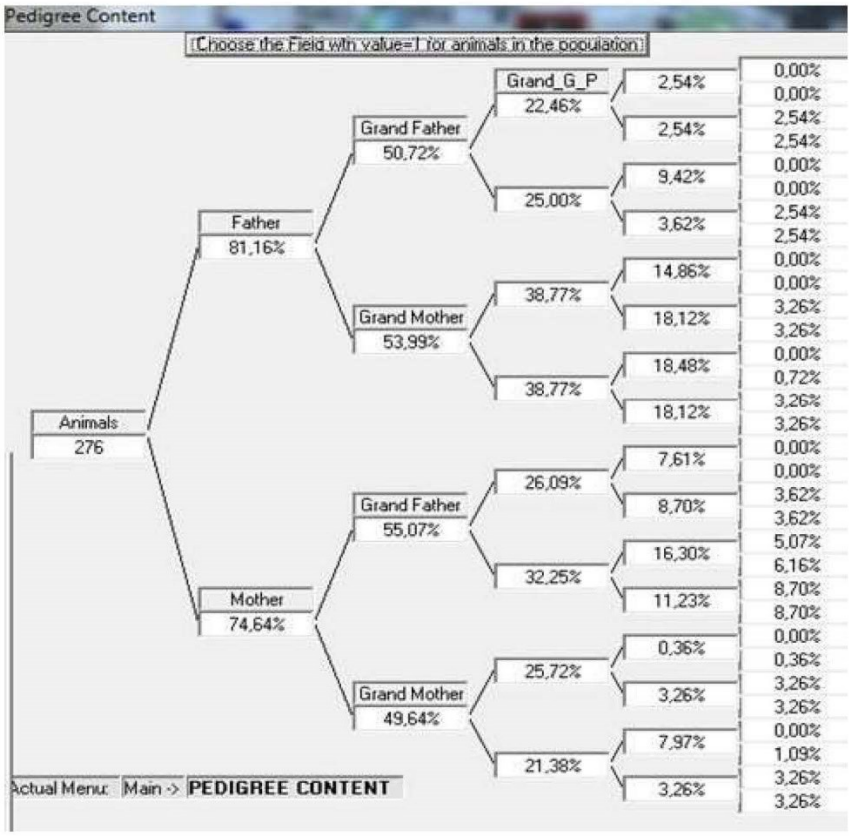


Figura 5. Percentatge de coneixement en el global del LG per generacions

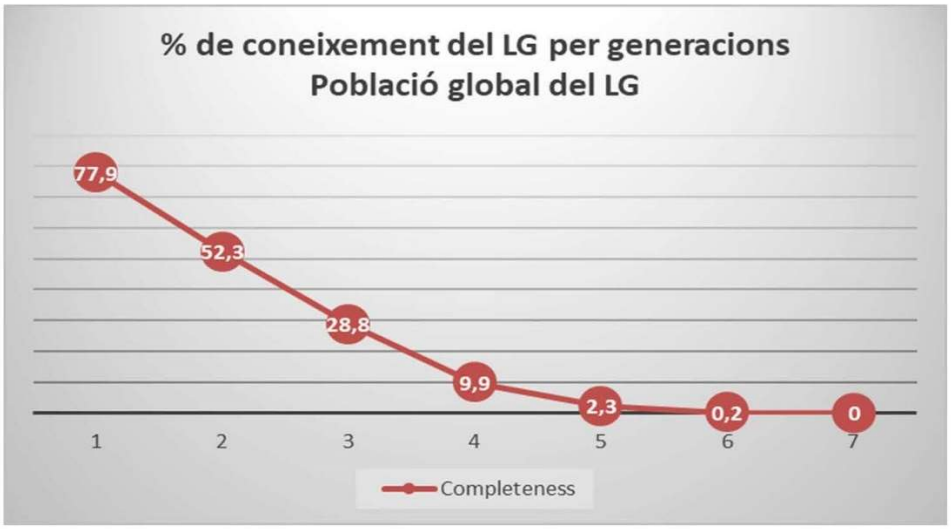


Figura 6. Percentatge de genealogies conegudes, en funció del sexe, fins a la cinquena generació en el LG de la població viva actual de la raça (juliol 2020)

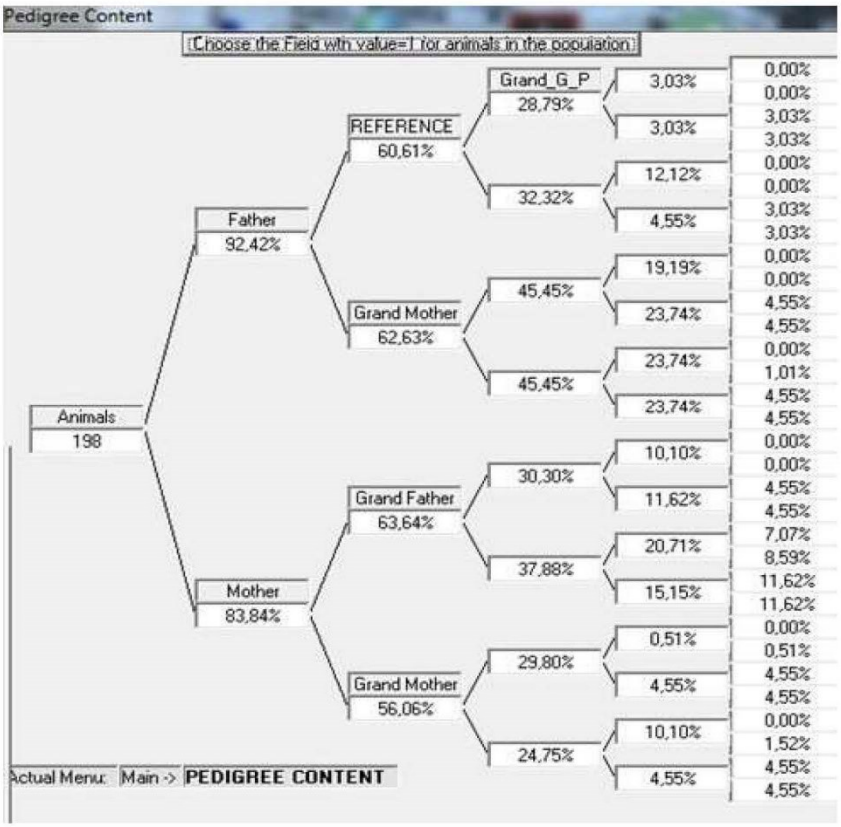
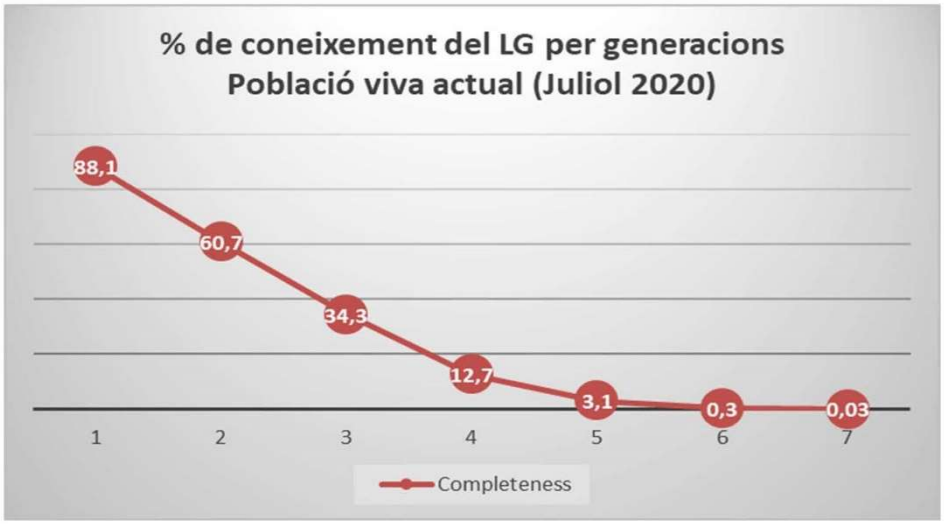


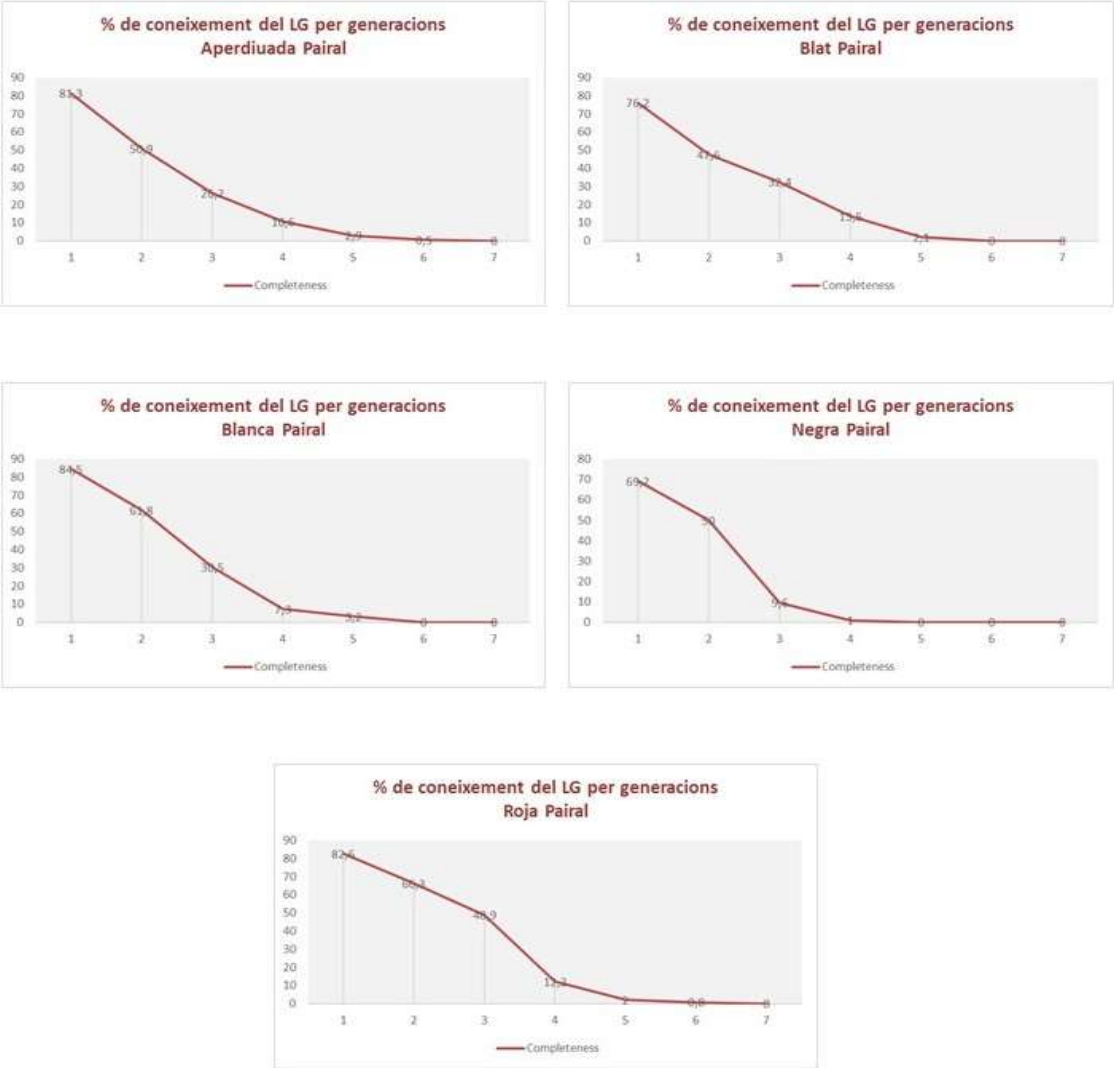
Figura 7. Percentatge de coneixement del LG de la població viva actual de la raça, per generacions



4.1.2. Varietats: Aperdiuada, Blat, Blanca, Negra i Roja

Quant al % de coneixement de les genealogies per varietats (Figura 8), la tendència és similar a la població global. Entre el 70-80% en primera generació i superior al 50% en segona, per a totes cinc. A partir d'aquí, la situació davalla.

Figura 8. Percentatge de coneixement en el global del LG de les diferents varietats de la raça Pairal.



4.2.- Intervals generacionals i estructura de la població

L'interval generacional (*L*) és la velocitat amb què se substitueixen les generacions, i el podem definir com l'edat mitjana dels reproductors al naixement de la seva descendència seleccionada. A les Taules 5 i 6 tenim els intervals, per a les quatre vies progenitor-descendent, en el global de la raça i en la població viva actual, respectivament. I a la Taula 7, els valors per a cadascuna de les quatre varietats.

Taula 5. Mitjana d'intervals generacionals (± error estàndard) en anys, per a les quatre vies progenitor-descendent en el global del LG.

Via	N	Anys
Pare-fill	23	2,34 (± 0,29)
Pare-filla	44	2,03 (± 0,19)
Mare-fill	24	1,85 (± 0,24)
Mare-filla	42	1,74 (± 0,14)
TOTAL	133	1,96 (± 0,10)

N, nombre de comparacions

Taula 6. Mitjana d'intervals generacionals (± error estàndard) en anys, per a les quatre vies progenitor-descendent en la població actual viva.

Via	N	Anys
Pare-fill	18	2,22 (± 0,32)
Pare-filla	29	2,12 (± 0,32)
Mare-fill	17	1,83 (± 0,25)
Mare-filla	27	1,72 (± 0,22)
TOTAL	91	1,97 (± 0,12)

N, nombre de comparacions

Taula 7. Mitjana d'intervals generacionals (± error estàndard) en anys, per a les quatre vies progenitor-descendent en el global del LG, de les cinc varietats de Pairal.

Varietat:	Aperdiuada	
Via	N	Anys
Pare-fill	6	2,00 (± 0,45)
Pare-filla	19	2,20 (± 0,47)
Mare-fill	7	1,17 (± 0,20)
Mare-filla	19	1,48 (± 0,26)
TOTAL	51	1,76 (± 0,13)

N, nombre de comparacions

Varietat:	Blat	
Via	N	Anys
Pare-fill	7	2,32 (± 0,36)
Pare-filla	11	1,88 (± 0,37)
Mare-fill	7	1,62 (± 0,16)
Mare-filla	10	1,77 (± 0,32)
TOTAL	35	1,88 (± 0,14)

N, nombre de comparacions

Varietat:	Blanca	
Via	N	Anys
Pare-fill	5	2,95 (± 0,94)
Pare-filla	7	2,17 (± 0,80)
Mare-fill	5	3,32 (± 0,71)
Mare-filla	7	2,60 (± 0,65)
TOTAL	24	2,70 (± 0,34)

N, nombre de comparacions

Varietat:	Negra	
Via	N	Anys
Pare-fill	3	1,58 (± 0,68)
Pare-filla	4	0,94 (± 0,22)
Mare-fill	3	1,58 (± 0,68)
Mare-filla	4	1,14 (± 0,10)
TOTAL	14	1,27 (± 0,20)

N, nombre de comparacions

Varietat:	Roja	
Via	N	Anys
Pare-fill	2	3,00 (± 1,83)
Pare-filla	3	2,60 (± 1,39)
Mare-fill	2	1,78 (± 1,04)
Mare-filla	2	2,23 (± 0,06)
TOTAL	9	2,42 (± 0,50)

N, nombre de comparacions

Els intervals generacionals (*L*) obtinguts en la Pairal són elevats (1,96 en el global del LG), quan els comparem amb altres races avícoles domèstiques més encarades en el vessant productiu: 1,5 com a mitjana aproximada en el conjunt de races, i 1,35 en el cas particular de la Gallina Penedesenca (Jordana, 2020). En aquesta raça minoritària, sense uns trets i objectius productius clarament establerts, el fet que els valors de *L* siguin elevats, des del punt de vista de la conservació i el manteniment de la variabilitat genètica, és bo. Ens indica que els criadors allarguen tant com poden la vida útil reproductiva dels animals, amb la qual cosa milloren —maximitzen— el paràmetre N_e (Grandària efectiva de població), i ajuden a controlar els increments de consanguinitat (ΔF).

Quant a l'estructura reproductiva de la raça, s'ha fet una anàlisi de quina és la utilització, per part dels criadors, dels galls de Pairal. No obstant això, i en estar la raça estructurada en varietats —majoritàriament gestionades com a entitats tancades—, només ho farem a aquest nivell (per comprovar el grau d'introgressió d'unes a les altres), obviant-lo pel que fa a les explotacions, ja que un criador determinat ho pot ser de diferents varietats.

Així, en principi, i a títol de curiositat, a la Taula 8 es mostren els galls i gallines de la raça que han deixat més representació de fills inscrits en el Llibre Genealògic.

Taula 8. Galls i gallines de la raça Pairal, per varietat i explotació, amb més representació de fills inscrits en el LG.

Gall	Varietat	Explot.	Fills	Gallina	Varietat	Explot.	Fills
11713286	Blat	3	25	11800337	Blat	3	14
11515621	Aperdiuada	6	15	11901526	Blanca	8	14
11810012	Blanca	8	14	11803290	Roja	10	12
11710813	Aperdiuada	6	14	11702791	Aperdiuada	1	9
11813291	Roja	3	12	11602963	Aperdiuada	6	8
11613245	Aperdiuada	1	9	11602958	Aperdiuada	6	8
11710136	Negra	9	8	11901466	Blat	2	7
11910419	Blat	2	8	11901572	Blanca	2	7
11410206	Aperdiuada	1	8	11900702	Blanca	3	7
11712866	Blat	5	7	11603325	Blanca	3	7
11410527	Blat	3	7	11503711	Aperdiuada	6	7
11910704	Blanca	3	7	11702878	Aperdiuada	6	6
11813284	Aperdiuada	1	7	11700138	Negra	9	5

De forma similar, a la Taula 9, es mostren els individus (galls i gallines) de cadascuna de les cinc varietats amb més representació de fills inscrits en el LG.

Taula 9. Galls i gallines de les cinc varietats de la raça Pairal amb més representació de fills inscrits en el LG.

Varietat: Aperdiuada					
Gall	**Explot.**	**Fills**	**Gallina**	**Explot.**	**Fills**
11515621	6	15	11702791	1	9
11710813	6	14	11602963	6	8
11613245	1	9	11602958	6	8
11410206	1	8	11503711	6	7
11813284	1	7	11702878	6	6
11712799	6	7	11500193	5	5

Varietat: Blat					
Gall	**Explot.**	**Fills**	**Gallina**	**Explot.**	**Fills**
11713286	3	25	11800337	3	14
11910419	2	8	11901466	2	7
11712866	5	7	11707340	6	4
11410527	3	7			
11612961	6	6			
11410334	2	6			

Varietat: Blanca					
Gall	**Explot.**	**Fills**	**Gallina**	**Explot.**	**Fills**
11810012	8	14	11901526	8	14
11910704	3	7	11901572	2	7
11911580	2	6	11900702	3	7
11613322	3	5	11603325	3	7

Varietat: Negra					
Gall	**Explot.**	**Fills**	**Gallina**	**Explot.**	**Fills**
11710136	9	8	11700138	9	5
11811880	9	4	11700137	8	3
11710133	8	4			

Varietat: Roja					
Gall	**Explot.**	**Fills**	**Gallina**	**Explot.**	**Fills**
11813291	3	12	11803290	10	12
11702938	3	3	11600786	3	2

A la Taula 10 es mostra, per a cada varietat, el percentatge de cries nascudes en què el pare pertany a la mateixa varietat, i el percentatge de cries nascudes en què el pare és d'una varietat diferent. Destaquen, en aquest sentit, les varietats Aperdiuada i Blat, en què el 80% dels progenitors mascles pertanyen a la varietat. El 20% restant, procedeixen d'altres varietats. En les altres tres, els % de pares forans a la varietat és força superior. No ens ha d'estranyar, ja que aquestes s'han anat recuperant més recentment, a partir de reproductors de les altres dues, bàsicament.

Taula 10. Percentatge de pares (galls), propis i forans, que són progenitors de les cries nascudes dins de la mateixa varietat o no de Pairal.

Varietat	Cries nascudes	Pare originari de la mateixa varietat (%)	Pare originari d'altres varietats (%)
1. Aperdiuada	83	79,52	20,48
2. Blat	84	80,95	19,05
3. Blanca	55	67,27	32,73
4. Negra	26	73,08	26,92
5. Roja	23	65,22	34,78

La Taula 11 mostra uns resultats similars des d'un altre punt de vista. El percentatge de pares (galls) d'una varietat que deixen descendència dins de la mateixa varietat o en una altra varietat. En aquest sentit les tres varietats més recents: Blanca, Negra i Roja, excel·leixen el 100% Els galls d'aquestes varietats només han deixat descendència dins la seva varietat.

Taula 11. Percentatge de pares (galls) d'una varietat que deixen descendència dins o fora de la seva varietat, de raça Pairal.

Varietat	N	Han deixat descendència en la mateixa varietat (%)	Han deixat descendència en altres varietats (%)
1. Aperdiuada	76	86,84	13,16
2. Blat	72	94,44	5,56
3. Blanca	37	100,00	0,00
4. Negra	19	100,00	0,00
5. Roja	15	100,00	0,00

N, Nombre de vegades que els galls d'una varietat han actuat com a pares

4.3.- Paràmetres genealògics

4.3.1. Població total inscrita en el LG

- Grandària de la població: 276
- Població de referència (amb dos pares coneguts): 204
- Consanguinitat mitjana (*F*): 11,65%
- Coeficient mig de relació mitjana de parentiu (*AR*): 5,70%

- Nombre de fundadors: 72
- Nombre d'ancestres: 43
- Nombre efectiu de fundadors (f_e): 19
- Nombre efectiu d'ancestres (f_a): 19
- Nombre d'ancestres explicant el 50% de la variabilitat genètica del LG: 7
- Grandària efectiva de població (N_e): 8,52
- Increment de consanguinitat (ΔF) per generació en el LG: 5,9%

- Nombre d'explotacions fundadores: 8
- Nombre efectiu d'explotacions fundadores: 6,2

4.3.2. Població viva actual inscrita en el LG

- Població de referència (animals vius): 198
- Consanguinitat mitjana (*F*): 13,88%
- Coeficient mig de relació mitjana de parentiu (*AR*): 6,30%

- Nombre de fundadors: 61
- Nombre d'ancestres: 46
- Nombre efectiu de fundadors (f_e): 22
- Nombre efectiu d'ancestres (f_a): 22
- Nombre d'ancestres explicant el 50% de la variabilitat genètica del LG: 8
- Grandària efectiva de població (N_e): 8,05
- Increment de consanguinitat (ΔF) per generació en el LG: 6,2%

- Nombre d'explotacions fundadores: 9
- Nombre efectiu d'explotacions fundadores: 6,8

4.4.- Contribucions a la diversitat genètica de la raça: varietats, explotacions i individus (població global i població viva)

4.4.1. Varietats

A les Taules 12 i 13 es mostra el percentatge de representació genètica dels individus fundadors de cadascuna de les 5 varietats en el global del LG i en la població viva actual, respectivament. Les dues varietats, tant en la població global com en la viva, que més han contribuït a la diversitat genètica de la raça han estat l'Aperdiuada i la Blat. En el global del LG, de forma majoritària, l'Aperdiuada (42,89%). En la població viva actual, les contribucions d'Aperdiuada i Blat s'han equilibrat bastant: 36,62 % i 30,62 %, respectivament.

Taula 12. Percentatge de representació genètica de les varietats de Pairal en la població global del LG.

Varietat	% de representació genètica
APERDIUADA	42,89 %
BLAT	28,00 %
BLANCA	11,03 %
NEGRA	8,33 %
DESCONEGUDA	5,58 %
ROJA	4,17 %

Taula 13. Percentatge de representació genètica de les varietats de Pairal en la població viva actual del LG.

Varietat	% de representació genètica
APERDIUADA	36,62 %
BLAT	30,62 %
BLANCA	9,34 %
NEGRA	9,09 %
DESCONEGUDA	6,25 %
ROJA	4,17 %

4.4.2. Explotacions

Les Taules 14 i 15 mostren la contribució dels fundadors de les diferents explotacions a la diversitat genètica de la Pairal, per al global del LG i per a la població viva actual, respectivament.

En el global del llibre (Taula 14) destaquen les explotacions 6 i 3, gairebé amb la meitat de la contribució genètica (46,8%). En la població viva actual (Taula 15), continuen essent aquestes dues explotacions les que contribueixen en un major grau

(46,19%) a la diversitat actual. Les explotacions 1 i 2, mostren contribucions intermèdies en ambdós casos: 28,94% i 25,14% de forma conjunta, per al global del llibre i la població viva, respectivament.

Taula 14. Percentatge de representació genètica de les explotacions fundadores en la població global del LG.

Explotació fundadora	% de representació genètica	Explotació fundadora	% de representació genètica
6	25,23%	8	6,99%
3	21,57%	5	4,53%
1	15,21%	4	3,43%
2	13,73%	10	2,39%

Taula 15. Percentatge de representació genètica de les explotacions fundadores en la població viva actual del LG.

Explotació fundadora	% de representació genètica	Explotació fundadora	% de representació genètica
6	23,97%	5	5,87%
3	22,22%	4	2,53%
2	14,52%	11	0,51%
1	10,62%	7	0,51%
8	6,88%		

4.4.3. Individus

4.4.3.1. En el global del LG i en la població viva actual

A la Taula 16 es mostra la contribució dels ancestres (no necessàriament fundadors) a la diversitat genètica de la raça. A la part esquerra sobre el global del LG i a la part dreta sobre la població viva actual (Juliol 2020). En la població global el nombre

d'ancestres que expliquen el 50% de la variabilitat genètica del LG són 7, i en la població viva actual 8.

Taula 16. Relació d'ancestres que expliquen el 50% de la diversitat genètica de la raça Pairal. A l'esquerra, dins la població global del LG, i a la dreta, dins la població viva actual enregistrada en LG a data juliol de 2020 (entre parèntesi, sexe i explotació a què pertanyen).

Raça: Pairal			
Identificació	**Percentatge acumulat**	**Identificació**	**Percentatge acumulat**
Població global		**Població viva**	
11515621 (♂; 6)	12,75 %	11515621 (♂; 6)	12,63 %
11410206 (♂; 1)	22,64 %	11410334 (♂; 2)	21,59 %
11410334 (♂, 2)	32,44 %	11410206 (♂; 1)	29,01 %
11503711 (♀; 6)	38,36 %	11503711 (♀; 6)	34,85 %
11712799 (♂; 6)	43,00 %	11713286 (♂; 3)	40,06 %
11713286 (♂; 6)	46,83 %	11712799 (♂; 6)	43,70 %
11603325 (♀; 3)	50,63 %	11710133 (♂; 8)	46,89 %
		11603325 (♀; 3)	50,05 %

Població global: Nombre d'ancestres que expliquen el 50% de la variabilitat genètica: 7
Població viva: Nombre d'ancestres que expliquen el 50% de la variabilitat genètica: 8

4.4.3.2. En les varietats

A les Taules de la 17a a la 17e es mostra la relació d'ancestres que més han contribuït a la diversitat genètica de la varietat. A l'esquerra de cada taula, dins la població global del LG i, a la dreta, dins la població viva actual de la varietat.

Aperdiuada:

Població global: 3 ancestres expliquen el 50% de la variabilitat genètica

Població viva: 2 ancestres expliquen el 50% de la variabilitat genètica

Blat:

Població global: 5 ancestres expliquen el 50% de la variabilitat genètica

Població viva: 5 ancestres expliquen el 50% de la variabilitat genètica

Blanca:

Població global: 3 ancestres expliquen el 50% de la variabilitat genètica

Població viva: 3 ancestres expliquen el 50% de la variabilitat genètica

Negra:

Població global: No s'ha pogut calcular, ja que hi ha d'haver, almenys, 1 fundador dins de la població de referència

Població viva: 2 ancestres expliquen el 50% de la variabilitat genètica

Roja:

Població global: 2 ancestres expliquen el 50% de la variabilitat genètica

Població viva: 2 ancestres expliquen el 50% de la variabilitat genètica

Taula 17a. Relació d'ancestres que expliquen el 50% de la diversitat genètica de la varietat Aperdiuada de la raça Pairal. A l'esquerra, dins la població global del LG, i a la dreta, dins la població viva actual enregistrada en LG a data juliol de 2020 (entre parèntesi, sexe i explotació a què pertanyen).

Varietat: Aperdiuada			
Identificació	**Percentatge acumulat**	**Identificació**	**Percentatge acumulat**
Població global		**Població viva**	
11515621 (♂; 6)	22,89 %	11515621 (♂; 6)	32,78 %
11500193 (♀; 5)	39,31 %	11503711 (♀; 6)	50,47 %
11503711 (♀; 6)	52,62 %		

Població global: Nombre d'ancestres que expliquen el 50% de la variabilitat genètica: 3
Població viva: Nombre d'ancestres que expliquen el 50% de la variabilitat genètica: 2

Taula 17b. Relació d'ancestres que expliquen el 50% de la diversitat genètica de la varietat Blat de la raça Pairal. A l'esquerra, dins la població global del LG, i a la dreta, dins la població viva actual enregistrada en LG a data juliol de 2020 (entre parèntesi, sexe i explotació a què pertanyen).

Varietat: Blat			
Identificació	**Percentatge acumulat**	**Identificació**	**Percentatge acumulat**
Població global		**Població viva**	
11410527 (♂; 3)	23,07 %	11410527 (♂; 3)	24,64 %
11410337 (♂; 3)	33,33 %	11410337 (♂; 3)	33,79 %
11612961 (♂; 6)	39,73 %	11612961 (♂; 6)	41,58 %
11910419 (♂; 2)	45,68 %	11910419 (♂; 2)	48,82 %
11613784 (♂; 5)	51,34 %	11800337 (♀; 3)	55,34 %

Població global: Nombre d'ancestres que expliquen el 50% de la variabilitat genètica: 5
Població viva: Nombre d'ancestres que expliquen el 50% de la variabilitat genètica: 5

Taula 17c. Relació d'ancestres que expliquen el 50% de la diversitat genètica de la varietat Blanca de la raça Pairal. A l'esquerra, dins la població global del LG, i a la dreta, dins la població viva actual enregistrada en LG a data juliol de 2020 (entre parèntesi, sexe i explotació a què pertanyen).

Varietat: Blanca			
Identificació	**Percentatge acumulat**	**Identificació**	**Percentatge acumulat**
Població global		**Població viva**	
11410334 (♂; 2)	21,14 %	11410334 (♂; 2)	24,64 %
11603325 (♀; 3)	37,50 %	11603325 (♀; 3)	42,50 %
11403345 (♀; 4)	51,82 %	11403345 (♀; 4)	56,43 %

Població global: Nombre d'ancestres que expliquen el 50% de la variabilitat genètica: 3
Població viva: Nombre d'ancestres que expliquen el 50% de la variabilitat genètica: 3

Taula 17d. Relació d'ancestres que expliquen el 50% de la diversitat genètica de la varietat Negra de la raça Pairal. A l'esquerra, dins la població global del LG, i a la dreta, dins la població viva actual enregistrada en LG a data juliol de 2020 (entre parèntesi, sexe i explotació a què pertanyen).

Varietat: Negra			
Identificació	**Percentatge acumulat**	**Identificació**	**Percentatge acumulat**
Població global		**Població viva**	
No s'ha pogut calcular. Hi ha d'haver-hi almenys 1 fundador dins de la població de referència.		11710133 (♂; 8) 11700135 (♀; 8)	33,22 % 50,66 %

Població global: Nombre d'ancestres que expliquen el 50% de la variabilitat genètica: --
Població viva: Nombre d'ancestres que expliquen el 50% de la variabilitat genètica: 2

Taula 17e. Relació d'ancestres que expliquen el 50% de la diversitat genètica de la varietat Roja de la raça Pairal. A l'esquerra, dins la població global del LG, i a la dreta, dins la població viva actual enregistrada en LG a data juliol de 2020 (entre parèntesi, sexe i explotació a què pertanyen).

Varietat: Roja			
Identificació	**Percentatge acumulat**	**Identificació**	**Percentatge acumulat**
Població global		**Població viva**	
11702938 (♂; 3) 11600788 (♀; 3)	43,48 % 69,57 %	11702938 (♂; 3) 11600788 (♀; 3)	48,61 % 77,78 %

Població global: Nombre d'ancestres que expliquen el 50% de la variabilitat genètica: 2
Població viva: Nombre d'ancestres que expliquen el 50% de la variabilitat genètica: 2

4.5.- Consanguinitat (*F*) i relació mitjana de parentiu (*AR*) en la raça i les varietats. Evolució

El Llibre Genealògic ens ofereix una informació valuosa sobre les relacions de parentiu entre els animals i l'evolució de la consanguinitat al llarg de les generacions; no obstant això, es veu limitada a l'antiguitat dels registres. A mesura que l'arbre genealògic esdevé més complet, es fa més probable trobar lligams de parentiu entre els animals.

4.5.1. Evolució per generacions de F i AR en el global de la raça (LG) i les varietats

A la Taula 18 s'aprecia com augmenta el valor de *F* i *AR* dels individus en funció del nombre de generacions completes conegudes. S'observa que a partir de dues generacions (és a dir, en individus en què es coneix l'ascendència completa fins als avis) gairebé tots els animals (96,70%) són consanguinis.

Taula 18. Evolució dels valors de *F* i *AR* segons el nombre de generacions completes conegudes per a la població global del LG de la raça Pairal.

Nombre de generacions completes	Nombre d'individus per generació completa	*F* mitjana per generació	Percentatge d'animals consanguinis	*F* mitjana dels animals consanguinis	*AR* mitjana per generació
0	72	0,00%			2,71%
1	109	8,17%	30,27%	26,99%	5,98%
2	91	24,39%	96,70%	25,22%	7,62%
3	4	26,56%	100,00%	26,56%	8,46%

En la població global com a entitat única (Pairal):

Dels 276 individus enregistrats en el LG, 125 són consanguinis amb un valor de *F* superior al 12,5% D'aquests, 81 presenten un valor superior al 25%, arribant 2 individus fins a un màxim del 50%

En la població global per varietats:

De la varietat Aperdiuada (83 individus), 36 són consanguinis per sobre del 12,5%, i 31 superen el 25%, arribant 2 individus fins a un màxim del 50%

De la varietat Blat (84 individus), 32 són consanguinis per sobre del 12,5%, i 22 superen el 25%, fins a un màxim del 43,7%

De la varietat Blanca (55 individus), 31 són consanguinis per sobre del 12,5%, i 11 superen el 25%, fins a un màxim del 29,7%

De la varietat Negra (26 individus), 11 són consanguinis per sobre del 12,5%, i 5 arriben fins a un 25%

De la varietat Roja (23 individus), 15 són consanguinis per sobre del 12,5%, i 12 superen el 25%, fins a un màxim del 43,7%

En la població viva actual com a entitat única (Pairal):

Dels 198 individus actualment vius, 104 són consanguinis per sobre del 12,5%, i 71 superen el 25%, arribant 2 individus fins a un màxim del 50%

En la població viva actual per varietats:

De la varietat Aperdiuada (53 individus), 27 són consanguinis per sobre del 12,5%, i 25 superen el 25%, arribant 2 individus fins a un màxim del 50%

De la varietat Blat (69 individus), 32 són consanguinis per sobre del 12,5%, i 22 superen el 25%, fins a un màxim del 43,7%

De la varietat Blanca (35 individus), 22 són consanguinis per sobre del 12,5%, i 10 superen el 25%, fins a un màxim del 29,7%

De la varietat Negra (19 individus), 10 són consanguinis per sobre del 12,5%, i 4 arriben fins a un 25%

De la varietat Roja (18 individus), 13 són consanguinis per sobre del 12,5%, i 10 superen el 25%, fins a un màxim del 43,7%

4.5.2. Evolució per anys de F i AR en el global de la raça (LG) i les varietats

A la Taula 19 es mostra, de forma resumida, els valors de *F* i *AR* i nombre de generacions conegudes (màximes, completes i equivalents) en les 5 varietats de la raça. A la part superior per al global del LG, i a la inferior per a la població viva actual.

Taula 19. Valors de *F* i *AR* per varietats, en el global del LG i en la població viva actual de la raça Pairal (Juliol de 2020).

Varietats	N	*F* mitjana	AR mitjana	Generacions màximes	Generacions completes	Generacions equivalents
Població global						
1. Aperdiuada	83	13,08 %	6,87 %	2,6	1,1	1,7
2. Blat	84	9,86 %	5,63 %	2,6	0,9	1,7
3. Blanca	55	10,14 %	5,54 %	2,4	1,4	1,9
4. Negra	26	7,69 %	2,54 %	1,6	1,1	1,3
5. Roja	23	23,68 %	6,69 %	2,9	1,4	2,1
TOTAL	**271**	**11,87 %**	**5,79 %**	**2,5**	**1,1**	**1,7**
Població viva						
1. Aperdiuada	53	16,24 %	8,09 %	3,3	1,4	2,2
2. Blat	69	12,00 %	6,02 %	3,0	1,1	2,0
3. Blanca	35	12,23 %	6,21 %	2,7	1,5	2,1
4. Negra	19	9,21 %	2,56 %	1,7	1,2	1,4
5. Roja	18	25,39 %	7,42 %	3,2	1,5	2,4
TOTAL	**194**	**14,17 %**	**6,41 %**	**2,9**	**1,3**	**2,0**

Nota: les diferències que s'observen en els totals censals corresponen a 5 individus en què no constava la informació de varietat. Per als resultats de la població viva, també s'ha tingut en compte la informació de 3 individus d'origen desconegut però amb informació de varietat.

La consanguinitat (*F*) mitjana de la raça en el global del LG és de l'11,87% i en la població viva actual del 14,17%, obtinguts a partir de la seva estructuració en varietats. Aquests valors són molt similars als obtinguts en els apartats 4.3.1 i 4.3.2, quan s'utilitzava tota la informació disponible del LG: 11,65% i 13,88%, per a la població global i la viva, respectivament.

Les relacions mitjanes de parentiu (*AR*), obtingudes a partir de l'estructuració de la raça en varietats (Taula 19) són del 5,79% i del 6,41% per al global del LG i per a la població viva actual, respectivament. I els valors també són similars als dels apartats 4.3.1 i 4.3.2, amb tota la informació disponible del LG: 5,70% i 6,30%, per a la població global i la viva, respectivament. Els valors d'*AR* (com s'ha explicitat a Material i Mètodes) els interpretaríem com la representació d'un determinat animal en el conjunt de la població, i es podria utilitzar com un índex per mantenir el patrimoni genètic inicial de la raça, escollint els animals reproductors entre aquells amb els valors d'*AR* més baixos.

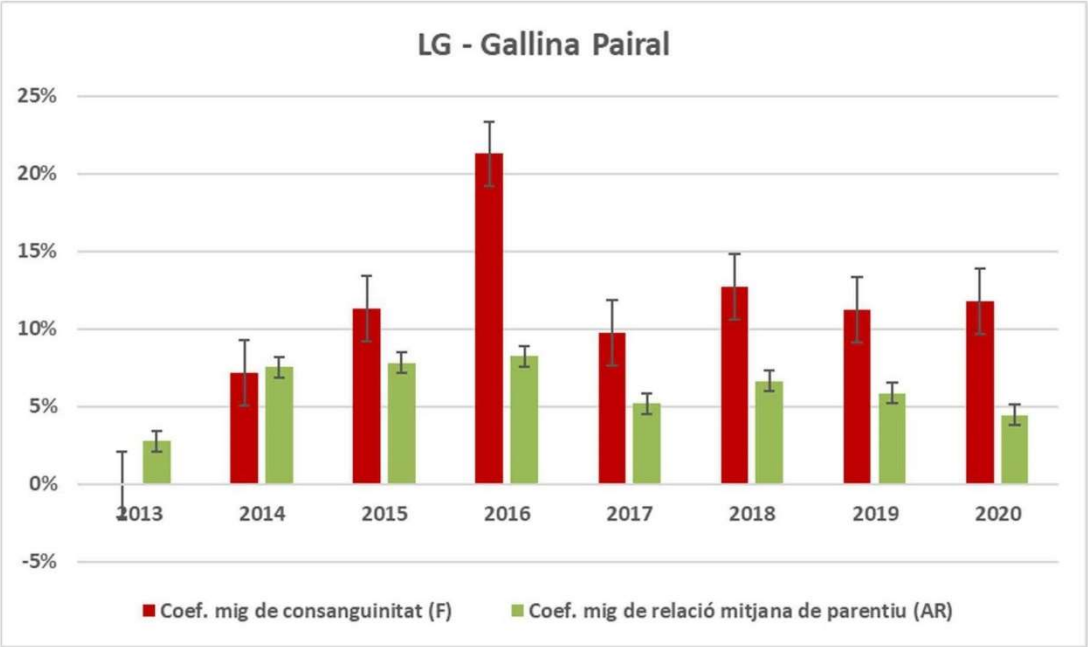
Els valors d'ambdós paràmetres són força alts, per assegurar una bona gestió i manteniment de la variabilitat genètica de la raça. No obstant això, els podem considerar lògics, tenint en compte que la Pairal és una raça en recuperació i que el nombre d'efectius, a hores d'ara, encara és limitat. Tanmateix, volem reforçar la importància de la programació òptima dels aparellaments, a partir dels valors de coascendència, ja sigui entre les explotacions d'una mateixa varietat o, de forma encara més adient, entre els individus (mascles i femelles) de la varietat. D'aquesta manera s'aconseguiria controlar l'augment d'ambdós paràmetres.

En producció animal, per a les diferents espècies, se sol aconsellar que el valor de la consanguinitat de la població no superi el 6,25%, per a evitar els problemes derivats de la depressió consanguínia en els caràcters mètrics d'interès econòmic.

4.5.2.1. Evolució per anys en el global de la raça

A la Figura 9 mostrem l'evolució de *F* i *AR* al llarg dels anys, en el global del LG de la raça de gallina Pairal.

Figura 9. Evolució percentual i errors típics dels valors de consanguinitat (*F*) i relació mitjana de parentiu (*AR*), per any de naixement, en el global del Llibre Genealògic de la Gallina Pairal.



L'evolució de la consanguinitat (*F*), agafada la Pairal com a entitat única, després d'un marcat inici del 7,14% en el segon any (2014), com era d'esperar en una població minoritària i en recuperació com aquesta, ha anat augmentant de forma progressiva, però lenta —els criadors l'han sabut controlar amb la programació adequada dels aparellaments—, havent-se estabilitzat, de forma mitjana, en el període, al voltant de l'11-12%, amb l'excepció de l'any 2016 en què va pujar fins al 21,27% Els valors d'*AR*, també semblen estabilitzats al voltant del 6-7%, amb una tendència a la baixa els darrers anys. Els valors per ambdós paràmetres continuen sent elevats, però

a causa de la particular idiosincràsia de la raça, els podem assumir com perfectament acceptables i amb una clara tendència a la seva millora.

4.5.2.2. Evolució per anys en les varietats

En estar la raça estructurada en varietats, amb un desitjable aïllament reproductiu entre elles, és més important analitzar aquesta evolució dins de les mateixes varietats. A les Figures de la 10a a la 10e es mostra l'evolució de *F* i *AR* per a les cinc varietats de la raça.

En l'Aperdiuada i la Blat, les dues principals en nombre d'individus i registres, els valors han augmentat considerablement els darrers anys, però amb un remarcable decrement el 2020, de ben segur assolit per una més acurada programació dels aparellaments. El control aconseguit en aquestes dues, no es manifesta en les tres restants (Blanca, Negra i Roja), la qual cosa no és d'estranyar a causa del reduït nombre d'efectius que hi ha.

Figura 10a. Evolució percentual i errors típics dels valors de consanguinitat (*F*) i relació mitjana de parentiu (*AR*), per any de naixement, en el global del Llibre Genealògic per a la varietat de gallina Aperdiuada de la raça Pairal.

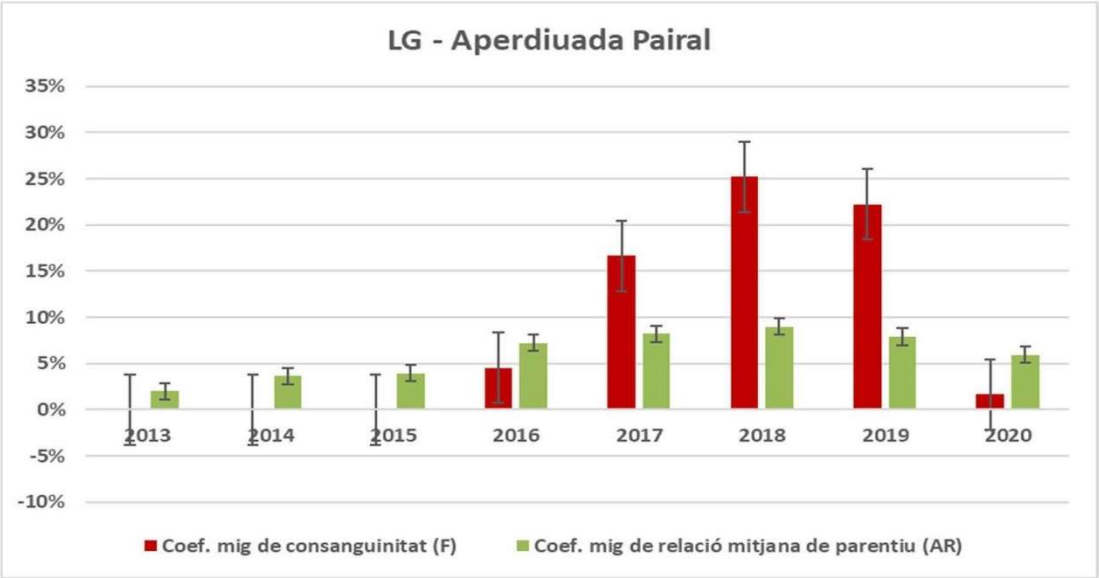


Figura 10b. Evolució percentual i errors típics dels valors de consanguinitat (*F*) i relació mitjana de parentiu (*AR*), per any de naixement, en el global del Llibre Genealògic per a la varietat de gallina Blat de la raça Pairal.

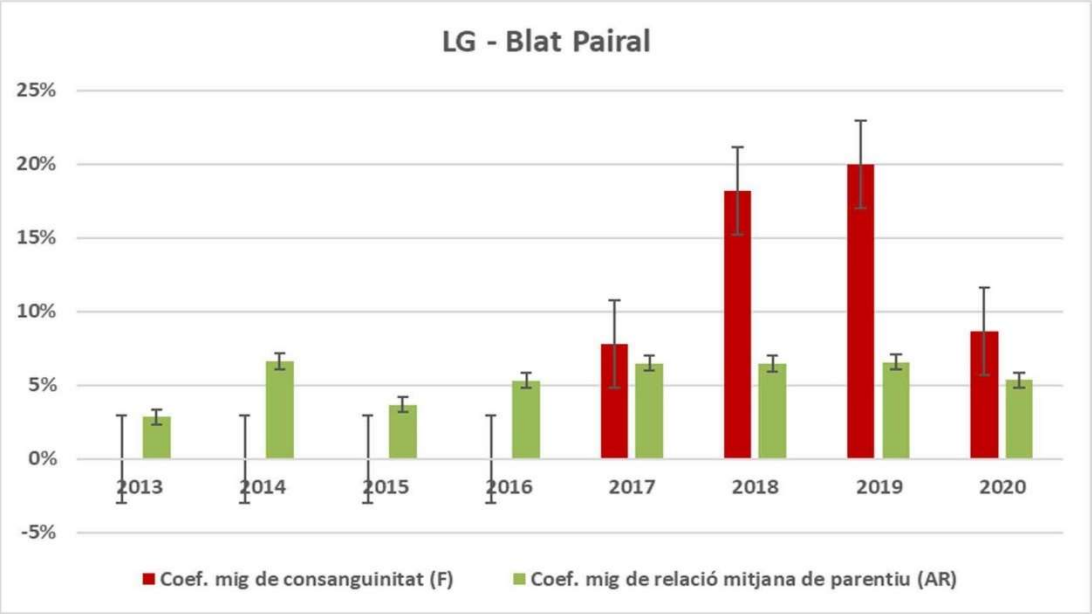


Figura 10c. Evolució percentual i errors típics dels valors de consanguinitat (*F*) i relació mitjana de parentiu (*AR*), per any de naixement, en el global del Llibre Genealògic per a la varietat de gallina Blanca de la raça Pairal.

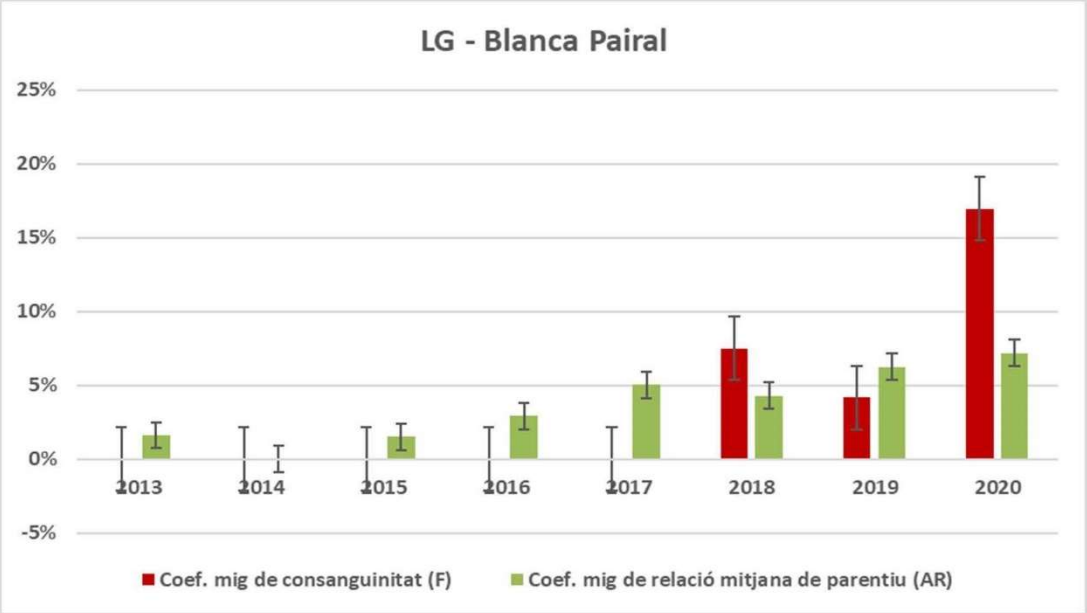


Figura 10d. Evolució percentual i errors típics dels valors de consanguinitat (*F*) i relació mitjana de parentiu (*AR*), per any de naixement, en el global del Llibre Genealògic per a la varietat de gallina Negra de la raça Pairal.

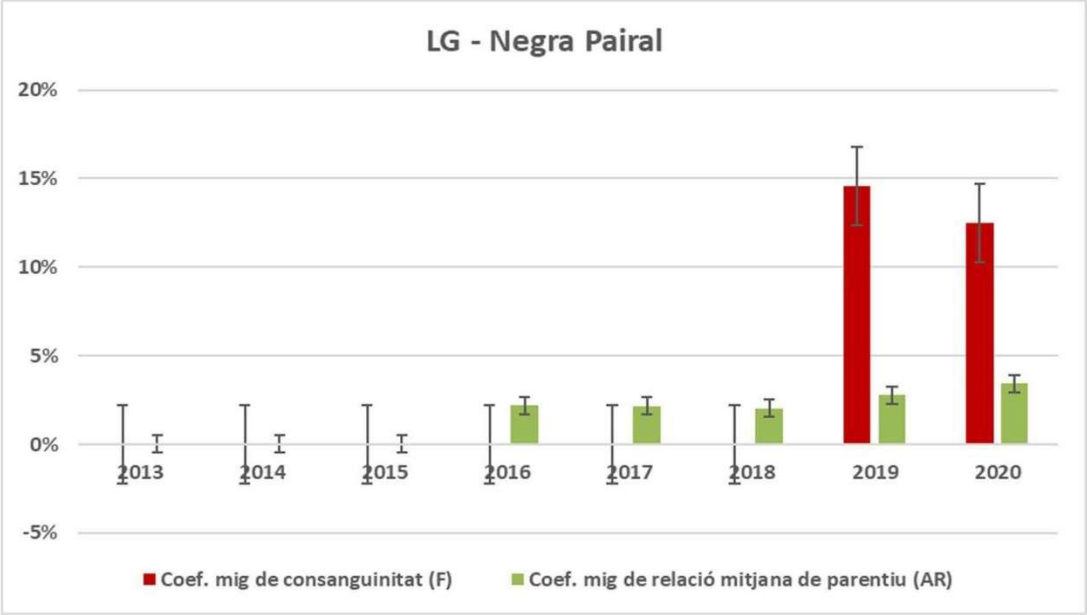
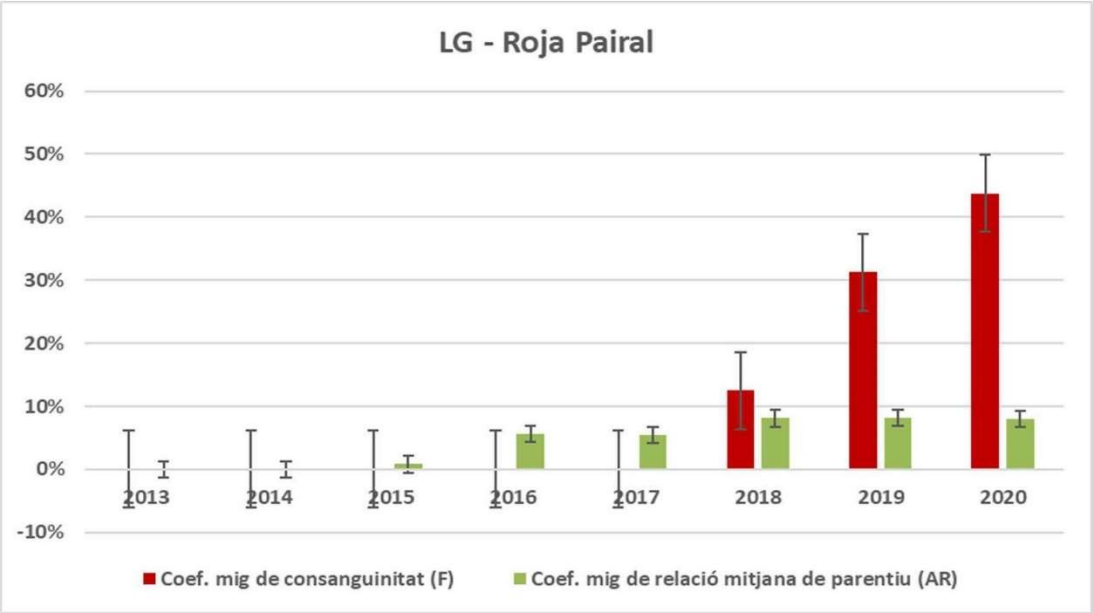


Figura 10e. Evolució percentual i errors típics dels valors de consanguinitat (*F*) i relació mitjana de parentiu (*AR*), per any de naixement, en el global del Llibre Genealògic per a la varietat de gallina Roja de la raça Pairal.



4.6.- Estructura poblacional: F-estadístics

Els estadístics-F ens mesuren l'excés o dèficit d'heterozigots en la població global (F_{IT}) i en les subpoblacions (F_{IS}) respecte al que s'esperaria si tots els aparellaments fossin a l'atzar. Així mateix, l'estadístic F_{ST} ens mesura el grau de similitud i/o divergència genètica entre les subpoblacions.

4.6.1. Explotacions (11)

$F_{IS} = -0{,}0214$ Com a mitjana, una explotació agafada a l'atzar presenta un excés d'heterozigots del 2,14%

$F_{IT} = 0{,}0906$ El global de la Pairal presenta un dèficit d'heterozigots del 9,06%

$F_{ST} = 0{,}1096$ El grau de diferenciació mig entre explotacions és del 10,96%

Si prenem la població de Pairal com a entitat única (raça), la Taula 20 i la Figura 11 ens mostren, a partir dels valors F_{ST} utilitzats com una mesura de distància genètica, les relacions existents entre les explotacions en el global del LG. Aquests resultats, i les relacions genètiques existents entre elles, s'han de prendre amb molta cura i interpretar-los dins el seu context. Ens indiquen les relacions en el conjunt de la raça, però s'ha de tenir present que en una mateixa explotació poden coexistir diverses varietats, com es mostra a la Taula 3, que mantenen un aïllament reproductiu.

En aquest apartat no ens entretindrem gaire en explicacions, ja que, per la particular idiosincràsia reproductiva, les conclusions que en podem extreure són poques i no gaire pràctiques. Ens ho prendrem de forma purament anecdòtica i/o curiosa, per veure quines explotacions estan més relacionades amb quines altres, en l'àmbit global de la raça.

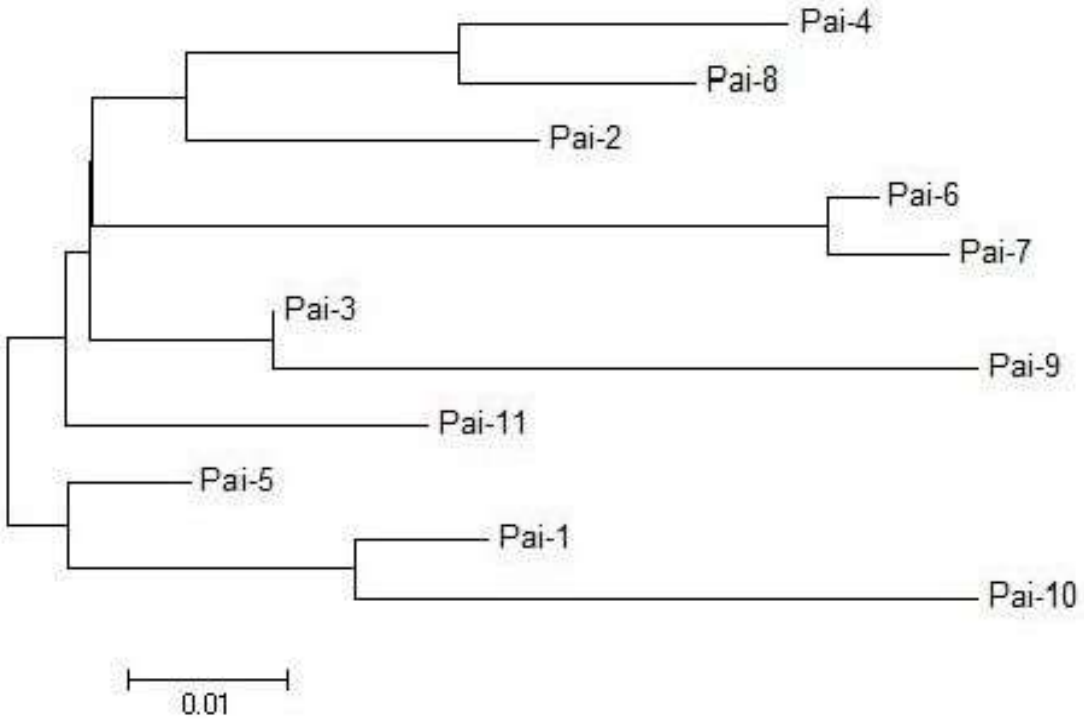
Taula 20. Matriu de distàncies genètiques (F_{ST}) entre les 11 explotacions de la raça Pairal, per al global del LG. En la diagonal i marcats en negreta, valors de F_{IS} per a cadascuna de les explotacions.

Explotació	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	**–0,048**										
2	0,072	**–0,089**									
3	0,041	0,028	**0,107**								
4	0,062	0,051	0,019	**–0,207**							
5	0,045	0,051	0,023	0,052	**–0,038**						
6	0,107	0,092	0,062	0,073	0,083	**–0,087**					
7	0,051	0,064	0,015	0,129	0,048	0,011	**–0,091**				
8	0,089	0,064	0,034	0,036	0,067	0,110	0,069	**–0,085**			
9	0,070	0,078	0,023	0,123	0,061	0,081	0,143	0,075	**–0,213**		
10	0,048	0,078	0,016	0,145	0,055	0,070	0,193	0,084	0,159	**–0,209**	
11	0,058	0,053	0,009	0,067	0,034	0,074	0,081	0,060	0,087	0,096	**–0,114**

F_{IS}, definit com el dèficit d'heterozigots dins de cada explotació (valors positius, dèficit; valors negatius, excés)

Marcats en gris a la taula, valors $F_{ST} > 0,100$ (10% de diferenciació genètica)

Figura 11. Dendrograma o arbre de relacions genètiques entre les explotacions de la raça Pairal, obtingut a partir de les distàncies genètiques (F_{ST}) mitjançant l'algoritme NJ.



4.6.2. Varietats (5)

F_{IS} = 0,0155 Com a mitjana, una varietat agafada a l'atzar presenta un dèficit d'heterozigots de l'1,55%

F_{IT} = 0,0920 El global de la Pairal presenta un dèficit d'heterozigots del 9,20%

F_{ST} = 0,0777 El grau de diferenciació mig entre varietats és del 7,77%

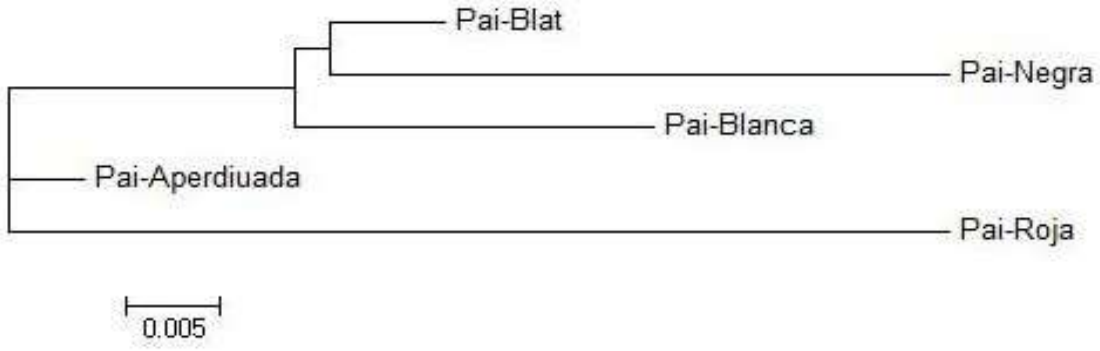
De forma similar a l'apartat anterior, a partir dels valors F_{ST} utilitzats com una mesura de distància genètica, s'han construït la Taula 21 i la Figura 12, que ens mostren la relació existent entre les cinc varietats, per al global del LG.

Taula 21. Matriu de distàncies genètiques (F_{ST}) entre les 5 varietats de la raça Pairal, per al global del LG. En la diagonal i marcats en negreta, valors de F_{IS} per a cadascuna de les varietats.

Varietats	1	2	3	4	5
1. Aperdiuada	**0,047**				
2. Blat	0,037	**0,028**			
3. Blanca	0,040	0,028	**0,008**		
4. Negra	0,043	0,039	0,053	**–0,067**	
5. Roja	0,054	0,062	0,083	0,113	**–0,053**

F_{IS}, definit com el dèficit d'heterozigots dins de cada varietat (valors positius, dèficit; valors negatius, excés)

Figura 12. Dendrograma o arbre de relacions genètiques entre les varietats de la raça Pairal, obtingut a partir de les distàncies genètiques (F_{ST}) mitjançant l'algoritme NJ.



Les dues varietats que mostren menys diferenciació genètica respecte a les altres són l'Aperdiuada i la Blat, i tal com ja havíem esmentat a la Taula 10, la circumstància no ens ha d'estranyar, ja que ambdues han estat la base de la recuperació de les altres tres. Entre les tres més recentment recuperades (Blanca, Negra i Roja) els valors de diferenciació F_{ST} són més elevats. Aquestes varietats s'han mantingut fortament aïllades de la resta i, com mostràvem a la Taula 11, tots els galls reproductors de cadascuna de les varietats, únicament han deixat descendència dins la mateixa varietat. L'intercanvi genètic és mínim i per tant la diferenciació és màxima. Un altre factor important, en aquest marcat grau de diferenciació, és la reduïda grandària censal de les tres varietats, que comporta que l'aparellament entre individus emparentats sigui molt important. El cas extrem és la varietat Roja, on els valors de consanguinitat (*F*) volten el 25% (Taula 19). No obstant això, la raça en el seu conjunt, continua mostrant una gran uniformitat genètica quan és comparada amb altres poblacions avícoles del seu entorn, com s'ha contrastat amb anterioritat amb estudis de marcadors genètics (Jordana, 2019).

4.7.- Coascendència genealògica per a la programació d'aparellaments

Els valors de coascendència genealògica entre individus (f_{ij}) és l'eina principal a l'hora de programar els aparellaments més adients, per mantenir al màxim la variabilitat genètica de la raça i controlar-ne la consanguinitat.

El coeficient de coascendència entre un mascle i una femella equival a la consanguinitat teòrica que tindria un fill seu. Per tant, els aparellaments més idonis entre reproductors serien aquells amb un valor de coascendència mínima.

No obstant això, i a causa de la ingent quantitat d'informació generada, els resultats entre individus no es mostraran en la present memòria. Tanmateix, estan a disposició de l'associació en cas que en volguessin disposar. Ara i aquí, només discutirem els valors de coascendència entre varietats i explotacions, tant per al global del LG com per a la població viva actual.

La coascendència mitjana entre dues subpoblacions (varietats i/o explotacions) ens indica la probabilitat que un descendent nascut de l'aparellament a l'atzar de dos individus, cadascun d'una subpoblació, sigui consanguini.

4.7.1. En el global del LG: entre varietats i explotacions

4.7.1.1. Entre varietats

A la Taula 22, els valors de la diagonal mostren la coascendència mitjana dins la varietat. Tal com dèiem a Material i Mètodes, seria la probabilitat que dos al·lels, un agafat en un individu i l'altre en un altre individu, fossin idèntics per descendència. És a dir, que els dos provinguessin d'un mateix ancestre. Per exemple, en la varietat Blat, aquesta probabilitat seria del 7,2% En altres paraules, seria la probabilitat que,

aparellats dos individus a l'atzar de la varietat (mascle i femella), un fill seu fos consanguini. La probabilitat que això passés, seria del 7,2%

Taula 22. Matriu dels coeficients de coascendència genealògica dintre (f_{ii}) i entre (f_{ij}) varietats de la raça Pairal, obtinguts sobre la totalitat dels registres del LG. Els valors dins d'una mateixa varietat són a la diagonal i marcats en negreta.

Varietats	1	2	3	4	5
1. Aperdiuada	**0,088**				
2. Blat	0,009	**0,072**			
3. Blanca	0,012	0,017	**0,094**		
4. Negra	0,000	0,000	0,000	**0,135**	
5. Roja	0,035	0,000	0,000	0,000	**0,275**

Entre varietats, veiem que es donen uns certs valors de coascendència de l'Aperdiuada i la Blat respecte a les altres. Per exemple, entre l'Aperdiuada i la Blanca, el valor mitjà de coascendència és de l'1,2% Això ens indica que, la probabilitat d'agafar a l'atzar un mascle (o femella) d'Aperdiuada i una femella (o mascle) de Blat, i que els dos provinguin d'un mateix ancestre, amb la qual cosa el seu fill seria consanguini, és de l'1,2% No és d'estranyar que romanguin aquestes coascendències, ja que Aperdiuada i Blat han estat base de recuperació de les altres tres varietats. Entre les tres més recents (Blanca, Negra i Roja), els valors de coascendència és zero. La probabilitat d'agafar un individu a l'atzar de Blanca i un altre de Negra (o Roja), i que els dos provinguin d'un mateix ancestre, amb la qual cosa un fill seu seria consanguini, és nul·la.

4.7.1.2. Entre explotacions

Els valors de coascendència entre explotacions per al global del LG es mostren a la Taula 23 i, com dèiem a l'apartat 4.6.1. per als valors F_{ST}, les conclusions que en

podem extreure són poques i no gaire pràctiques, a causa de la particular idiosincràsia reproductiva (diferents criadors crien diferents varietats aïllades reproductivament). No obstant això, assenyalem en gris a la taula els dos valors més elevats, que es corresponen a les explotacions 4 i 8 (Baix Empordà i Maresme) amb una coascendència del 10,4%, i a les 6 i 7 (ambdues del Vallès Oriental) amb una coascendència del 22,3%

Taula 23. Matriu dels coeficients de coascendència genealògica dintre (f_{ii}) i entre (f_{ij}) explotacions de la raça Pairal, obtinguts sobre la totalitat dels registres del LG. Els valors dins d'una mateixa explotació són a la diagonal i marcats en negreta.

Explotació	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	**0,161**										
2	0,000	**0,120**									
3	0,015	0,006	**0,062**								
4	0,000	0,042	0,016	**0,197**							
5	0,036	0,000	0,008	0,000	**0,078**						
6	0,008	0,000	0,017	0,000	0,002	**0,239**					
7	0,000	0,000	0,018	0,000	0,000	0,223	**0,312**				
8	0,000	0,030	0,025	0,104	0,000	0,000	0,000	**0,175**			
9	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	**0,240**		
10	0,067	0,000	0,058	0,000	0,018	0,003	0,000	0,000	0,000	**0,338**	
11	0,000	0,007	0,044	0,019	0,018	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	**0,102**

Nota: alguns resultats poden quedar esbiaixats pel baix nombre d'individus d'algunes explotacions
Marcats en gris, valors de coascendència entre explotacions més elevats (f_{ij} > 10%)

4.7.2. En la població viva actual: entre explotacions dins d'una mateixa varietat

De més interès pràctic, per a la programació d'aparellaments, seria conèixer els valors de coascendència mitjans, obtinguts dels animals vius actuals de la varietat, que hi ha entre les explotacions que crien aquella varietat en particular. Aleshores, per al manteniment de la variabilitat i el control de la consanguinitat, un criador hauria d'aparellar els seus animals (o comprar la reposició) en aquelles explotacions amb un coeficient de coascendència menor, idealment zero. (Això, sempre que l'associació no fes programació individual dels aparellaments). Si els valors de

coascendència dintre d'una mateixa explotació (marcats en negreta a la diagonal) són elevats (p.e. f_{ii} > 10%; que és el que succeeix en totes les explotacions de totes les varietats), seria molt recomanable —imprescindible— buscar reposició exterior.

Per a cadascuna de les varietats, en les taules subsegüents, mostrarem la matriu de coascendències entre explotacions i, addicionalment, la matriu de distàncies F_{ST} entre aquestes (ens quantifica la diferenciació genètica existent entre explotacions).

4.7.2.1. Aperdiuada

Taula 24a. Matriu dels coeficients de coascendència genealògica dintre (f_{ii}) i entre (f_{ij}) explotacions que actualment contribueixen amb animals vius i controlats per l'associació, de la varietat Aperdiuada de la raça Pairal, obtinguts sobre la totalitat dels registres del LG. Els valors dins d'una mateixa explotació són a la diagonal i marcats en negreta.

Explotacions	1	5	6	7
1	**0,265**			
5	0,097	**0,174**		
6	0,006	0,002	**0,310**	
7	0,000	0,000	0,264	**0,312**

Taula 24b. Matriu de distàncies genètiques (F_{ST}) entre les 4 explotacions que actualment contribueixen amb animals vius i controlats per l'associació, de la varietat Aperdiuada de la raça Pairal, obtinguts sobre la totalitat dels registres del LG. Els valors dins d'una mateixa explotació són a la diagonal i marcats en negreta.

Explotacions	1	5	6	7
1	**−0,174**			
5	0,062	**−0,152**		
6	0,016	0,102	**−0,162**	
7	0,109	0,128	0,016	**−0,091**

4.7.2.2. Blat

Taula 25a. Matriu dels coeficients de coascendència genealògica dintre (f_{ii}) i entre (f_{ij}) explotacions que actualment contribueixen amb animals vius i controlats per l'associació, de la varietat Blat de la raça Pairal, obtinguts sobre la totalitat dels registres del LG. Els valors dins d'una mateixa explotació són a la diagonal i marcats en negreta.

Explotacions	2	3	5	6	11
2	**0,183**				
3	0,007	**0,285**			
5	0,000	0,017	**0,229**		
6	0,000	0,000	0,000	**0,339**	
11	0,003	0,116	0,048	0,000	**0,101**

Taula 25b. Matriu de distàncies genètiques (F_{ST}) entre les 5 explotacions que actualment contribueixen amb animals vius i controlats per l'associació, de la varietat Blat de la raça Pairal, obtinguts sobre la totalitat dels registres del LG. Els valors dins d'una mateixa explotació són a la diagonal i marcats en negreta.

Explotacions	2	3	5	6	11
2	**−0,211**				
3	0,115	**−0,094**			
5	0,110	0,104	**−0,210**		
6	0,148	0,149	0,165	**−0,249**	
11	0,075	0,041	0,062	0,121	**−0,113**

4.7.2.3. Blanca

Taula 26a. Matriu dels coeficients de coascendència genealògica dintre (f_{ii}) i entre (f_{ij}) explotacions que actualment contribueixen amb animals vius i controlats per l'associació, de la varietat Blanca de la raça Pairal, obtinguts sobre la totalitat dels registres del LG. Els valors dins d'una mateixa explotació són a la diagonal i marcats en negreta.

Explotacions	2	3	4	8
2	**0,344**			
3	0,000	**0,214**		
4	0,081	0,000	**0,300**	
8	0,058	0,030	0,162	**0,314**

Taula 26b. Matriu de distàncies genètiques (F_{ST}) entre les 4 explotacions que actualment contribueixen amb animals vius i controlats per l'associació, de la varietat Blanca de la raça Pairal, obtinguts sobre la totalitat dels registres del LG. Els valors dins d'una mateixa explotació són a la diagonal i marcats en negreta.

Explotacions	2	3	4	8
2	**−0,429**			
3	0,117	**−0,074**		
4	0,149	0,119	**−0,357**	
8	0,126	0,138	0,078	**−0,261**

4.7.2.4. Negra

Taula 27a. Matriu dels coeficients de coascendència genealògica dintre (f_{ii}) i entre (f_{ij}) explotacions que actualment contribueixen amb animals vius i controlats per l'associació, de la varietat Negra de la raça Pairal, obtinguts sobre la totalitat dels registres del LG. Els valors dins d'una mateixa explotació són a la diagonal i marcats en negreta.

Explotacions	3	8	9
3	**0,271**		
8	0,156	**0,236**	
9	0,121	0,121	**0,299**

Taula 27b. Matriu de distàncies genètiques (F_{ST}) entre les 3 explotacions que actualment contribueixen amb animals vius i controlats per l'associació, de la varietat Negra de la raça Pairal, obtinguts sobre la totalitat dels registres del LG. Els valors dins d'una mateixa explotació són a la diagonal i marcats en negreta.

Explotacions	3	8	9
3	**−0,178**		
8	0,050	**−0,200**	
9	0,098	0,087	**−0,319**

4.7.2.5. Roja

Taula 28a. Matriu dels coeficients de coascendència genealògica dintre (f_{ii}) i entre (f_{ij}) explotacions que actualment contribueixen amb animals vius i controlats per l'associació, de la varietat Roja de la raça Pairal, obtinguts sobre la totalitat dels registres del LG. Els valors dins d'una mateixa explotació són a la diagonal i marcats en negreta.

Explotacions	3	10
3	**0,342**	
10	0,309	**0,338**

Taula 28b. Matriu de distàncies genètiques (F_{ST}) entre les 2 explotacions que actualment contribueixen amb animals vius i controlats per l'associació, de la varietat Roja de la raça Pairal, obtinguts sobre la totalitat dels registres del LG. Els valors dins d'una mateixa explotació són a la diagonal i marcats en negreta.

Explotacions	3	10
3	**−0,103**	
10	0,019	**−0,209**

5. CONCLUSIONS

Tenint en compte que la Pairal és una població molt minoritària i relativament nova (els primers registres són del 2013), el llibre genealògic és força profund (fins a un màxim de 7 generacions conegudes en una línia genealògica) i relativament íntegre, tant en el global del LG com en la població viva actual, en les primeres generacions (50-88%), encara que força millorable. No obstant això, s'observa un estancament en aquests darrers anys (2016/2020) quant al % de coneixement anual de genealogies, al voltant del 85%. Aquest és un punt clau a millorar, per part de l'associació.

Els intervals generacionals (*L*) obtinguts en la Pairal són elevats (1,96 i 1,97 en el global del LG i en la població viva, respectivament), quan els comparem amb altres races avícoles domèstiques més encarades en el vessant productiu: 1,5 com a mitjana aproximada. En aquesta raça, de reduïda grandària, és bo; per a la conservació i el manteniment de la variabilitat genètica, i el control dels increments de consanguinitat.

Amb tot, encarat a aquests controls, l'associació hauria de vetllar pel foment i l'augment del cens poblacional, ja que els valors de *Ne* (grandària efectiva de població), centrant-ho en la població viva (també per al global del llibre), són molt minsos. Ne = 8,05, amb la qual cosa l'increment de consanguinitat per generació se'ns dispara fins a valors del 6,2%, del tot inassumible. Per a poblacions en perill d'extinció, la FAO recomana arribar, com més aviat millor, a un *Ne* de 50, amb la qual cosa l'increment de consanguinitat per generació es limita a l'1%.

La raça està estructurada en cinc varietats: l'Aperdiuada i la Blat són les dues principals, en menor mesura la Blanca, i les altres dues, Negra i Roja, a hores d'ara, gairebé testimonials. Aperdiuada i Blat són les que més han contribuït a la diversitat genètica global de la raça (42,89% i 28,0%, respectivament), i mantenen encara

aquesta major contribució a la població viva actual (36,62% i 30,62%, respectivament). Quant a les explotacions, tant en el global del LG com en la població viva actual, dues explotacions del Vallès Oriental (6 i 3), són les màximes contribuïdores amb un 46,5% conjunt aproximat, en ambdós casos.

Els valors de consanguinitat (*F*) i de relació mitjana de parentiu (*AR*) obtinguts en el present estudi, tant per al global del LG (*F*=11,87%) com, i de forma més important, per a la població viva actual (*F*=14,17%), són elevats. Malgrat tot, els podem considerar lògics, tenint en compte que és una raça en recuperació i que el nombre d'efectius, a hores d'ara, encara és limitat. Dins de les varietats, encara amb més motiu, els valors són molt alts, destacant de forma extrema la varietat Roja, amb més d'un 25% en l'actualitat. En producció animal s'aconsella no superar el 6,25%, per evitar els problemes derivats de la depressió consanguínia en els caràcters mètrics d'interès econòmic.

Els valors de distància genètica (F_{ST}) entre les varietats, mostren un cert grau de diferenciació, totalment lògic, que ens indica que mantenen un intercanvi genètic mínim entre elles. Les dues que mostren valors més baixos respecte a les altres són l'Aperdiuada i la Blat, que han estat la base de recuperació de les altres tres. No obstant això, la raça en el seu conjunt, continua mostrant una gran uniformitat genètica quan és comparada amb altres poblacions avícoles del seu entorn, com s'ha contrastat amb anterioritat amb estudis de marcadors genètics.

Els valors de coascendència genealògica (f_{ij}) entre varietats, en el global del LG, són baixos en la majoria de casos. Això ens indica una bona gestió, quant a l'aïllament reproductiu, que s'ha anat mantenint al llarg del temps entre elles, essent gestionades com a entitats úniques i independents. Únicament, l'Aperdiuada i la Blat mostren valors de coascendència entre elles i les altres tres, però, com s'ha dit abans,

han estat la base de recuperació de les varietats més recents. La varietat Negra és l'única que mostra valors nuls de coascendència amb tota la resta.

Entre les explotacions actuals que crien una mateixa varietat, l'Aperdiuada, Blat i Blanca, són les que presenten valors més baixos de coascendència entre elles, i entre algunes explotacions els valors són nuls. La reposició i/o la programació més adient d'aparellaments, per mantenir la variabilitat genètica i el control de la consanguinitat, no hauria de ser un problema en aquests casos. Diferent seria el cas per a les varietats Negra i Roja, que, a més de ser les poblacions més minoritàries, els valors de coascendència entre explotacions són elevats. En aquesta situació, es recomanaria una programació d'aparellaments de forma més individualitzada entre reproductors, amb mínima coascendència.

6. REFERÈNCIES

Fernández, J., Villanueva, B., Pong-Wong, R., Toro, M.A. 2005. Efficiency of the use of pedigree and molecular marker information in conservation programs. *Genetics*, 170: 1313-1321.

Frankham, R., Ballou, J.D., Briscoe, D.A. 2003. *Introduction to Conservation Genetics*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Gutiérrez, J.P. and Goyache, F. 2005. A note on ENDOG: a computer program for analysing pedigree information. *Journal of Animal Breeding and Genetics*,122: 172-176.

Jordana J. (2019). Races avícoles catalanes: Pairal, Empordanesa, Penedesenca i Prat. Caracterització genètica de les poblacions i anàlisi comparatiu amb altres d'ibèriques i mundials. Conveni de Col·laboració UAB–DARP de la Generalitat de Catalunya. pp: 35. (Document cientificotècnic restringit).

Jordana J. (2020). Raça avícola Penedesenca. Anàlisi del llibre genealògic. Evolució i comparativa dels paràmetre demogràfics, reproductius i genealògics. Conveni de Col·laboració UAB–DARP de la Generalitat de Catalunya. pp: 57. (Document cientificotècnic restringit).

Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A. and Kumar, S. 2013. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, 30(12): 2725–2729.

Wright, S. 1931. Evolution in mendelian populations. *Genetics*, 16: 97-159.