

**MATERIA**  
Cría e Saúde Animal

**TITULACIÓN**  
Grao en Veterinaria

**unidade  
didáctica  
10**

# Mellora xenética en gando porcino

**Ruth Rodríguez Bermúdez**

Área de Producción Animal  
Departamento de Anatomía, Producción Animal  
e Ciencias Clínicas Veterinarias  
Facultade de Facultade de Veterinaria

**unidadesdidácticas**  
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA





Esta obra atópase baixo unha licenza internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-ND 4.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.gl>

© Universidade de Santiago de Compostela, 2023

**Deseño e maquetación**

J. M. Gairí

**Edita**

Edicións USC

<https://www.usc.gal/publicacions>

**DOI**

<https://dx.doi.org/10.15304/9788419679512>

**MATERIA:** Cría e Saúde Animal

**TITULACIÓN:** Grao en Veterinaria

PROGRAMA XERAL DO CURSO

Localización da presente unidade didáctica

**Unidade 1. Introducción**

**Unidade 2. Estimación de parámetros xenéticos**

**Unidade 3. Resistencia a enfermidades**

**Unidade 4. Control xenético e ambiental das enfermidades hereditarias**

**Unidade 5. Marcadores xenéticos moleculares**

**Unidade 6. Biotecnoloxía e mellora xenética animal: selección xenómica**

**Unidade 7. Mellora xenética en gando vacún de leite**

**Unidade 8. Mellora xenética en gando vacún de carne**

**Unidade 9. Mellora xenética en gando ovino e caprino**

**Unidade 10. Mellora xenética en gando porcino**

**Unidade 11. Mellora xenética de aves**

**Unidade 12. Mellora xenética de coellos**

**Unidade 13. Mellora xenética en acuicultura**

**Unidade 14. A conservación de recursos xenéticos**

**Unidade 15. Implicacións da mellora xenética no benestar e saúde dos animais**

## ÍNDICE

---

### CONTEXTUALIZACIÓN

1. Presentación
2. Xustificación

### OBXECTIVOS

### COMPETENCIAS

### METODOLOXÍA

### CONTIDOS

1. Evolución xenética da especie porcina
2. A mellora xenética porcina ao longo da historia
3. Estrutura da mellora xenética
  - 3.1. Esquema piramidal
  - 3.2. Liñas paternas
  - 3.3. Liñas maternas
  - 3.4. Esquemas de cruzamento
    - 3.4.1. Cruzamento de 2 vías
    - 3.4.2. Cruzamento de 3 vías
    - 3.4.3. Cruzamento de 4 vías
4. Obxectivos e criterios de selección
  - 4.1. Caracteres reprodutivos
  - 4.2. Caracteres de crecemento e eficiencia alimentaria
  - 4.3. Caracteres de calidade da canal
  - 4.4. Caracteres de calidade da carne
  - 4.5. Outros caracteres
5. Valoración morfolóxica da porca reprodutora
  - 5.1. A conformación xeral
  - 5.2. Os xenitais externos
  - 5.3. Lonxitude do aparato xenital
  - 5.4. A rexión ventral e as mamas
  - 5.5. Os apromos
  - 5.6. Control de defectos conxénitos
6. Herdabilidades e correlacións xenéticas
7. Enfermidades relacionadas coa xenética e resistencia a enfermidades
  - 7.1. Xene Halotano

- 7.2. Xene Rendemento Napole
- 7.3. Resposta inmune
- 7.4. Síndrome reprodutiva e respiratoria porcina
- 7.5. Circovirus porcino tipo 2 e síndrome multisistémica de adelgazamento post desteta
- 7.6. Enfermidade de Aujeszky
- 7.7. Diarreas neonatais por *Escherichia coli*
- 7.8. Enfermidade dos edemas
- 7.9. Infeccións por *Salmonella spp*
- 8. Valoración xenética de reprodutores e selección xenética
  - 8.1. Selección xenética tradicional
  - 8.2. Selección xenómica
    - 8.2.1. Vantaxes do GBLUP
    - 8.2.2. Xenómica aplicada aos cruzamentos
    - 8.2.3. Xenómica aplicada á resistencia a enfermidades e aos caracteres de interese produtivo
    - 8.2.4. Xenómica aplicada ao comportamento e benestar animal
- 9. Diversidade xenética e conservación de razas autóctonas
  - 9.1. O Porco Ibérico (El Cerdo Ibérico)
  - 9.2. O Porco Celta

## **AVALIACIÓN**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## CONTEXTUALIZACIÓN

---

### 1. Presentación

A Cría e Saúde Animal (G2091225) é unha materia que se imparte no 2º semestre do 2º curso do Grao en Veterinaria. É unha materia obrigatoria, cunha actividade docente de 4,5 ECTS. Nesta materia estúdase a aplicación da ciencia xenética á mellora dos rendementos dos animais domésticos. Durante as clases teóricas, abórdanse, por unha banda, temáticas comúns a todas as especies de produción animal, comezando polos conceptos máis básicos para finalizar con outros de maior complexidade como os marcadores xenéticos moleculares e a biotecnoloxía e a mellora xenética. Por outro lado, afóndase na mellora xenética daquelas especies de maior relevancia (vacún de leite, vacún de carne, porcino, ovino e caprino, avicultura e coellos) no ámbito da produción animal.

### 2. Xustificación

A xustificación para editar esta unidade didáctica nace da importancia que ten o sector do porcino, especie animal que abastece o 40 % da carne producida a nivel mundial. O sector porcino en España presenta unha alta relevancia na economía pois supón o 14 % da Producción Final Agraria. Dentro das producións gandeiras, o sector porcino ocupa o primeiro lugar en canto á súa importancia económica alcanzando cerca do 39 % da Producción Final Gandeira.

A nivel mundial, a UE-28 é o segundo produtor de carne de porcino, despois da China. España é o estado con maior produción de carne de porcino da Unión Europea e ocupa a terceira posición a nivel mundial. Durante os últimos anos o sector porcino medrou notablemente, tanto en produción, coma en censos e número de explotacións, grazas ao empuxe dos mercados exteriores.

Por todos os motivos explicados anteriormente é necesario que o estudante do Grao en Veterinaria coñeza os modelos produtivos relacionados coa produción porcina, e no caso desta materia, máis especificamente os parámetros relacionados coa súa cría, mellora e saúde.

Esta unidade didáctica atópase amplamente ligada ao resto das materias da Área de Produción Animal, particularmente a Benestar Animal e Etnoloxía e Producción Animal II.

## OBXECTIVOS

---

Tal como se indica na guía docente da materia «a mellora xenética é a aplicación da ciencia xenética aos rendementos dos animais domésticos». O obxectivo xeral que se pretende acadar nesta unidade didáctica é que o alumno coñeza as bases para a mellora e selección xenética do gando porcino. Polo tanto ao finalizar o seu estudo o alumnado debe:

- **obxectivo 1** recoñecer os caracteres de importancia económica no sector;

- **obxectivo 2** coñecer os obxectivos de selección para maximizar a rendibilidade económica;
- **obxectivo 3** establecer a toma de datos necesarios para alcanzar os obxectivos programados;
- **obxectivo 4** establecer un esquema de selección;
- **obxectivo 5** coñecer as bases xenéticas da resistencia a enfermidades;
- **obxectivo 6** coñecer a implicación da xenética no benestar e saúde dos animais;
- **obxectivo 7** instaurar medidas de conservación de recursos zootécnicos.

## COMPETENCIAS

---

Durante o desenvolvemento desta unidade didáctica traballaranse as seguintes competencias:

- **GVUSC03.** Coñecementos xerais sobre a área de traballo;
- **CEDVUSC01.** Coñecemento xenérico dos animais, do seu comportamento e das bases da súa identificación;
- **CEDVUSC03.** Cría, mellora, manexo e benestar dos animais;
- **CEDVUSC04.** Bases físicas, químicas e moleculares dos principais procesos que teñen lugar no organismo animal;
- **CEDVUSC 11.** Coñecemento das bases do funcionamento e optimización dos sistemas de produción animal e vexetal e as súas repercusións sobre o medio ambiente;
- **D1VUSC11.** Valorar e interpretar os parámetros produtivos e sanitarios dun colectivo animal, considerando os aspectos económicos, ambientais e de benestar, buscando a súa optimización;
- **D1VUSC15.** Asesoramento e xestión, técnica e económica, de empresas de ámbito veterinario nun contexto de sustentabilidade;
- **CEAVUSC02.** Manter un comportamento ético no exercicio das súas responsabilidades diante da profesión veterinaria e da sociedade.

## METODOLOXÍA

---

Os contidos teóricos desenvolveranse en tres clases expositivas de 50 minutos cada unha, durante a segunda semana de abril. De cara ao desenvolvemento das clases expositivas empregaranse os medios ao dispor do profesor nas aulas para proxectar unha presentación con diapositivas que sirva de guía da exposición. Co fin de facilitar o seguimento das clases, os estudantes terán acceso a través do campus virtual ao material didáctico (apuntamentos, diapositivas), así como a recomendacións bibliográficas. A actividade do alumno consistirá en tomar apuntes e participar acti-

vamente respondendo ás preguntas que formule o docente así como preguntando as cuestións que consideren oportunas.

## CONTIDOS

---

### 1. Evolución xenética da especie porcina

O porco doméstico (*Sus scrofa domesticus*) pertence ao xénero *Sus* e á familia *Suidae*. Estudos recentes sobre xenética evolutiva demostraron que *Sus scrofa*, á que pertencen tanto os xabarís coma os porcos domésticos, separouse do resto de especies do xénero *Sus* hai aproximadamente 3,5 millóns de anos. Posteriormente, a especie *Sus scrofa* deu lugar a distintos tipos de xabarís (xabaril de Sumatra, xabarís europeos).

A orixe da domesticación do porco é confusa. O seu antecesor é o xabaril, de fácil manexo, fóra da época de celo. Durante o Neolítico, ao redor do 7000-6000 a. C., o porco domesticouse cando menos en China e Oriente Medio, aínda que é probable que tamén en distintos lugares de Europa e Asia. De feito, tense coñecemento da súa domesticación en Europa desde o ano 4000 a.C.

A información máis aceptada é que as razas de porcos actuais proceden dunha forma ou outra de catro troncos (aínda que algúns investigadores só admiten tres ou dous troncos) que se domesticaron de xeito independente (Figura 1):

- *Sus eusus* (Indonesia).
- *Sus striatosus vittatus* (India e China) do que derivan as razas asiáticas de perfíles cóncavos e ultracóncavos.
- *Sus scrofa ferus* (Europa) do que derivan as razas de perfil recto.
- *Sus scrofa mediterraneus* (Mediterráneo) do que proceden as razas de perfil subcóncavo.



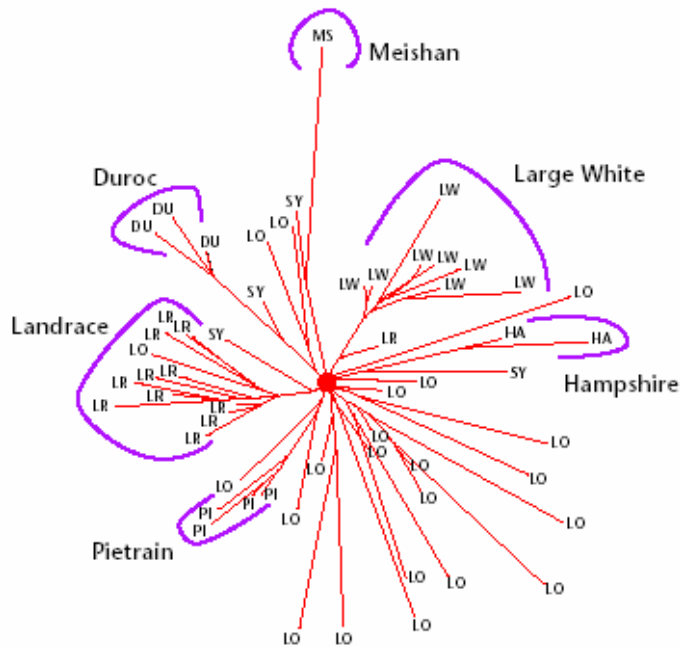
**Figura 1. Mapa de 9 posibles centros da domesticación do porco (modificado de Larson et al., 2011)**



1: **Anatolia do Leste:** evidencias arqueolóxicas en 10.000 BP (antes do presente, en inglés *before present*), lugar de procedencia dos porcos domésticos europeos; 2: **China Moderna:** 10.000-9.000 BP; 3: **Europa:** 7.000 BP, non se sabe se foi un proceso independente ou se se produciu unha introdución de porcos do Leste; 4: **Sur de Asia:** poucas evidencias arqueolóxicas pero os haplotipos mitocondriais das razas da India e Bután están compartidos cos animais salvaxes desta rexión polo que se suxire unha domesticación independente; 5: **Asia Península Sueste:** situación similar a Sur de Asia; 6: **Suroeste e Yunnan, Noroeste de Vietnam e Noroeste de Laos;** 7: **Italia:** suxírese que certas razas comparten xenes de orixe importados doutras rexións e outros dos porcos salvaxes nativos; 8: **Illas de Lanyu (Taiwán):** suxírese que as razas orixinarias son descendentes dun porco salvaxe agora extinto; 9: **Sulawesi.**

En xeral, a orixe do porco doméstico pódese resumir en dous grandes troncos evolutivos: por un lado as poboacións asiáticas, que mostran unha grande variabilidade e, por outro, as poboacións europeas, nas cales se distinguen dous grandes grupos os porcos do tronco mediterráneo (p. ex. Porco Ibérico) e os porcos do centro e norte de Europa (p. ex. Landrace, Large White, Pietrain, Duroc, ..., que son a base das razas de porco branco con grande implantación na industria porcina). A diferenciación existente entre razas quedou máis clara nos resultados do proxecto de Diversidade Xenética do Porco Europeo, onde se encontrou que a raza Meishan mostraba a maior distancia media con respecto ao resto de razas (Figura 2).

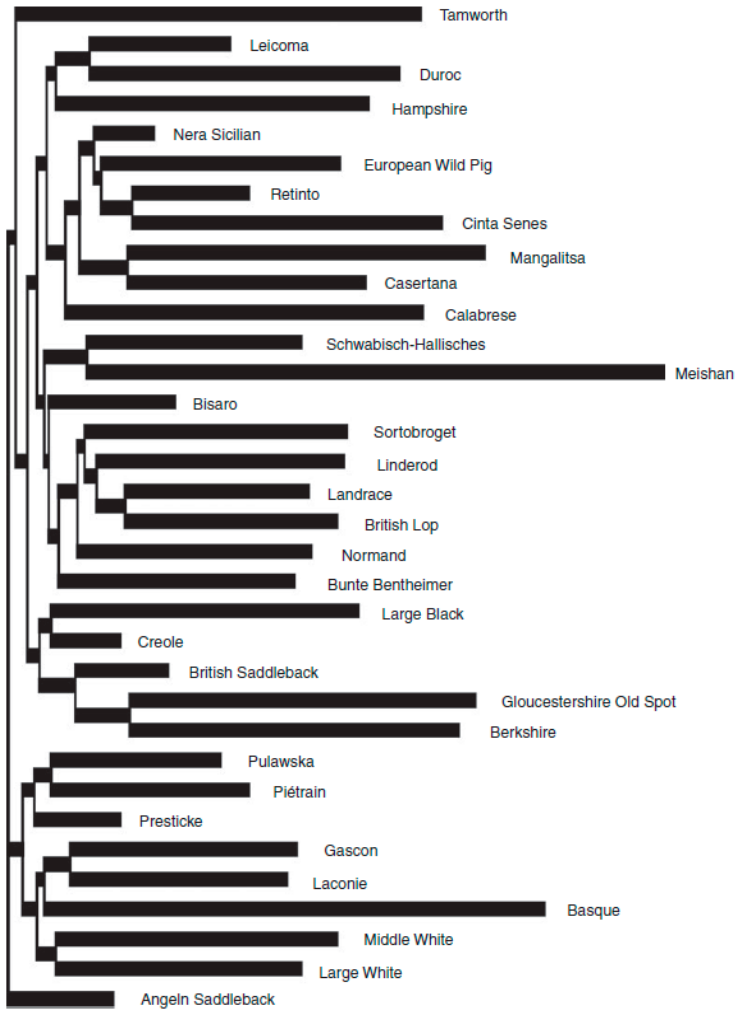
Figura 2. Dendrograma baseado en datos de microsátélites individuais (San Cristóbal et al., 2002)



LO: razas locais, SY: liñas sintéticas, LW: Large White, LR: Landrace; HA: Hampshire, DU: Duroc, PI: Pietrain, MS: Meishan.

Buchanan e Stalder (2011) realizaron unha árbore filoxenética das razas de porcino a partir dos datos de biodiversidade porcina do Roslin Institute (Figura 3). A árbore inclúe entre outras a raza asiática Meishan, onde se pode ver claramente a considerable distancia xenética entre esta e as razas orixinarias de Europa. A presenza da raza Meishan no medio da árbore é sorprendente debido á separación existente entre os porcos asiáticos e os europeos. Porén, débese ter en conta que os porcos asiáticos se introduciron en Europa e parte dos seus xenes foron incorporados ás razas a partir das cales se orixinaron as razas europeas.

**Figura 3. Árbore filoxenética das razas de porcino. Datos adaptados a partir da base de datos de biodiversidade porcina do Roslin Institute (2004) (Buchanan and Stalder, 2011)**



Debido a estes cruzamentos, actualmente calquera intento de clasificación das razas porcinas é unha simplificación da realidade, pois a maioría das razas comerciais teñen unha mestura xenética importante. A maioría derivan do cruzamento de *Sus scrofa* e *Sus vittatus* en diferentes proporcións.

## 2. A mellora xenética porcina ao longo da historia

É probable que os humanos nun intento de mellorar os porcos comezaran a seleccionar case ao comezo da súa domesticación, cruzando aqueles animais máis produtivos entre si. Os porcos evolucionaron, polo tanto, desde a alimentación nun primeiro momento cos desperdicios das sociedades humanas ata os porcos de hoxe en día alimentados con dietas planificadas coidadosamente a partir de alimentos escollidos para producir proteína animal de alto valor para os humanos.

Aínda que xa se criaban porcos de forma «industrial» en China no 4900 a. C. e en Exipto no 5000 a. C., e os romanos xa aconsellaban que se elixisen porcos de patas curtas e fociño curto, os porcos continuaron a explotarse en Europa de forma semisalvaxe ata o século XIII. A finais do século XVIII, no Reino Unido comezan a levarse a cabo programas de mellora desenvolvendo animais graxos e pouco prolíficos. A mellora xenética ao comezo estivo baseada en métodos empíricos ou realízouse debido «á selección inconsciente» como acuñou Darwin. A partir do século XIX, danse os primeiros pasos consistentes e mellóranse a prolificidade e o tamaño (1840) e aparece o libro xenealóxico da raza American Berkshire (1876).

Durante a primeira parte do século XX, o foco púxose nas características raciais e na aparencia física. Isto incluía recoller e manter datos de pedigree, libros xenealóxicos e outorgar premios aos mellores verróns e porcas. Máis tarde, ao comezo de 1950, os esforzos por realizar mellora xenética orientáronse a unha redución na graxa dorsal e mellora da taxa de crecemento ou días para enviar o animal a matadoiro. Porén, as características raciais e físicas continuaban a ter unha elevada importancia. Isto deu como resultado un alto progreso xenético no contido de magro da carne e na taxa de crecemento, mentres que apenas se realizaban melloras nos caracteres reprodutivos.

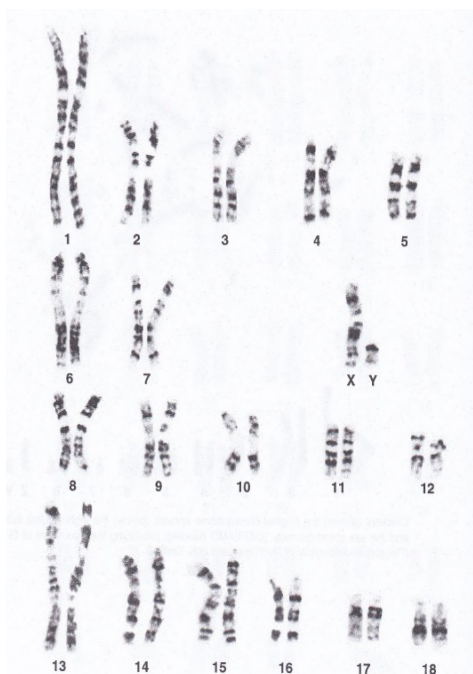
Debido a todos estes esforzos, en pouco tempo, a especie porcina experimenta unha importante variación das súas características morfolóxicas (Táboa 1). As formas corporais, nas razas industriais, evolucionaron cara a animais máis alongados, máis magros, con liñas dorso-lumbares máis rectas e maiores masas musculares.

**Táboa 1. Evolución morfolóxica da raza Landrace (modificado de Sañudo-Astiz, 2011)**

	1930	1950	1970
Espesor da graxa dorsal (mm)	40,5	33,4	22,4
Lonxitude da canal (cm)	88,9	93,4	96,9

Actualmente a industria porcina evolucionou a unha industria baseada na tecnoloxía, que fai uso dos avances en informática, internet, biotecnoloxía e bioloxía molecular. A primeira versión completa da secuencia do xenoma porcino presentouse na revista *Nature* en 2012. O xenoma porcino está composto por 18 cromosomas autosómicos e os cromosomas sexuais (Figura 4).

Figura 4. Cariotipo da especie porcina (Nicholas, 2010)



### 3. Estrutura da mellora xenética

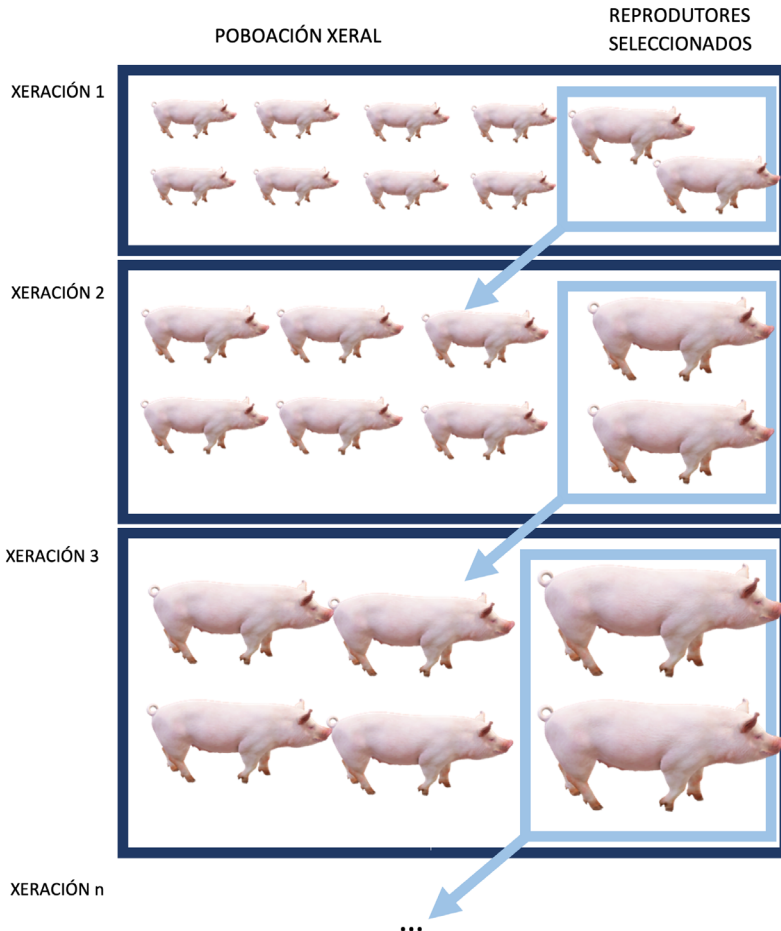
As estratexias de mellora xenética animal formalizáronse no século XX, permitindo o desenvolvemento das dúas estratexias tradicionais da mellora xenética animal: a selección e o cruzamento (Táboa 2).

Táboa 2. Resumo dos principios da selección e o cruzamento (modificado de Varona-Aguado, 2021)

	Selección	Cruzamento
Reprodutores	Baséase na elección dos reprodutores da seguinte xeración de acordo cuns criterios de selección, coa premisa de que os seus descendentes obterán mellores rendementos fenotípicos para os obxectivos de selección desexados	Utiliza reprodutores de distintas poboacións co obxectivo de obter individuos con fins exclusivamente produtivos
Duración da mellora	Produce un incremento acumulativo do rendemento fenotípico, xa que se transmite á descendencia	Xera un beneficio non acumulativo

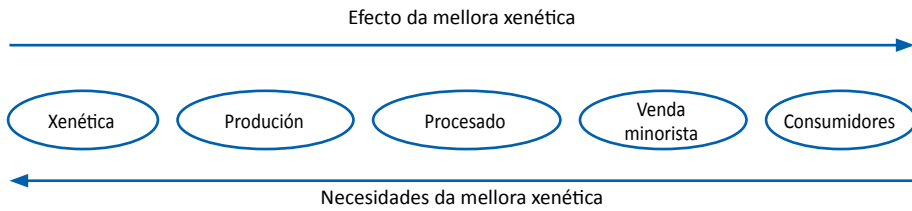
Desde os anos 60-70, a mellora xenética no porcino está en mans de grandes compañías internacionais e trabállase fundamentalmente con animais cruzados ou híbridos dentro de esquemas de cruzamento ou hibridación que teñen como obxectivo aproveitar o vigor híbrido, polo cal a  $F_1$  é máis produtiva que a media dos pais. Os mellores exemplares da poboación son elixidos como reprodutores da seguinte xeración, na que de novo se elixirán aos mellores animais e así sucesivamente. A mellora vaise acumulando co paso das xeracións (Figura 5).

**Figura 5. Esquema dos mecanismos de selección. Exemplo dun esquema de selección en función do peso do animal (modificado de Varona-Aguado, 2021)**



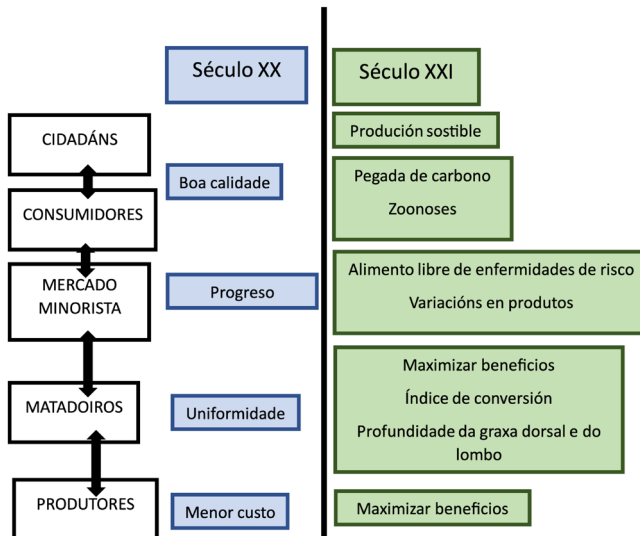
A cadea de valor da industria porcina inclúe todos os elementos involucrados na produción porcina, desde os provedores de xenética porcina e os gandeiros ata os matadoiros, salas de despece e puntos de venda que fan chegar o produto final aos consumidores. Todos e cada un dos elementos desta cadea son indispensables para o seu correcto funcionamento (Figura 6).

**Figura 6. Cadea de valor da industria porcina (modificado de Dekkers et al., 2011)**



Os diferentes elos implicados na cadea da produción porcina teñen diferentes obxectivos produtivos (Figura 7). Este é o motivo polo cal se utiliza o cruzamento dentro da mellora xenética do porcino, xa que permite dar resposta ás necesidades de todos os entes implicados na mellora xenética.

**Figura 7. Obxectivos dos sectores implicados na comercialización do porcino nos séculos XX e XXI**



En termos xerais, pode considerarse que existen dous tipos de esquemas de mellora xenética, o primeiro baseado no rexistro de datos nas granxas comerciais de produción, e o segundo que concentra a mellora xenética en certas granxas altamente especializadas chamadas núcleos de selección que difunden o progreso obtido a través das granxas de multiplicación, que proporcionan animais mellorados ás granxas comerciais. O primeiro tipo de esquema aplícase fundamentalmente en ruminantes, especialmente no gando de leite, e o segundo en porcos, aves e coellos.

A xenética é o primeiro elo da cadea de valor da industria porcina. A calidade e o prezo final dos produtos porcinos dependen da calidade dos animais criados e a súa capacidade para producir porcos cos mínimos custos para os produtores e sucesivos elementos da cadea.

### **3.1. Esquema piramidal**

A estrutura da mellora xenética de porcino baséase nun sistema piramidal, debido a que a estratexia centrada no cruzamento esixe que se manteñan liñas xenéticas en pureza, tanto maternas coma paternas. Ademais, o feito de que se trate dunha especie con alta prolificidade fai posible que cuns poucos individuos se abasteza de animais de cada unha das liñas unha base de produción moi ampla (Figuras 8 e 9).

No pico da pirámide atópanse as granxas do núcleo que son as que provocan os cambios xenéticos, seguidas das granxas de multiplicación que levan a cabo os cruzamentos específicos para producir un elevado número de femias. Estas femias véndenselle ás granxas comerciais para producir leitóns e finalizar animais con destino a matadoiro.

As granxas do núcleo son as que levan a cabo a selección e cría enfocada á mellora xenética de razas e liñas específicas. Estas granxas enfocan os seus programas de selección nas necesidades dos seus clientes, os produtores de porcino e os sucesivos elos da cadea da industria porcina.

Polo tanto, as granxas do núcleo teñen as liñas específicas das razas. As razas máis utilizadas son a Duroc, Pietrain, Landrace e Large White (Yorkshire). Dentro dunha raza concreta desenvólvense liñas específicas para mellorar certas características de interese mentres que se conservan as principais características da mesma. As compañías encargadas da mellora xenética desenvolven tamén as súas propias liñas sintéticas froito de dous ou máis cruzamentos entre razas mantidos durante varias xeracións consecutivas ata estabilizar as características desexables. Dentro das razas puras, as razas Landrace e Large White selecciónanse habitualmente como liñas maternas, mentres que as razas Duroc e Pietrain se seleccionan en función da eficiencia na fase de finalización, calidade da canal e da carne.



Figura 8. Estrutura piramidal en porcino (modificado de Sañudo-Astiz, 2011)

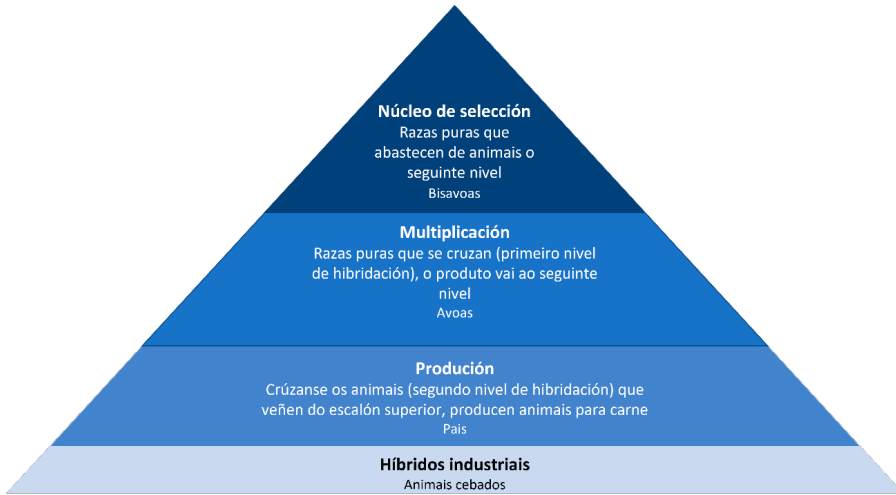
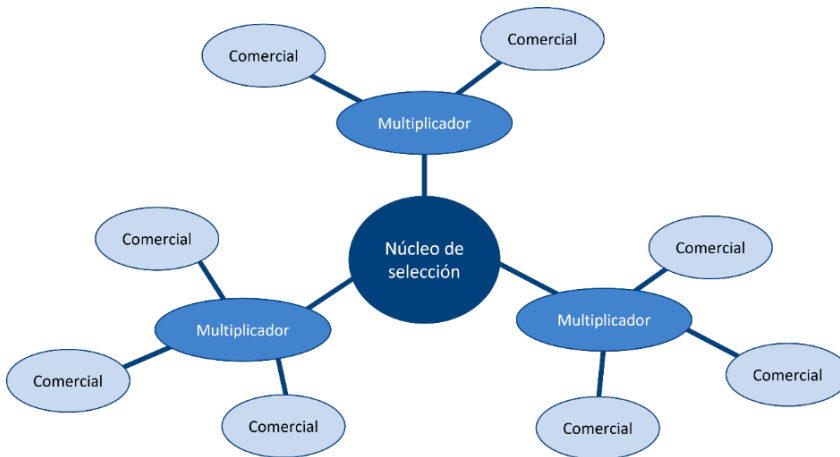


Figura 9. Difusión do progreso xenético en porcos (modificado Blasco, 2021)



Este modelo de esquema permite facer unha forte presión de selección nas poboacións de elite localizadas na cúpula da pirámide (núcleo de selección). A resposta á selección que se obtén nestas poboacións transmítese posteriormente aos estratos de multiplicación e produción.

Os obxectivos en cada un dos niveis son:

- Núcleo de selección: mellorar os parámetros economicamente importantes das distintas razas e liñas produtivas, mediante selección dos mellores animais para ditos parámetros.

- Multiplicador: diseminar a mellora xenética á cabana porcina e engadir a mellora por selección á mellora por cruzamento (vigor híbrido).
- Granxa de produción: producir a maior cantidade de kg de carne para o matadoiro coa máxima eficiencia.

Aínda que a selección debería practicarse a todos os niveis, finalmente a selección no núcleo é a que determina a taxa de mellora xenética da industria. Polo tanto, os obxectivos de selección levados a cabo no núcleo de selección deben reflectir con precisión os obxectivos de produción no nivel comercial.

A nivel dos núcleos de selección e multiplicación convén salientar as seguintes particularidades:

- Traballan con liñas puras, o que dificulta o manexo, xa que estas liñas son menos produtivas que as híbridas, e menos rústicas (máis sensibles a condicións desfavorables). Ademais, adoitan coexistir varias liñas xenéticas na mesma granxa.
- Adoitan ter un elevado status sanitario, e ter unhas estritas normas de bioseguridade, xa que calquera patoloxía presente nestas granxas afecta non só á granxa, senón a todas as granxas por debaixo dela na pirámide. O problema de selección en núcleos cun alto status sanitario, é que pode haber interaccións xenotipo - medio ambiente coas condicións das granxas de produción.
- Teñen instalacións específicas para os obxectivos de selección e multiplicación xenética (estacións de testaxe, recría de reprodutoras, etc.).
- Requiren dun maior control individual dos animais, e dun maior volume de recollida de datos e de xestión destes.

Os métodos de testaxe aplicados ás poboacións do núcleo deséñanse para proporcionar estimacións imparciais do potencial xenético, e xeralmente resultan en rendementos uniformes e boas herdabilidades. Porén, o ambiente no que se testan os animais candidatos á selección avaliados nos rabaños do núcleo é con frecuencia diferente do ambiente nos rabaños de produción comercial. Por exemplo, no núcleo de selección realízanse grandes esforzos por manter estándares de bioseguridade co fin de previr a exposición dos animais aos patóxenos. Ademais, os verróns testados no núcleo están normalmente aloxados en pequenos grupos ou incluso de xeito individual, e reciben habitualmente alimento *ad libitum*, ou ben alimento restrinxido ou semi-restrinxido, como alimentación programada de acordo co apetito. Polo contrario, os porcos criados en instalacións comerciais, normalmente están aloxados en grupos de maior tamaño e cun risco maior de exposición a patóxenos, e, mentres que a maioría dos produtores comerciais nos EUA permiten aos porcos o acceso libre á alimentación; nos rabaños comerciais europeos é frecuente a restrición da alimentación na última parte do período post desteta. Como consecuencia, os beneficios dunha mellor herdabilidade froito dunha reducida varianza fenotípica no núcleo de testaxe pode verse afectada polas correlacións xenéticas entre o rendimento no ambiente do núcleo de testaxe e o ambiente na produción comercial, dando como resultado un menor progreso xenético.

As variacións nos ambientes de testaxe poden cambiar o obxectivo de selección eficaz para un determinado grupo de medidas. Por exemplo, seleccionando un só carácter, no exemplo da ganancia de peso, nos animais alimentados *ad libitum*ponse a énfase no apetito e vai dar como resultado un aumento do engraxamento. Porén, na selección do mesmo carácter en animais con alimentación restrinxida vai poñer de relevancia a ganancia de magro identificando aqueles animais relativamente eficientes na deposición de magro.

Por outro lado, as explotacións comerciais precisan de machos e femias para dar lugar ao produto comercial. En xeral, as femias que se utilizan son híbridas, polo tanto é preciso seleccionar dúas liñas en reprodución cerrada (liñas maternas) que se seleccionan de hábito por prolificidade. Os cruzamentos de Landrace e Large White utilízanse nas multiplicadoras para producir as femias  $F_1$  necesarias para producir os leitóns. Estas razas e liñas utilízanse para producir femias motivo polo cal se denominan liñas maternas. As razas e liñas de machos terminais que se usan para cruzar coas femias  $F_1$  co fin de producir porcos con destino ao matadoiro denomínanse liñas paternas.

O desenvolvemento de procedementos de rastrexabilidade permitiu utilizar a información fenotípica dos estratos inferiores da pirámide (multiplicación e produción) para a selección dos reprodutores das poboacións de elite.

Os esquemas de selección baséanse en núcleos de razas puras altamente seleccionadas, propiedade de compañías privadas que van seleccionando e/ou cruzando animais, para ao final ofrecer aos produtores comerciais reprodutores ou seme, de alta eficiencia produtiva. A desvantaxe para os produtores que se atopan na base da pirámide é que teñen que comprar de forma continuada o material xenético. O obxectivo da estrutura piramidal é maximizar a mellora xenética ao longo das xeracións ou do tempo. Un aspecto importante a ter en consideración é a diseminación da mellora xenética desde o núcleo ata as granxas de multiplicación e comerciais.

Sempre existe un retraso entre a mellora xenética nas granxas pertencentes ao núcleo e a súa transferencia aos produtores comerciais a través das granxas multiplicadoras. Este retraso, denominado retraso xenético, é duns 3-5 anos, polo tanto é de vital importancia que os criadores do núcleo avalíen as necesidades futuras dos produtores ao longo do tempo e decidan os obxectivos de acordo con estas.

O gran problema do esquema piramidal reflíctese cando as compañías de melloramento traballan internacionalmente e os seus núcleos se encontran lonxe dos lugares de multiplicación; pois están realizando a mellora en ambientes moi diferentes aos de produción, de tal xeito que canto máis lonxe do contexto de produción se encontren máis difiren nos custos, eficiencias, etc. Nesta mesma liña, como xa se mencionou anteriormente, outro problema son as diferenzas xenotipo – medio ambiente entre o núcleo (onde os coidados ambientais e a sanidade son impecables) e as granxas comerciais. Na práctica non adoita dar grandes problemas, porque a diferenza doutras especies como o bovino, ovino e caprino, as condicións de cría en granxas de ambiente controlado fan que este ambiente sexa relativamente similar entre as granxas de cría e o núcleo. En porcino, as correlacións entre valores xenéticos no núcleo e na granxa comercial para caracteres de crecemento están ao redor

do 0,7, o que permite que a mellora xenética do núcleo se transmita eficazmente ás granxas comerciais.

A cambio, a estrutura piramidal presenta a vantaxe de dispoñer dunha maior potencia á hora de seleccionar animais, que favorece o posterior aproveitamento da heterose e a complementariedade que xeran os cruzamentos.

### 3.2. Liñas paternas

As liñas paternas son as que aportan especialización na produción, selecciónanse principalmente por caracteres de produción e calidade da carne, e polo tanto, xeralmente están orientadas ao crecemento do magro, mellora da conformación ou calidade da carne. Trátase de animais seleccionados de maneira moi intensa para a velocidade de crecemento e/ou eficiencia alimentaria, a redución do contido de graxa e un maior rendemento da canal. Entre estas razas atópanse o Pietrain, o Branco Belga, o Hampshire ou o Berkshire. A raza Duroc, aínda sendo unha liña paterna, utilízase en ocasións como liña materna e aporta un maior contido en graxa tanto intramuscular como de cobertura (Táboas 3, 4 e 5). Algunhas razas, coma a Large White e a Landrace, a pesar de ser liñas maternas, úsanse tamén ocasionalmente como liñas paternas. Ademais, no caso das liñas paternas, as empresas teñen desenvolvido liñas sintéticas a partir das combinacións de varias razas.

As liñas paternas fan aportacións na:

- Maximización da eficiencia na inseminación artificial (libido, cantidade e calidade do seme).
- Mellora da supervivencia pre-, peri- e post-natal.
- Mellora na produción.
- Mellora da calidade da canal e da carne. As diferenzas entre as liñas utilízanse para mellorar a adaptación aos cambios nas condicións de mercado, como as diferenzas na robusticidade, musculatura e ganancias.

**Táboa 3. Características zootécnicas dos prototipos raciais da especie porcina (modificado de Sañudo-Astiz, 2011)**

	Liñas maternas <sup>1</sup>	Liñas paternas conformadas <sup>2</sup>	Liñas paternas calidade <sup>3</sup>	Razas chinesas	Razas locais
Idade á puberdade (días)	190-200	190-210	200-210	75-120	160-230
Leitóns nados vivos/parto	10-11	8-10	9-10	13-17	7-9
Leitóns destetados/parto	9-10	7-8	8-9	10-13	6-8
GMD (g/día)	800-900	700-800	800-900	240-400	500-600
IC	3,0-3,1	2,8-2,9	2,9-3,0	4,5-5,5	4,5-5,0
Músculo (%)	53-56	60-65	50-54	40-45	40-50

	Liñas maternas <sup>1</sup>	Liñas paternas conformadas <sup>2</sup>	Liñas paternas calidade <sup>3</sup>	Razas chinesas	Razas locais
Superficie lombo (cm <sup>2</sup> )	30-35	40-45	35-40	15-20	20-25
Calidade da carne	++	0	+	+++	++++

<sup>1</sup>: Large White e Landrace; <sup>2</sup>: Pietrain e Branco Belga; <sup>3</sup>: Duroc e Hampshire; GMD: ganancia media diaria dos 35 aos 90 días; IC: índice de conversión dos 35 aos 90 días.

**Táboa 4. Resumo da aptitude produtiva das principais razas porcinas**

Aptitude	Raza	Crecedemento	Conformación	Reprodución
Paternas	Pietrain	++	++++	++
	Landrace Belga <sup>1</sup>	++-	++++	++
	Hampshire	++-	+++	++-
Maternas	Landrace	++-	+++	+++
	Large White	+++	+++	+++
Mixtas	Duroc	+++	+++	++-
Razas chinesas	Meishan	+	-	++++
	Jiaying	+	-	++++

<sup>1</sup>: Landrace belga ou branco belga.

**Táboa 5. Resumo das características etnolóxicas das liñas paternas máis utilizadas en porcino (modificado de Buchanan and Stalder, 2011; Sañudo-Astiz, 2011)**

	Branco belga <sup>1</sup>	Pietrain	Duroc <sup>2</sup>	Hampshire
Orixe	Bélxica	Bélxica	EUA (New Jersey e New York)	Reino Unido, seleccionado en EUA (Kentucky)
Distribución xeográfica	Difusión internacional	Difusión internacional	Difusión internacional (Norteamérica e Europa) (anos 70-80)	Expórtase a EUA e de aí esténdese a nivel internacional (Norteamérica e Europa)
Capa	Branca	Branca con manchas negras	Colorada de intensidade variable ata case negra	Cinchada, negro con faixa branca en extremidades anteriores
Pelo	---	---	Abundante e curto	Moi fino
Perfil	Cóncavo	Subcóncavo	Hipermétrico, cóncavo ou subcóncavo e lonxilíneo	Hipermétrico, subcóncavo e lonxilíneo
Oreallas	Caídas de bo tamaño	Curtas, anchas e máis ou menos erguidas	Caídas de tamaño medio a pequeno	Erguidas

	Branco belga <sup>1</sup>	Pietrain	Duroc <sup>2</sup>	Hampshire
Morfoloxía	Excelente, hiper-musculado	Excelente. Compacto, curto, musculado	---	Boa. Musculosa, compacta
Características maternas	Medias	Boas, aínda que inferiores ás razas maternas	Inferiores ás razas maternas	Inferiores ás razas maternas
Facilidade de parto	---	---	Boa	---
Rendementos reprodutivos	Baixos	Baixos	Baixos	Baixos
Prolificidade	--	Moderada	Moderada	Moderada
Tamaño e velocidade de crecemento	Baixos	Baixos a moderados	Moderados a altos	Moderados a altos
Rendemento carnicero	Excelente	Excelente, extremadamente magro	---	Bon
Calidade da canal	Boa	Excelente: alto contido de tecido magro e baixo en graxa, alta porcentaxe de pezas nobres	Variable	Boa
Calidade carne	Mellorable	Media-baixa	Boa. Boa infiltración graxa	Boa. Menos graxa que o Duroc
Proporción magro/graxa	---	Moi alto	Moderada a alta	Moderada a alta
Xene halotano	Alta frecuencia	Alta frecuencia	Baixa frecuencia	Baixa frecuencia
PSE	Presente	Presente	---	---
SSP	Presente	Presente	Ausente	---
Xene Napole	---	---	---	Presente
Carnes ácidas	---	---	---	Presente
Rusticidade	---	---	Boa rusticidade e capacidade de adaptación ao pastoreo. Cruzamentos con Porco Ibérico, onde o Duroc funciona como liña macho	Adaptable, certa rusticidade e boa capacidade forraxeira. Algo nervioso

1: Landrace belga ou branco belga; 2: emprégase principalmente como liña paterna, aínda que tamén ocasionalmente como liña materna; EUA: Estados Unidos; PSE: pale, soft and exudative (carnes pálidas, brandas e exsudativas); SSP: síndrome de estrés porcino ou PSS porcine stress syndrome.

As liñas paternas, pola contra presentan unha baixa eficiencia en caracteres reprodutivos e funcionais, ademais da baixa prolificidade, as razas Hampshire, Pietrain e Duroc tenden a ter menores taxas de concepción e habilidades maternas, mos-

trando unhas altas taxas de mortalidade á desteta en comparación coas razas Large White e Landrace (Táboa 6).

**Táboa 6. Comparación da eficiencia reprodutiva dalgunhas razas de porcos (modificado de Bidanel et al., 2011)**

	Large White		Landrace	Duroc	Pietrain
	Liña materna	Liña paterna			
Nº total de nacidos	14,2-14,8	12,0	13,7-14,6	9,9	10,0
Nº de nacidos vivos	13,6	11,0	12,5	--	9,3
Nº destetados	11,4	9,4	10,8	--	7,8

Nº: número.

### 3.3. Liñas maternas

As liñas maternas son as que se utilizan para a xeración de nais híbridas. As liñas maternas selecciónanse principalmente por características reprodutivas e de aptitude maternal. As características que se buscan son alta prolificidade, boa fertilidade, boa produción de leite, docilidade, lonxitude corporal e alto número de mamas funcionais, bos apromos e lonxevidade. Considérase desexable que tamén teñan unha boa velocidade de crecemento e índice de conversión (IC).

As liñas maternas máis utilizadas teñen a súa orixe nas razas Landrace e Large White (Táboas 3, 4, 6 e 7), aínda que tamén se pode utilizar como liña materna o Duroc. A raza Duroc pode ter menor prolificidade cas outras razas pero compénsao cunha maior rusticidade e calidade da carne, o que a fai moi interesante de cara a cruzamentos con razas autóctonas coma o Porco Ibérico.

**Táboa 7. Resumo das características etnolóxicas das liñas maternas máis utilizadas en porcino (modificado de Buchanan and Stalder, 2011; Sañudo-Astiz, 2011)**

	Landrace	Large White ou Yorkshire	Razas chinesas
Orixe	Dinamarca (1900 aprox. a partir da Large White e razas locais)	Reino Unido	China
Distribución xeográfica	Europa, Norteamérica*	Europa, Norteamérica e Asia	Asia. Cruzamentos a nivel mundial
Capa	Branca	Branca	Negras ou brancas con manchas negras de extensión e localización variables
Pelo e pel	Pel e pelo finos	Relativamente longo e fino	Pel engurrada
Perfil	Cóncavo variable	Hipermétrico, cóncavo e lonxilíneo	Cabezas pesadas de perfil tendente á concavidade. Extremidades curtas
Oreallas	Caídas, tamaño medio a grande	Erguidas, tamaño medio	Pequenas, erectas

	Landrace	Large White ou Yorkshire	Razas chinesas
Morfoloxía	Aceptable, alongados, osamenta lixeira, esqueleto fino (danés) e compacto (alemán)	Esqueleto sólido, masa muscular harmoniosa	Lombo ensillado, morfoloxía carniceira mediocre, uso a nivel industrial limitado
Características maternais	Excelentes: alta prolificidade (aínda que menor que no Large White), grande número de mamas, alta produción de leite	Excelentes: alta prolificidade, alta produción de leite	Excelentes (precocidade sexual (puberdade 2,5-4 meses); 16 leitóns nados e 11 destetados)
Tamaño camada	Excelente	Excelente	Excelente
Prolificidade	Alta	Alta	Excelente
Tamaño e velocidade de crecemento	Moderados	Moderados	Pequeno (40-80 kg)
IC	Bon	Bon	Malo
Rendementos carniceiros	Bos, pero ao ser unha raza maternal peores que noutras razas	---	---
Calidade da canal	Boa, longa	Boa	Canais moi graxas
Calidade da carne	Boa	Boa. Baixo contido en graxa	Boa. Abundante infiltración graxa
Proporción magro/graxa	Moderada	Moderada	Abundante graxa visceral e subcutánea (touciño dorsal)
Xene halotano	Baixa frecuencia	Baixa frecuencia	Baixa frecuencia
PSE	---	Ausente	---
SSP	Baixa frecuencia	Baixa frecuencia	Baixa frecuencia
Rusticidade	Boa adaptabilidade	Fácil adaptación e con certa rusticidade	Rústicos, grande capacidade para o consumo de forraxe e boa resistencia a enfermidades. Animais dóciles, de fácil manexo. Explótanse tradicionalmente en pequenas unidades familiares (fonte de carne, graxa e esterco para as plantacións de arroz)

\*: Moitas liñas en diferentes países; IC: índice de conversión; SSP: síndrome de estrés porcino ou PSS porcine stress syndrome.

De todos xeitos, algunhas empresas de xenética porcina utilizan liñas sintéticas elaboradas a partir de diferentes poboacións, incluso a partir das razas chinesas. As razas chinesas (Meishan, Jinhua, Jiaying), son razas moi antigas que presentan un grupo racial numeroso e variado, con máis de 100 razas diferentes (Táboa 7). Introducíronse nos esquemas de hibridación internacionais, por primeira vez en Reino Unido no século XVIII, polas súas calidades reprodutivas. Deste xeito influíron na formación de diversas razas europeas. Durante miles de anos de illamento evolutivo as razas chinesas desenvolveron unha alta prolificidade, que podería ser o resultado de efectos fundadores, mutacións favorables e selección. Probablemente estas razas foron seleccionadas dalgunha forma para aumentar a prolificidade. Tradicionalmente, os campesiños man-



tiñan unha ou dúas porcas para subministrar alimentos ás familias, neste sistema de selección a prolificidade tería un valor económico apreciable. Por esta razón, algunhas poboacións de porcos chineses poden ser portadoras de xenes que afectan ao tamaño da camada, ausentes ou presentes en frecuencias máis baixas nas poboacións occidentais. Produto deste illamento evolutivo tamén é o alto contido de graxa na canal, que en parte se explica polo sistema de clasificación tradicional das canais na China que outorgaba un maior prezo ao maior espesor da graxa dorsal, fenómeno que está cambiando nos últimos anos. As razas chinesas tenden a ser máis precoces no inicio da vida reprodutiva do que as razas occidentais. A pesar de que presentan moitos beneficios en parámetros reprodutivos, as razas chinesas non se usan masivamente na industria porcina debido a que presentan características altamente desfavorables en canto ao crecemento de tecido magro e composición da canal.

Nas táboas 8, 9, 10, 11 e 12 móstranse comparativas entre diversas razas de liñas paterna e materna.

**Táboa 8. Resumo das calidades das razas porcinas (modificado de Sañudo-Astiz, 2011)**

	Caracteres maternas	Crecedemento e IC	Canal	Carne
Landrace	+++	+++	+++	++
Large White	+++	+++	+++	++
Hampshire	++	+++	+++	+++
Pietrain	+	++	++++	+
Branco Belga	+	++	++++	+
Duroc	++	+++	++	+++
Meishan	++++	+	+	+++
Porco Ibérico	+	+	+	++++

IC: índice de conversión.

**Táboa 9. Resultados medios por raza dos animais clasificados entre os anos 2000 e 2010 (modificado de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y Asociación Nacional de Criadores de Ganado Porcino Selecto, 2011)**

Raza	N	GMPD	IC	E100	GD	%M
Large White	309	1094	2,12	140,9	11,05	56,19
Landrace	892	1089	2,13	139,5	11,55	55,46
Duroc	285	1050	2,25	145,2	14,17	53,55
Pietrain	331	913	2,13	157,4	7,62	62,88

N: animais clasificados; GMPD (gramos): crecemento diario medio durante a testaxe, dos 35 kg ata os 100 kg; IC (kg penso/kg carne): índice de conversión durante a testaxe; E100 (días): idade aos 100 kg de peso; GD (mm): grosor do touciño á fin do control; %M: porcentaxe estimada de carne magra da canal.

**Táboa 10. Medias das características de calidade da canal para as diferentes razas avaliadas segundo o sexo (modificado de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente e Asociación Nacional de Criadores de Ganado Porcino Selecto, 2011)**

Raza	Sexo	N	PV	PCQ	RT	LCANAL	PL <sub>f</sub>	GD <sub>f</sub>	%M <sub>f</sub>	CONF
Duroc	M	120	100,51	79,47	79,07	81,83	46,27	21,25	54,52	3
Landrace	F	80	103,80	83,52	80,46	85,43	51,58	17,33	58,83	3
Landrace	M	78	110,05	87,58	79,58	86,94	50,09	20,32	55,94	3
Large White	F	2	93,95	77,98	83,01	83,25	56,50	14,00	62,52	3
Large White	M	23	112,13	88,69	79,07	84,96	51,74	20,26	56,21	3

N: animais clasificados; PV: peso vivo en xexún (kg); PCQ: peso canal quente (kg); RT: rendemento canal (%); LCANAL: lonxitude canal (cm); PL<sub>f</sub>: profundidade do lombo (mm); GD<sub>f</sub>: espesor graxa dorsal (mm); %M<sub>f</sub>: porcentaxe de magro da canal; CONF: valoración subxectiva mediante un patrón de 4 niveis (1: moi conformada, 4: pouco conformada); M: macho; F: femia.

**Táboa 11. Medias dos parámetros de calidade da carne para as diferentes razas avaliadas segundo sexo (modificado de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente e Asociación Nacional de Criadores de Ganado Porcino Selecto, 2011)**

Raza	Sexo	N	pH45 SM	pH45 LT	CEu LT	pHu SM	pHu LT
Duroc	M	120	6,59	6,52	4,08	5,81	5,73
Landrace	F	80	6,57	6,56	3,86	5,50	5,50
Landrace	M	78	6,54	6,52	4,27	5,64	5,58
Large White	F	2	6,51	6,53	4,05	5,67	5,67
Large White	M	23	6,63	6,64	4,11	5,59	5,56

N: animais clasificados; SM: músculo *Semimembranosus*; LT: músculo *Longissimus thoracis*; 45: medición aos 45 minutos *post mortem*; u: medición ás 24 horas *post mortem*; M: macho; F: femia.

**Táboa 12. Medias dos parámetros das características dos principais cortes da canal (kg e %) para as diferentes razas avaliadas segundo o sexo (modificado de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente e Asociación Nacional de Criadores de Ganado Porcino Selecto, 2011)**

Raza	Sexo	N	P Xamón	P Lombo	P Paletilla	P Touciño entrefebrado	% Xamón	% Lombo	% Paletilla	% Touciño entrefebrado
Duroc	M	120	11,11	6,62	6,54	5,28	28,58	17,04	16,86	13,56
Landrace	F	80	12,50	7,21	6,30	5,87	30,53	17,61	15,38	14,32
Landrace	M	78	12,47	7,68	6,80	6,13	29,07	17,90	15,87	14,27
Large White	F	2	11,42	7,07	6,08	4,54	30,39	18,87	16,20	12,06
Large White	M	23	12,62	7,43	7,19	6,02	28,93	17,01	16,47	13,74

N: animais clasificados; P: peso (kg). M: macho; F: femia

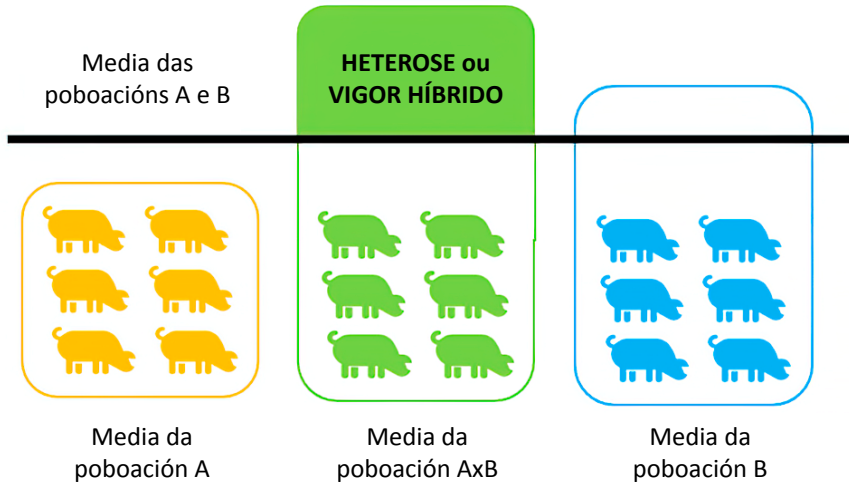
### 3.4. Esquemas de cruzamento

As desvantaxes da consanguinidade son a perda da variabilidade xenética e o aumento do risco de aparición de xenos deleterios en homocigosidade. O cruzamento de diferentes liñas reduce as oportunidades dos alelos de mostrarse en homocigosidade e aumenta as probabilidades da heterose. Por este motivo o cruzamento é a clave da xenética do porcino asentada en estruturas piramidais.

O obxectivo do cruzamento é a mellora xenética dunha poboación mediante dous mecanismos: a heterose ou vigor híbrido e a complementariedade. A heterose é un fenómeno xenético que se manifesta na superioridade do individuo cruzado con respecto á media dos seus proxenitores. Trátase dun fenómeno xeneralizado en poboacións de animais e plantas e ten unha maior relevancia nos caracteres relacionados coa adaptación evolutiva.

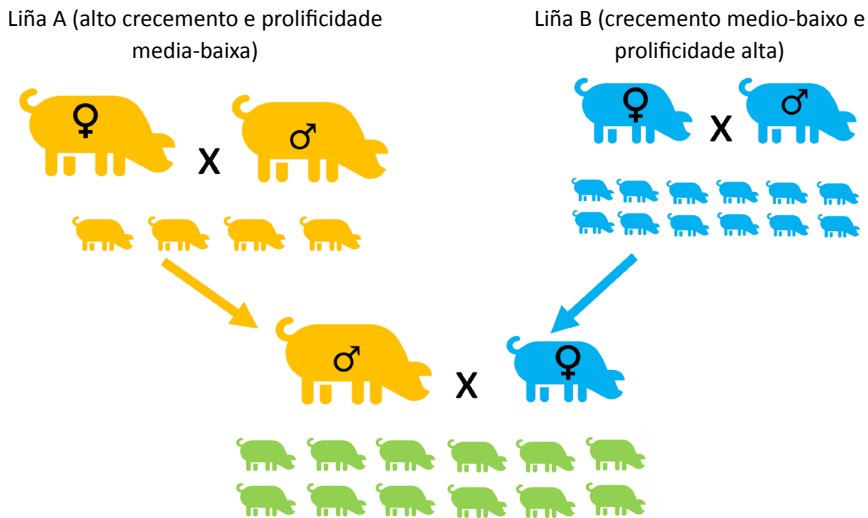
O cruzamento no caso do porcino ten especial relevancia de cara á mellora do rendemento reprodutivo da porca. A heterose pode producirse porque o individuo en produción sexa híbrido (heterose individual), porque a nai sexa híbrida (heterose materna) ou ben porque o pai sexa híbrido (heterose paterna) (Figura 10). A heterose provoca que os individuos cruzados sexan mellores que a media dos seus pais.

Figura 10. Representación do vigor híbrido ou heterose (modificado de Varona-Aguado, 2021)



A complementariedade é unha estratexia de mellora xenética que utiliza características específicas de varias poboacións para buscar unha combinación óptima con fins produtivos. Por exemplo, en porcino, é habitual usar como nai unha porca de grande capacidade reprodutiva para complementala cun pai que achegue velocidade de crecemento, eficiencia alimentaria, calidade da canal ou da carne aos seus descendentes. Poñendo un exemplo, os leitóns da descendencia serán moitos porque a súa nai ten alta prolificidade e medrarán máis rápido ou serán máis eficientes debido aos xenes mellorantes para estes caracteres que lles aporta o pai (Figura 11).

**Figura 11. Complementariedade entre dúas razas ou liñas (modificado de Varona-Aguado, 2021)**



#### Individuos AxB

- Crecemento medio-alto (media das 2 liñas)
- Tamaño da camada grande (só depende da liña B)
- Estes individuos non se reproducen, irán ao mercado

Os caracteres reprodutivos presentan herdabilidades baixas, desde fai décadas coñécese que o cruzamento é unha forma eficaz de mellorar a eficiencia reprodutiva, en particular, debido ao vigor híbrido ou heterose. A maioría dos caracteres reprodutivos exhiben unha heterose significativa, a maior parte dos efectos están asociados aos xenes da femia. Ademais, comparado coas porcas de raza pura, as femias cruzadas alcanzan antes a puberdade, presentan taxas de concepción máis altas, taxas de ovulación levemente maiores, camadas de maior tamaño e mellores aptitudes maternas, é dicir, crían leitóns con maiores probabilidades de sobrevivir e maiores índices de crecemento que as porcas de razas puras. De todos os xeitos, hai que ter en conta que os efectos da heterose varían en función da combinación de razas elixida.

A mellora na eficiencia reprodutiva das femias é unha razón de peso para a utilización xeneralizada de cruzamentos na industria porcina, sendo que boa parte dos produtores utilizan liñas paternas e maternas especializadas. Na maioría dos casos a femia procede dunha  $F_1$  de liña materna, ou incluso de esquemas de cruzamento máis complexos.

No caso dos verróns cruzados, alcanzan a madurez antes que os puros. Ademais, os machos cruzados presentan testículos de maior tamaño, unha maior produción de

esperma, taxas de concepción máis altas e maior libido, como contrapartida tamén son máis agresivos que os verróns de raza pura. De todos modos, as diferenzas no tamaño da camada entre machos cruzados e puros son xeralmente pequenas e non significativas.

Á parte da recollida de datos e selección dentro das liñas paternas e maternas en pureza, existen certas vantaxes da recollida de datos e selección en base á eficiencia dos animais cruzados. As dúas razóns principais para isto son:

- O obxectivo produtivo da pirámide xenética son os animais cruzados, polo tanto serán o obxectivo final da mellora xenética. Os datos dos cruzamentos van mostrar unha expresión xenética aditiva e non-aditiva e as liñas parentais poden seleccionarse para maximizar a eficiencia a este nivel.
- En liñas maternas con poucos animais engade datos para mellorar a precisión das estimacións BLUP (Best Linear Unbiased Predictor).

Os programas de cría teñen, polo tanto, que combinar a información dos animais puros e cruzados. O uso de información dos animais cruzados ofrece certas vantaxes comparado cunha selección exclusivamente en pureza, especialmente para os caracteres que mostran unha ampla variación xenética non-aditiva. Necesítanse dous parámetros específicos de cara a avaliar a eficiencia neste tipo de selección, principalmente a correlación xenética entre o comportamento produtivo dos animais puros e os cruzados ( $r_{pc}$ ) e a herdabilidade nos animais cruzados ( $h^2_c$ ). A información dos animais puros e cruzados debe combinarse de xeito adecuado co fin de maximizar a resposta xenética nos cruzamentos, o que pode realizarse a través dos índices de selección.

De feito, existen numerosos datos (p. ex. fertilidade, datos de matadoiro) facilmente dispoñibles, coa vantaxe de ser caracteres próximos ás necesidades comerciais que se recollen en condicións de campo nos animais cruzados. O factor limitante é dispoñer dunha información de pedigree fiable para estes animais.

### 3.4.1. Cruzamento de 2 vías

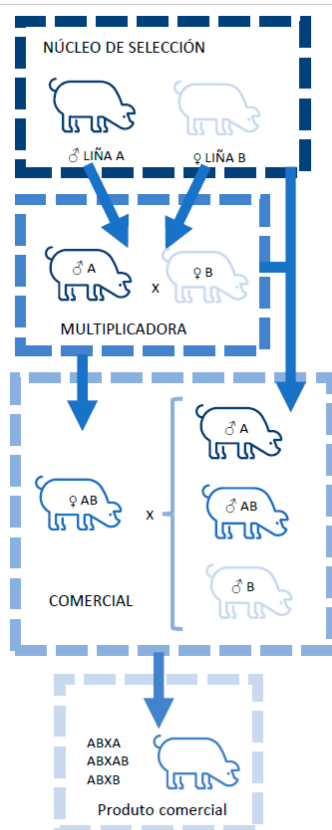
O cruzamento de dúas vías utilízase moito en porcino, particularmente nos Estados Unidos. Non utiliza un macho terminal dunha liña externa ao núcleo senón un macho dalgunha das liñas do núcleo, o que permite especializar as femias en caracteres relacionados co tamaño da camada e aos machos en caracteres de crecemento (Figura 12). A principal vantaxe é o aproveitamento dos machos producidos no núcleo, que poden usarse como machos terminais, polo que non é necesario manter unha terceira liña seleccionada. Neste caso, os individuos de produción están formados por un 75 % do material xenético dunha das liñas e o 25 % da outra.

Outra posibilidade é o aproveitamento como machos terminais dos machos nados froito do cruzamento utilizado para producir as femias híbridas, sendo polo tanto machos híbridos pertencentes á  $F_1$ . Este aproveitamento só se pode realizar coa condición de que se evite o parentesco.

Este tipo de cruzamento permite aproveitar a heterose individual e a materna. Tamén a paterna en caso de que o macho sexa híbrido.

O inconveniente deste tipo de cruzamento é que se perde a especialización que proporciona a liña ou liñas paternas.

Figura 12. Esquema de cruzamento de dúas vías en porcos



### 3.4.2. Cruzamento de 3 vías

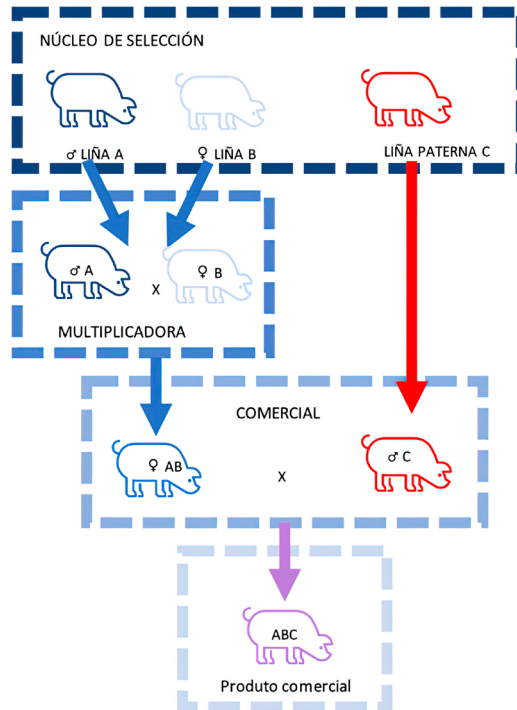
O cruzamento de 3 vías é o máis utilizado na industria porcina, para levalo a cabo empréganse tanto liñas paternas como maternas. Neste tipo de cruzamento emprégase unha nai híbrida, formada a partir de 2 liñas maternas (a femia aporta as características reprodutivas e o macho a velocidade de crecemento) e un macho finalizador (calidade da carcasa) que procede dunha liña paterna, co fin de obter o produto final.

A nai híbrida aporta as boas características reprodutivas potenciadas pola heterose, mentres que a liña paterna aporta a complementariedade para os caracteres

de crecemento, eficiencia alimentaria, calidade da canal e, en certos cruzamentos, a calidade da carne. De tal xeito que se aproveita a heterose individual, a materna e a complementariedade entre razas.

Os individuos de produción conteñen un 50 % do material xenético correspondente coa liña paterna e un 25 % que pertence a cada unha das liñas maternas que configuran a nai híbrida (Figura 13).

Figura 13. Esquema de cruzamento de tres vías en porcinos



### 3.4.3. Cruzamento de 4 vías

O cruzamento de 4 vías consiste en criar de pais e nais híbridos formados a partir de dúas liñas maternas e dúas liñas paternas ou ben liña materna e paterna (Figura 14). De tal xeito que os individuos de produción presentan un 25 % da xenética de cada unha das catro razas das que se parte.

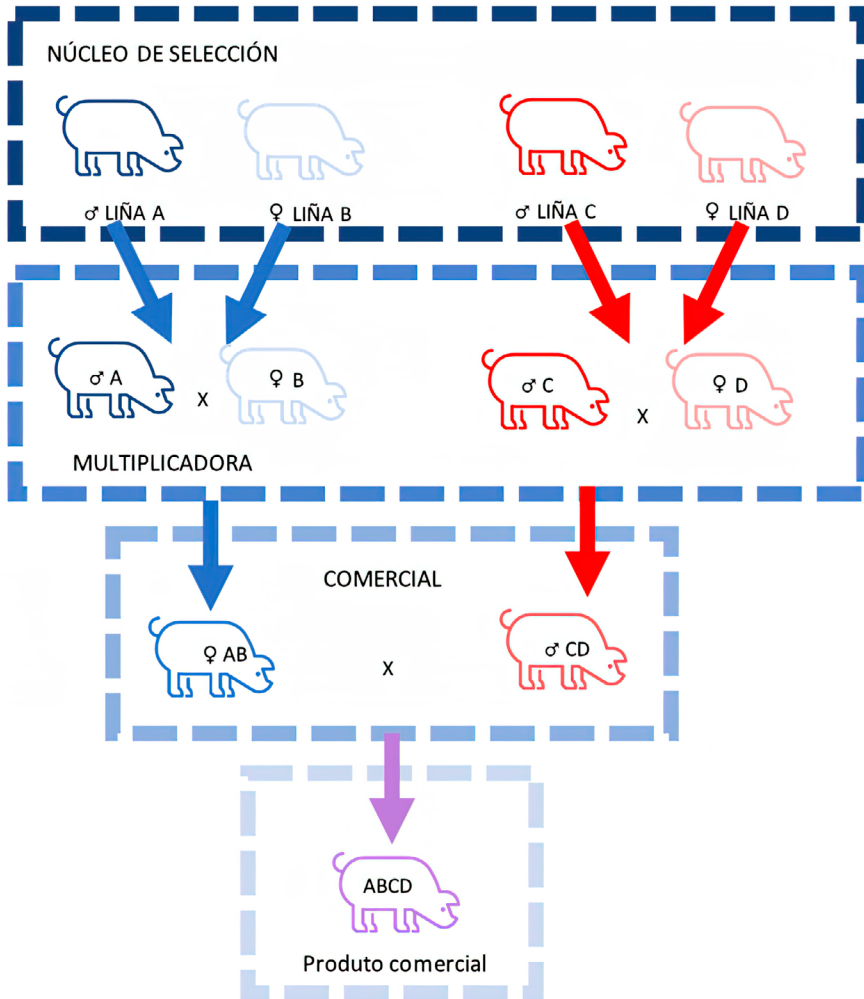
A vantaxe deste cruzamento fronte ao de 3 vías é que proporciona a heterose paterna, e que pode supoñer un incremento da fertilidade e da libido dos machos polo feito de ser individuos cruzados. Por outro lado, debido á heterose estes animais son máis resistentes ás condicións adversas do medio, ademais de que o medio



ambiente das multiplicadoras é máis similar ao das granxas de produción que o medio ambiente do núcleo.

Neste cruzamento apróveitanse polo tanto a heterose individual, a materna, a paterna e a complementariedade entre razas.

Figura 14. Esquema de cruzamento de catro vías en porcinos



#### 4. Obxectivos e criterios de selección

Os obxectivos de selección varían en función do eslavón da cadea de produción afectado, de tal xeito que na produción de gando porcino cada sector terá intereses diferentes sendo que ao gandeiro lle pode interesar por exemplo mellorar o IC mentres que ao matadoiro lle interesa mellorar o rendemento á canal, ao carniceiro o rendemento en carne e ao consumidor a calidade da mesma.

Tradicionalmente os criterios de selección xenética en porcino estaban relacionados con caracteres de crecemento, calidade da canal e reprodutivos. Máis recentemente, as empresas de xenética porcina incorporaron caracteres adicionais como a eficiencia alimentaria, calidade da carne, lonxevidade, resistencia a enfermidades, comportamento, resiliencia ou sensibilidade ambiental.

Acadar os obxectivos de selección require o rexistro de caracteres na maternidade (caracteres reprodutivos), no cebo (caracteres de crecemento) e despois do sacrificio (caracteres de calidade da canal e da carne).

Os datos fenotípicos usaranse, xunto coa información xenealóxica e xenómica, para a valoración xenética dos candidatos á selección nas poboacións de elite da cúpula da estrutura piramidal.

##### 4.1. Caracteres reprodutivos

Dentro dos caracteres reprodutivos englábanse:

- Produtividade numérica das porcas (PN): proporciona un mellor rendemento en relación coa inversión nas granxas de maternidade. É un carácter difícil de seleccionar pois no momento da selección a femia aínda non chegou á puberdade, polo que deber ser seleccionada a través dos datos dos seus parentes, ou co apoio da selección xenómica. Ademais, a herdabilidade deste carácter é baixa ( $h^2 < 0,10$ ).

$$PN = \frac{365 \times N \times NTx (1 - Tm)}{I_1 + (N - 1)(G + L + IDF) + I_2}$$

PN= produtividade numérica; N= número de ciclos; NT= número total de leitóns nados ou tamaño da camada, Tm= taxa de mortalidade;  $I_1$  = intervalo entre a data de alta e a primeira cubrición fértil; G = días de xestación; L= días de lactación; IDF = intervalo entre a desteta e a cubrición fértil;  $I_2$  = intervalo entre o último parto e a eliminación.

- O carácter con maior influencia na produtividade numérica é o número total de leitóns nados (NT = nados totais), que é un carácter con baixa herdabilidade (0,10 aprox.).
- Taxa de ovulación: a selección por este carácter tivo éxito para melloralo pero non para incrementar o tamaño da camada, porque se produciu un aumento da mortalidade prenatal.
- Capacidade uterina: é a capacidade da femia para xestar unha camada cando a taxa de ovulación non é un factor limitante, é dicir, cando ter máis

óvulos non implica dar lugar a camadas maiores. Nos experimentos realizados ata o momento ao seleccionar por capacidade uterina o tamaño da camada aumentou pero non máis que cando se fai selección directamente por tamaño de camada. O custo deste tipo de selección non compensa os progresos obtidos.

- Número de leitóns nados vivos: en porcino realízanse adopcións, as camadas máis numerosas son en parte adoptadas por femias que tiveron camadas menos numerosas, polo que a capacidade leiteira da femia non ten unha importancia decisiva como no caso de que non se producisen adopcións. Aínda así o conxunto da poboación debe manter unha capacidade leiteira e maternal suficiente. Ten o inconveniente de que debido ao esmagamento e a mortalidade arredor do nacemento (mortalidade neonatal) pódese dar un ou outro valor dependendo do momento do rexistro.
- Número de leitóns nados mortos: trátase dun carácter difícil de medir porque está directamente afectado polo número de leitóns nados e polos efectos temporais dos xenes nos diferentes números de parto.
- Número total de camada: contabiliza os nados vivos e os nados mortos, ten maior precisión que o número de nados vivos. Cando se seleccionou en función deste carácter deu lugar a un número de nados vivos maior, pero a un número de nados mortos proporcionalmente superior, de forma que a mortalidade durante o parto parece que aumenta máis con camadas ao nacemento maiores.
- Supervivencia prenatal: existe pouca experiencia na selección por supervivencia prenatal. Sábese que no porco este carácter ten certa resposta á selección, aínda sendo inferior á resposta por tamaño de camada; xa que a herdabilidade é baixa. Obtense unha resposta maior cando se fan combinacións de selección por supervivencia prenatal e taxa de ovulación, aínda que o custo deste tipo de selección fai dubidosa a súa rendibilidade.
- Tamaño da camada aos cinco días do nacemento: tivo éxito en porcino xa que non está influído por aspectos ambientais que producen mortalidade neonatal, como o esmagamento, entre outros.
- Uniformidade do peso da camada ao nacemento: considerouse a nivel experimental, xa que favorece a supervivencia dos nados. Aínda que é posible seleccionar para este carácter, o problema das camadas numerosas con individuos de pouco peso abórdase, con éxito, realizando adopcións e trasladando leitóns de camadas numerosas a outras menos numerosas.
- Afeccións patolóxicas dos leitóns: criptorquidia, artrite, hernias escrotais e umbilicais, displasia de cadeira, etc.
- Número de mamas e mamas invertidas: este carácter ten unha ampla influencia na capacidade maternal das porcas, pois é un factor limitante de cara a aumentar o número de leitóns destetados.
- Morfoloxía, conformación ou tipo: fai referencia a certas características externas que poden ter impacto na produción. Convén distinguir entre características funcionais (p. ex. apromos) e características relativas á musculatura aparente. As características funcionais son importantes xa que poden

dificultar o manexo ou inclusive provocar problemas de saúde. Os problemas de apromos en porcino afectan á estabilidade das femias que presentan patas torcidas ou pezuños desiguais. En cambio, as características relativas á musculatura aparente adoitan ser pouco importantes desde o punto de vista produtivo, principalmente porque esa aparencia adoita estar pouco relacionada coa calidade da canal. Os caracteres de conformación sóense utilizar para descartar animais problemáticos aínda que ás veces poden formar parte dos índices de selección ou pódese preseleccionar aos animais por estes caracteres antes de aplicarlles o índice. A porcentaxe de animais eliminados previamente á aplicación do BLUP ou dos índices (incluíndo os eliminados por enfermidades ou outras causas) é dun 40 %, sendo a principal causa a conformación.

- Lonxeidade ou vida produtiva: sóese medir como o número de partos que ten unha femia nunha explotación antes de ser eliminada por motivos non desexados como enfermidades, problemas de apromos, baixa fertilidade, etc. Existe controversia en canto á introdución da lonxeidade nos programas de selección debido aos seguintes motivos:
  - o Non é un carácter importante economicamente por si mesmo xa que o custo de substitución dunha femia é baixo con respecto ao número de leitóns producidos na súa vida produtiva.
  - o Seleccionar para un carácter implica exercer menos presión de selección noutros caracteres, polo que a inclusión dun carácter ten que compensar, a nivel de beneficios, as perdas económicas que xera con respecto á menor presión exercida para outros caracteres.

A importancia de incorporar a lonxeidade nos índices de selección ten que ver coa mellora indirecta de caracteres relacionados coa saúde e a resistencia ao estrés e enfermidades. A selección por lonxeidade é complicada xa que require que as femias teñan todos os partos posibles, e iso fai que se alongue demasiado o intervalo xeracional.

Por outro lado tamén existen argumentos a favor da selección por lonxeidade. Esta selección diminúe o número de femias eliminadas nos seus primeiros partos, unha menor mortalidade predesteta dos leitóns (aínda que require de máis estudos ao respecto), mellora a saúde dos reprodutores e a súa resistencia ao estrés e enfermidades.

- Outros caracteres reprodutivos: supervivencia predesteta, idade á puberdade, fertilidade, duración da xestación, intervalo desteta-cubrición fértil, condición corporal á desteta, peso da camada ao nacemento, peso dos leitóns, variabilidade de peso da camada, vitalidade dos leitóns, caracteres relativos á calidade do seme. Os caracteres relacionados co macho, aínda que recibiron algo de atención, presentan o problema de que facer presión sobre estes caracteres implica exercer menos presión sobre outros de maior interese económico.

#### 4.2. Caracteres de crecemento e eficiencia alimentaria

- Velocidade de crecemento: é o aumento diario de peso entre dous momentos determinados da vida do animal, por exemplo, entre a desteta e o momento do sacrificio. Adoita medirse como o cociente da diferenza entre os pesos neses dous momentos e o número de días transcorridos (ganancia media diaria (GMD)). A velocidade de crecemento é fácil e barata de medir, isto fai que sexa un carácter habitual nos índices de selección. O seu interese é por un lado directo, canto antes alcancen os animais o peso comercial máis espazo libre deixan nas instalacións para que poida empregarse con outros animais e menos man de obra se emprega no seu coidado ao tempo que se reducen os custos fixos. Porén o principal interese é indirecto, ao sacrificar antes aos animais, o custo de mantemento é inferior, pois se un animal se sacrifica unha semana antes ca outro durante esa semana non consome alimento.

A selección por velocidade de crecemento ten a desvantaxe de conducir a un engraxamento do animal xa que aumenta fortemente o apetito e a partir de certo nivel de inxestión téndese a depositar esencialmente graxa. Tamén pode presentar o inconveniente de modificar a composición da canal no momento do sacrificio, xa que os animais se sacrifican máis novos, e polo tanto, menos maduros, isto fai que teñan unha porcentaxe maior de óso, un peor rendemento á canal (o intestino desenvólvese antes) e poderían incluso estar máis engraxados. Estes inconvenientes vense compensados polo aumento da eficiencia alimentaria, que representa o maior custo de produción.

- Eficiencia alimentaria: mídese a través do IC e consumo de penso, ten un sentido económico directo. Proporciona unha redución do custo da alimentación dos animais que habitualmente constitúe o principal gasto dos cebadeiros cunha porcentaxe moi importante (65-70 %) dos custos variables. Porén esixe o rexistro da inxestión individual.

- o Consumo de penso: Unha forma de seleccionar por eficiencia alimentaria é seleccionar contra o consumo de penso, de tal xeito que os animais que consomen menos alimento para chegar ao mesmo peso comercial son os máis eficientes.

O principal inconveniente é que é difícil de medir individualmente. Se se mide a nivel de individuo, utilizando unha gaiola individual ou ben nunha instalación colectiva con acceso a comedero individual, pode xerar interaccións xenotipo - medio ambiente xa que modifica as interaccións sociais á hora de consumir o penso colectivamente como se fai nas granxas comerciais, particularmente nos casos de alimentación restrinxida, nos que a competencia polo alimento é moi superior.

Outros inconvenientes son que:

- Non é un carácter que se observe na granxa comercial, onde habitualmente non se controla o IC senón a velocidade de crecemento, polo

que o cliente pode preferir animais que medren máis aínda que sexan menos eficientes.

- A mellora para a eficiencia alimentaria pode influír na composición da canal e da carne, reducindo, en xeral, o contido en graxa. Neste caso, esta afectación pode ser vantaxosa xa que o contido en graxa adoita ser penalizado na venda de canais, pero o contido en graxa intramuscular é un factor de calidade da carne que está comezando a terse en conta comercialmente, polo que hai que ter ollo con esta interacción.
  - O consumo de penso non debe baixar de certos niveis que poidan comprometer a produtividade animal. En porcino pode ocorrer que os animais con pouco apetito teñan dificultades para acumular a graxa necesaria para manter a lactación ou para manter a graxa firme para facilitar o procesado da canal.
- o IC: é a cantidade de penso consumido por kg de peso vivo, polo tanto é mellor canto máis baixo é. Actualmente considérase que presenta as seguintes eivas, ao ser un cociente de dous caracteres, os mellores individuos poden selo por diminuír o consumo de penso respecto ao seu peso, por aumentar a velocidade de crecemento respecto ao seu consumo ou por situacións intermedias. Non representa un problema na práctica pero si dificulta a interpretación dos resultados con respecto ao consumo individual ou á velocidade de crecemento. Ademais non ten unha distribución normal porque é o cociente de dúas variables normais, isto dificulta as predicións sobre a resposta á selección. Ao depender da medición do consumo de alimento arrastra as mesmas problemáticas ca este.
- Agresividade e comportamento social: pódese estimar a través do crecemento dos compañeiros de lote.
  - Outros caracteres de crecemento e eficiencia alimentaria son: a mortalidade durante o cebo, a homoxeneidade de crecemento do lote, o peso a unha idade determinada normalmente o peso ao sacrificio.

#### **4.3. Caracteres de calidade da canal**

- Calidade da canal: implica un maior rendemento do animal no matadoiro e a obtención dun mellor prezo por quilogramo de peso vivo.
- Lonxitude da canal.
- Rendemento da canal e porcentaxe de magro: en porcino é particularmente importante ter en conta o seu contido en carne xa que a canal tende a ter un maior contido en graxa que noutras especies. Na calidade da canal en porcino a parte de ter en conta o rendemento e o contido en carne, tamén pode influír o rendemento en xamón.
- Peso e porcentaxe de pezas nobres: xamón, lombo, solombo e paletas.

- Espesor da graxa dorsal: pode ser rexistrado de forma sinxela e pouco custosa en individuos vivos mediante o uso de ultrasóns e presenta unha correlación favorable co contido de magro e porcentaxe de pezas nobres. A menor espesor de graxa dorsal, maior contido en magro, maior porcentaxe de pezas nobres (correlación negativa) e maior rendibilidade da canal. A redución do espesor da graxa dorsal debe aplicarse con cautela nas liñas maternas xa que unha redución excesiva pode asociarse a un descenso do rendemento reprodutivo debido á redución que se produce na capacidade de mobilización enerxética durante a xestación e a lactación.

#### 4.4. Caracteres de calidade da carne

A calidade da carne pode implicar un mellor prezo de venda, particularmente en produtos que forman parte de denominacións de orixe ou marcas de calidade. Tamén se asocia cunha mellor aceptación por parte do mercado. A calidade da carne pode entenderse con diferentes criterios:

- Atributos organolépticos: cor, tenreza, sabor e olor, cantidade de graxa visible-veteada, graxa intramuscular, olor a macho (androsterona e escatol; de alta relevancia como consecuencia da prohibición da castración en varios mercados) e resistencia ao corte.
- Valor nutricional: cantidade de graxa, composición de ácidos graxos e valor proteico.
- Calidade tecnolóxica: pH, capacidade de retención de auga (CRA), consistencia da graxa, separación de tecidos, estabilidade oxidativa, perdas por cociñado, porcentaxe de auga, características da fibra muscular, colesterol, ácidos graxos monoinsaturados.
- Seguridade alimentaria: hixiene microbiolóxica e ausencia de residuos (antibióticos, metais, praguicidas, etc.).

As análises de calidade da carne son custosas xa que requiren o procesamento da carne a nivel de laboratorio. Ademais é un carácter difícil de introducir nun programa de mellora xenética porque depende de moitas variables. O feito de medir moitas variables require estimar moitos parámetros xenéticos. Isto, xunto co feito de que se mide no animal unha vez sacrificado, fai que sexa difícil incluír estes obxectivos como criterios de selección nos esquemas habituais da mellora xenética.

Normalmente só se utiliza un parámetro relacionado coa calidade da carne, p. ex. o pH último ou a graxa intramuscular, ou ben utilízase un índice global de calidade da carne que inclúe varios caracteres aos que se lles dá un peso diferente en función da súa importancia.

As herdabilidades moderadas e altas dos caracteres relacionados coa canal e as herdabilidades moderadas daqueles relacionados coa calidade da carne fan que sexan relativamente ideais para realizar a mellora xenética utilizando métodos tradicionais de selección. Porén, medir estas características é caro e realízase *post mortem*. A selección de individuos de raza pura en base á eficiencia dos produtos dos

cruzamentos comerciais sería outra opción, pero isto significa aumentar o intervalo xeracional.

Polo tanto, neste grupo de caracteres a selección xenómica podería ser útil xa que non é necesario sacrificar ao animal para ter unha avaliación xenética da súa calidade. Porén, a maioría dos caracteres relacionados coa calidade da carne son de natureza polixenética, estando determinados por moitos xenes de pequeno efecto para os que se encontraron algúns QTLs (Loci de Trazo Cuantitativo, en inglés Quantitative Trait Loci) cun efecto apreciable. Os marcadores obtidos para estes efectos xerados nas liñas comerciais, e actualizados regularmente, poden integrarse nos valores xenéticos e usarse nas seguintes xeracións. De momento a súa aplicación práctica presenta certas complicacións debido a que ao usalos en selección asistida por marcadores, as ecuacións de predición usando marcadores moleculares serven dentro dunha poboación pero cambian de poboación a poboación, polo que os resultados dunha poboación non son necesariamente aplicables a outra.

A calidade da carne vese principalmente afectada polos xenes que dan como resultado a carne PSE (pálida, branda e exsudativa do inglés pale, soft and exudative) e Napole, que serán abordadas no punto 6, enfermidades relacionadas coa xenética e resistencia a enfermidades.

#### **4.5. Outros caracteres**

Os caracteres relacionados co benestar animal, sanidade e diminución da pegada de carbono non teñen un valor económico directo pero relaciónanse cunha mellor percepción do produto por parte dos consumidores.

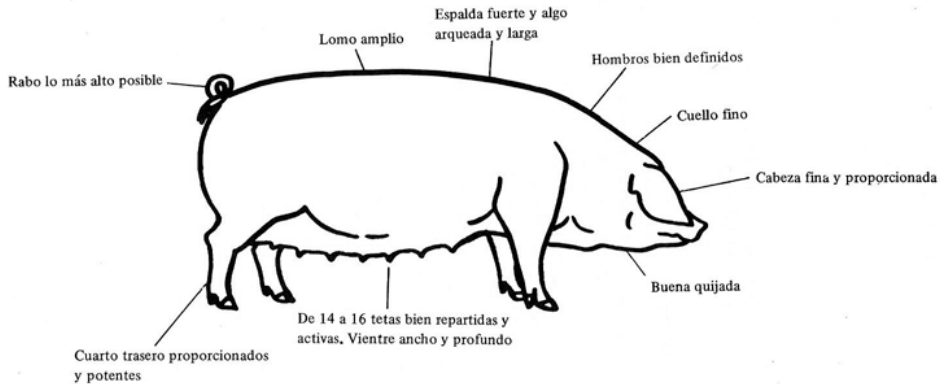
### **5. Valoración morfolóxica da porca reprodutora**

#### **5.1. A conformación xeral**

A futura reprodutora debe presentar un aspecto xeral de fortaleza e sen deformacións, cun esqueleto forte. As diferentes rexións anatómicas deben presentar o seguinte aspecto: cabeza fina e proporcionada, pescozo fino, ombros ben definidos, espalda forte, algo arqueada e longa, lombo amplo, rabo o máis alto posible; cuartos traseiros ben proporcionados e potentes pero non excesivamente conformados; ventre ancho e profundo con 14-16 mamas (mínimo 12) ben desenvoltas e homoxeamente distribuídas (Figura 15). A facilidade de movementos e a presenza dunha liña dorsal recta mentres os animais estean andando relaciónase cunha longa vida produtiva.



**Figura 15. Conformación xeral da porca reprodutora (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009)**



### 5.2. Os xenitais externos

A vulva debe estar ben desenvolvida, tanto en anchura coma en lonxitude e profundidade, sen inclinar nin ladear para evitar problemas de descargas vulvares (causadas por vaxinites, metrites, cistites ou pielonefrites). Elimínanse todas as nulíparas con vulva infantil ou pequena, pois pode ser un reflexo de inmaduridade dos restantes órganos reprodutivos.

Tampouco se seleccionarán femias con: vulvas respingonas, que dificultan a evacuación de fluxos vaxinais fisiolóxicos e propician a aparición de descargas vulvares patolóxicas, con defectos anatómicos, feridas ou mutilacións, para evitar dificultades de cubrición e posibles complicacións no parto.

A cor da vulva será sonrosada e non deberá existir ningún tipo de fluxo anormal.

### 5.3. Lonxitude do aparato xenital

Dentro dun grupo de nulíparas que sexa homoxéneo en idade, peso, espesor de graxa dorsal e aspecto exterior poden encontrarse aparatos xenitais con diferente desenvolvemento. A lonxitude da vaxina e do cervix poden medirse no primeiro e segundo celo mediante un catéter graduado. Coñecendo a lonxitude da vaxina pódese estimar o desenvolvemento do aparato reprodutor, de tal forma que por cada cm de lonxitude de vaxina poden encontrarse diferenzas de 8-9 cm no tamaño dos cornos uterinos. Deberanse eliminar as cochas que ao terceiro celo teñan unha lonxitude de vaxina-cervix inferior a 25 cm.

#### 5.4. A rexión ventral e as mamas

As cochas deben ter un abdome ancho, longo e profundo, con mamas funcionais e tetos adecuados para poder criar os leitóns.

A selección das mamas debería comerzar ao nacemento ou ao destete e debería repetirse durante a triaxe final das futuras reprodutoras, cando se valore o seu crecemento e espesor de graxa dorsal. Neste último momento apreciarase a forma das mamas, que preferentemente serán en funil cos tetos ben marcados e desenvolvidos, eliminando animais con tetos con formas e tamaños que dificulten o amamentamento (ex. tetos curtos ou en botón).

Avaliarase a localización dos tetos, as súas distancias e a súa conformación, buscando que a futura reprodutora teña como mínimo 6 tetos funcionais (preferiblemente 7) e ben desenvolvidos en cada lado, dispostos en pares ben definidos, espaciados e repartidos ao longo de todo o ventre e na parte correspondente do peito. Descartaranse todas as porcas con menos de 6 tetos nun lado, tetos pouco separados ou mal situados e aquelas con algún teto cego, invertido ou pouco desenvolvido e non funcional.

#### 5.5. Os apromos

Os apromos son un dos principais factores de eliminación ou desfeito involuntario de porcas nos primeiros partos. A probabilidade de que unha porca se elimine despois do primeiro parto increméntase conforme peor cualificación teñan os apromos, principalmente as extremidades posteriores. A selección a favor duns bos apromos reducirá enormemente os sacrificios involuntarios por coxeira.

Hai que ter en conta que o porco é precoz para a reprodución (6-7 meses) en comparación coa madurez do seu esqueleto (as últimas apófises óseas non cerran ata os 6-7 anos). Cada 20 semanas unha porca ten un novo ciclo (parto) e normalmente elimínanse por idade entre o 6º e 7º parto, con pouco máis de 3 anos de idade. A consecución de animais máis produtivos carrega a forzar un esqueleto inmaturo e a selección de animais cunha columna vertebral máis longa repercute sobre o papel de suxección dos membros posteriores e concretamente sobre a articulación da cadeira, tanto máis canto maior é o desenvolvemento da masa muscular. O porco encórvase para compensar o esforzo e mellorar a suxección, chegando a inclinar os membros posteriores. Ademais, convén recordar que a maioría das porcas pasan a súa vida sobre chans de formigón, firmes e de gradicela.

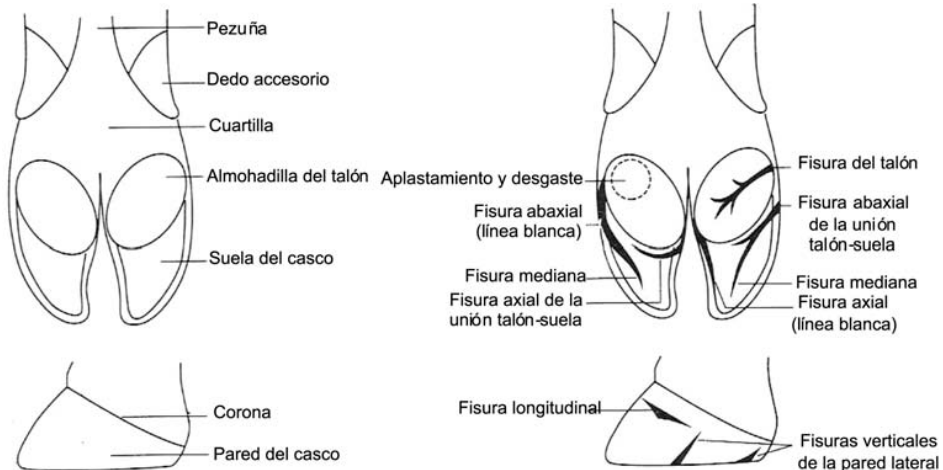
Os apromos deberán examinarse en estación, marcha e correndo para a súa avaliación en todas as porcas de reemprazo. Nunca se debe seleccionar un animal que se atope sentado ou que dea mostras de estalo durante moito tempo. Os membros posteriores mostrarán firmeza ao andar e ao correr. Os pezuños non estarán moi inclinados e permitirán que o peso do corpo quede ben repartido nas catro extremidades, cunha profundidade de talón adecuada e cuartilla de lonxitude adecuada, nin moi longos nin moi curtos (Figura 16).

**Figura 16. Avaliación da profundidade do talón (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009)**



En primeiro lugar valoraranse os pés: a súa talla, colocación e estado dos pezuños. En cada pezuño hai dous dedos que son os que deben soportar todo o peso do animal e que deberán ter igual lonxitude. As lesións dos cascos son causa de coxeiras e de eliminación de reprodutores. Moitas destas lesións poden observarse en leitóns lactantes. Nunca se seleccionará un futuro reprodutor con lesións nos pezuños ou nas almofadas plantares, pero antes de achacalas a factores xenéticos conviría avaliar o tipo de chan e a alimentación, así como descartar problemas sanitarios (Figura 17). Por exemplo, as tenosinovites ou artrites debidas a un mal estado do chan son un problema que se pode encontrar nas explotacións nas que o chan ou as gradicelas están mal colocados ou estropeados (con superficies abrasivas ou bordos cortantes). Aínda que a causa de determinadas lesións pode ser difícil de identificar, no caso de que a súa orixe non sexa xenética, puidera interesar aplicar un tratamento para recuperar a aqueles animais que presenten unha boa valoración xeral.

**Figura 17. Anatomía do pé do porco e alteracións máis frecuentes (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009)**



O ideal é que as porcas teñan pés con dedos grandes, iguais e separados. Cando os dedos son desiguais hai un maior risco de rotura de pezuños e de lesións plantares.

Polo tanto eliminaranse as porcas con dedos que presenten diferenzas de lonxitude superiores a 1 cm, presentando atención a que os dedos interiores sexan de menor tamaño (especialmente nas extremidades posteriores). Tamén se descartarán as porcas con dedos pequenos e con pouco espazo interdixital.

As avaliacións dos apromos das extremidades anteriores e posteriores farase por separado, vendoas de perfil (Figura 18) e frontal (Figura 19). Esta valoración pode chegar a ser moi complexa se se consideran todos os ángulos das articulacións de cada extremidade (Figura 20). Por exemplo, as extremidades anteriores deberán ter un ángulo de menos de 90º na articulación do cóbado. Este ángulo proporciona-lles a maior amortiguación durante a permanencia en pé e na marcha. Se o ángulo fose maior de 90º un dos problemas sería un desgaste excesivo dos pezuños. Porén, debido á súa complexidade, na práctica non se traballa coa avaliación destes ángulos. Deberán eliminarse as porcas pandas ou plantígradas (que pisan co talón) e as topinas (que pisan coa punta dianteira) pois ocasionan dificultade para camiñar, erguerse e tumbarse, especialmente cando se aloxan en chans de formigón (Figura 21), ambos os caracteres son herdables e os animais de cebo que os presentan tenden a un menor crecemento. Isto está determinado pola lonxitude das cuartillas, as cuartillas moi longas darán lugar a animais pandos ou cuatrillóns, en tanto que as cuartillas moi curtas darán lugar a animais topinos.

**Figura 18. Avaliación das patas do porco vistas de perfil (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009)**

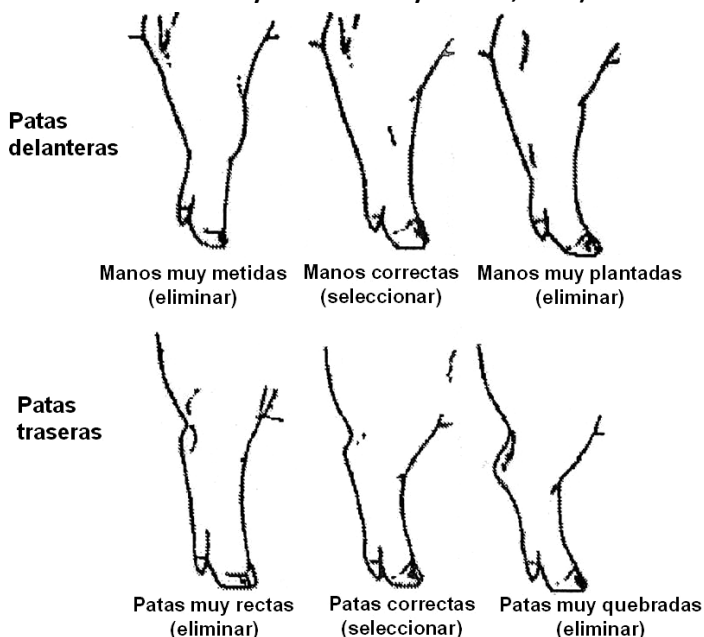


Figura 19. Avaliación frontal e posterior das patas do porco (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009)

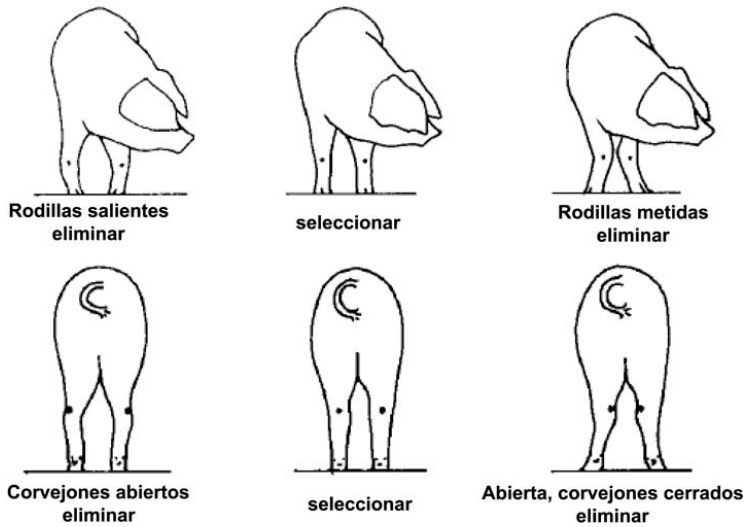
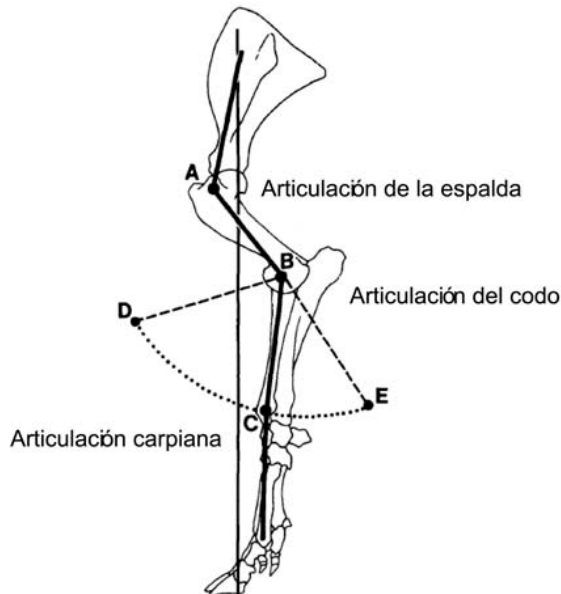


Figura 20. Ángulos das articulacións da espalda, o cóbado e a carpiana para a avaliación dos apromos nas extremidades anteriores (A-B-C, ángulo de descanso ou estación; A-B-D, máximo grao de flexión; A-B-E, máximo grao de extensión; D-B-C, graos de flexión; C-B-E, graos de extensión; D-B-E, ángulo de movemento) (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009)



**Figura 21. Defectos de apromos das extremidades anteriores (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009)**



### 5.6. Control de defectos conxénitos

Todas as anomalías de tipo xenético que aparezan nos porcos de calquera idade deben rexistrarse e considerarse, para eliminar os reprodutores portadores destes problemas e impedir que ningún animal, nin irmán de camada, que manifestase estes defectos sexa seleccionado para reposición.

As principais anomalías conxénitas son: atresia anal, hernias, espatarramento ou *splayleg*, tremor conxénito, pityriase rosea, cifose, epitelióxénese imperfecta, criptorquidia, vulva infantil, hermafroditismo, problemas específicos de apromos e problemas específicos de tetos.

Deberá terse en conta que algunhas malformacións e anomalías dos tetos e da vulva poden derivar de necroses producidas durante a lactancia como consecuencia de problemas de micotoxinas (zearalona). Estas anomalías pódense distinguir porque os tetos anteriores adoitan ser os máis afectados, sendo por pares, e o cadro adoita ir acompañado con necrose de colas. Nestes casos non se seleccionaran as leiteas afectadas, pero non hai por que descartar os seus pais nin irmáns.

Para manter esta selección deberán terse moi bos rexistros e a todos os animais identificados de forma que sexa posible coñecer a súa camada de procedencia. Para iso é válido o sistema de amosegas nas orellas, identificando nunha camada e noutra ao individuo, complementado con tatuaxes, crotais ou dispositivos electrónicos adecuados.

## 6. Herdabilidades e correlacións xenéticas

A herdabilidade é a capacidade de transmisión dun carácter dos pais aos fillos, é dicir, da varianza fenotípica dunha poboación que non se debe á influencia do medio ambiente. Son as diferenzas entre os organismos dunha poboación que son herdables. Trátase dun dos factores que limita a mellora xenética dun carácter. Cada característica que se pretenda seleccionar nunha poboación vai ter un valor de herdabilidade específico. A similitude entre os individuos determina o grao de herdabilidade específico, que varía nun rango de 0 a 1. O grao de herdabilidade 0 corresponde con

ningunha similitude entre pais e fillos e o 1 o de maior similitude. Os valores altos de herdabilidade relaciónanse cun rápido progreso xenético cando se aplica unha forte presión de selección. Polo xeral herdabilidades superiores a 0,2 son aceptables para lograr progreso xenético por selección.

A correlación é un parámetro que mide o grao de relación existente entre dous caracteres diferentes, é dicir, se seleccionamos un carácter determinado, en que medida varía o outro carácter.

Nas táboas 13 e 14 preséntase un resumo das herdabilidades e correlacións xenéticas no gando porcino, respectivamente.

**Táboa 13. Herdabilidades en gando porcino (Sellier, 1998; Nicholas, 2010; Bidanel, 2011; Ciobanu et al., 2011; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente e Asociación Nacional de Criadores de Gando Porcino Selecto, 2011; Aguado-Varona, 2021; Blasco, 2021)**

Caracteres	Herdabilidade (h <sup>2</sup> )	Grao de herdabilidade
Protección materna	0,00-0,22	Baixa-media
Substancia	0,00-0,28	Baixa-media
CRA	0,01-0,43	Baixa-media
Sabor	0,01-0,16	Baixa
Esmagamento materno dos leitóns	0,03-0,07	Baixa
pH 1 h <i>post mortem</i>	0,04-0,41	Baixa-alta
Habilidade materna	0,05	Baixa
Viabilidade dos leitóns	0,05	Baixa
Taxa de supervivencia nacemento desteta	0,05	Baixa
Partos asistidos	0,05	Baixa
Nº destetados por camada	0,05-0,15	Baixa
Actitude coas persoas	0,06	Baixa
Comportamento grupal	0,07	Baixa
Taxa de supervivencia ao parto	0,07	Baixa
Duración do parto	0,07	Baixa
Agresividade materna cos leitóns	0,07-0,17	Baixa
pH final <i>post mortem</i>	0,07-0,39	Baixa
Homoxeneidade da camada ao nacemento	0,08	Baixa
NT, tamaño da camada	<0,10-0,11	Baixa
Nº leitóns nados vivos	0,10	Baixa
Taxa de concepción	0,10	Baixa
% esperma anormal	0,10	Baixa
Mobilidade espermática	0,11	Baixa
Peso da camada aos 21 días	0,14	Baixa
% auga intramuscular	0,14-0,52	Baixa-alta
Perdas de líquido por goteo	0,15-0,16	Baixa
Mermas por cocción	0,15-0,16	Baixa
Libido	0,15	Baixa
Consumo de alimento	0,16-0,30	Baixa-media

Caracteres	Herdabilidade (h <sup>2</sup> )	Grao de herdabilidade
Intervalo desteta-celo	0,17-0,36	Baixa-media
Volumen seminal	0,19	Media
Concentración espermática	0,19	Media
Escatol*	0,19-0,54	Media-alta
Rendemento á canal	0,20	Media
% proteína muscular	0,20	Media
Nº mamas	0,20-0,40	Media-alta
Signos de celo	0,21	Media
Intervalo desteta-celo	0,22	Media
Intervalo entre partos	0,23	Media
Peso da camada ao nacemento	0,24	Media
GMD	0,25-0,40	Media-alta
Tenreza instrumental	0,25	Media
IC	0,25-0,30	Media
Tenreza sensorial	0,25-0,30	Media
% glicóxeno intramuscular	0,25-0,90	Media-alta
Androsterona**	0,25-0,88	Media-alta
Cor***	0,28-0,30	Media
Rendemento Napole	0,26-0,78	Media-alta
% graxa intramuscular	0,26-0,86	Media-alta
Calidade da canal	0,30-0,35	Media
Eficiencia alimentaria	0,30-0,40	Media-alta
% magro	0,30-0,48	Media-alta
Velocidade de crecemento	0,30-0,40	Media-alta
Espesor da graxa dorsal	0,30-0,56	Media-alta
Taxa de ovulación	0,32	Media
Idade á puberdade	0,37	Media
Perímetro testicular	0,37	Media
Medo aos humanos	0,38	Media
Profundidade do lombo	0,40	Alta
Peso testicular	0,44	Alta
Área do lombo	0,47	Alta
Proporción magra da canal	0,50	Alta
Hernia	0,50	Alta
LIM	0,50	Alta
Criptorquidia	0,55	Alta
Lonxitude da canal	0,55-0,60	Alta
Comportamento alimenticio post desteta	0,87	Alta

CRA: capacidade de retención de auga; Nº: número; NT: número de leitóns nados totais; GMD: ganancia media diaria; IC: índice de conversión; LIM: Contido intramuscular de lípidos; \* escatol: é un tipo de indol, os indoles son producidos por bacterias que rompen o aminoácido triptófano no colon dando lugar a un sabor e olor fecal na carne; \*\* androsterona: é un esteroide sintetizado polos testículos que causa un olor e sabor semellante ao dos ouriños na carne, proporciona o característico olor sexual ou olor a macho que provoca mala aceptación das canais polos consumidores; \*\*\* o rango da cor é moi variable de 0,15 a 0,57 aínda que habitualmente adoita encontrarse entre 0,28 e 0,30.



**Táboa 14a. Correlacións xenéticas entre diferentes caracteres en porcino (Ciobanu et al., 2011; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente e Asociación Nacional de Criadores de Gando Porcino Selecto, 2011)**

	N nados vivos	GMD	IC	Espesor do touciño dorsal	% magro	Graxa dorsal a nivel da 10ª costela	Lonxitude da canal
N nados vivos			-0,20	-0,20			
Idade aos 110 kg	-0,30		0,70	-0,25			
Peso da camada aos 21 días	0,40		-0,20				
IC	-0,20	-0,25/-0,70					
Espesor do touciño dorsal	-0,20	0,25			-070/-0,90		0,18
Peso touciño dorsal			-0,25				
% magro				-070/-0,90		-0,87	0,18
Área do músculo <i>longissimus dorsi</i>		-0,25	0,15	-0,35	0,65	-0,38	-0,18
Graxa dorsal a nivel da 10ª costela					-0,87		-0,21
Lonxitude da canal				0,18	0,18	-0,21	
Rendimento da canal				-0,10/0,20			

N: número; GMD: ganancia media diaria; IC: índice de conversión.

**Táboa 14b. Continuación táboa 14a**

	Reflec-tancia	Perdas por cocción	Perdas por goteo	Tenreza	CRA	Rdto Napole	Magro da canal	Graxa da canal	Aceptación global
pH		-0,82/-0,45	-0,99/-0,50	0,40/0,68					0,59
pH <sub>1</sub>	-0,38	-0,23/0,04	-0,55/0,01	0,27	-0,65	0,26/0,99	0,10	0,26	
pH <sub>6</sub>	-0,66/-0,38	-0,82/-0,45	-0,99/-0,50	0,40/0,68	0,26/0,92		-0,50/0,08	-0,05/0,45	0,59
Reflectancia		0/0,47	0,49	-0,22/-0,08	-0,66/-0,18		-0,16/0,42	-0,48/0,07	-0,02
Perdas por cocción	0/0,47		0,45/0,80	-0,57/-0,40	-0,30/-0,21		-0,16/-0,06	-0,04/0,39	
Perdas por goteo	0,49	0,45/0,80		-0,19/-0,14	-0,99/-0,90		-0,10/0,13	-0,20/-0,01	
Tenreza	-0,22/-0,08	-0,57/-0,40	-0,19/-0,14		0,08/0,41		-0,48/0,12	0,11/0,48	
Substancia							-0,47/0,08	-0,19/0,85	
CRA	-0,66/-0,18	-0,30/-0,21	-0,99/-0,90	0,08/0,41			-0,57/0,24	-0,25/0,24	0,46
Rdto Napole								-0,12/0,41	
Graxa intramuscular	-0,12/0,15	-0,03/0,23	-0,23/0,05	-0,08/0,53	0,02/0,22		-0,55/-0,07	0,04/0,60	0,54/0,68
AGS (C18:2, ácido linoleico)							0,60	-0,70	
Potencial glicolítico do músculo						-1/-0,5	0,40	-0,34/-0,10	
Índice de calidade da carne							-0,44/0,06	0,01/0,39	

	Reflec- tancia	Perdas por cocción	Perdas por goteo	Tenreza	CRA	Rdto Napole	Magro da canal	Graxa da canal	Aceptación global
Sabor a porco							-0,60/0,02	-0,03/0,72	
Aceptación global	-0,02				0,46		-0,71/-0,32	-0,04/0,70	

CRA: capacidade de retención de auga; Rdto Napole: Rendemento Napole; pH<sub>1</sub>: pH 1 h *post mortem*; pH<sub>v</sub>: pH final *post mortem*; AGS: ácidos graxos saturados.

En termos xerais, os caracteres reprodutivos adoitan ter herdabilidades baixas (<0,10), os caracteres relacionados coa calidade da carne teñen herdabilidades moderadas (0,10-0,30), os caracteres de crecemento herdabilidades intermedias (0,30 aprox.) e os caracteres relativos ao contido graxo da canal herdabilidades altas (0,50 aprox.). Os caracteres de eficiencia alimentaria e velocidade de crecemento teñen herdabilidades medias-altas (0,30-0,40) e están xeneticamente correlacionados de forma favorable. Por este motivo teñen unha resposta eficiente á súa inclusión como criterio de selección.

A porcentaxe de graxa intramuscular presenta unha herdabilidade media-alta (0,26-0,86) porén ten unha correlación desfavorable coa porcentaxe de magro e con outros caracteres de calidade da canal. Nos últimos 40 anos, fíxose unha forte énfase na selección para aumentar o contido magro para iso utilizouse a forte correlación negativa existente entre o espesor do touciño dorsal medido mediante ecografía nos animais vivos e contido de magro na canal (-0,70 a -0,90).

As correlacións xenéticas entre os caracteres de crecemento e reprodutivos adoitan ser nulas ou moi baixas, e as correlacións xenéticas entre o IC e a velocidade de crecemento negativas e elevadas. O consumo de alimento está directamente correlacionado coa velocidade de crecemento, pero tamén coa cantidade de graxa, aínda que a correlación non é elevada.

Os caracteres que presentan baixa herdabilidade, como é o caso do número de leitóns nados totais, teñen unha resposta á selección reducida, aínda que grazas á grande intensidade de selección que se aplica no gando porcino e ao potencial dos procedementos de valoración xenética (BLUP ou selección xenómica), o tamaño da camada incrementouse de maneira constante ao longo das tres últimas décadas dando lugar a liñas hiperprolíficas. Por outro lado, ao utilizar femias híbridas, o grao de heterose que experimenta o carácter tanto directa como materna é moi importante, polo que fai interesante o emprego desta ferramenta no porco branco.

## 7. Enfermidades relacionadas coa xenética e resistencia a enfermidades

De xeito tradicional, a selección xenética no porcino estivo centrada nos caracteres directamente relacionados coa produción animal, mentres que aqueles relacionados coa saúde tiñan menor importancia nos programas de mellora xenética. Actualmente, co incremento da resistencia xenética a antibióticos e as demandas dos consumidores de produtos máis saudables con orixe en sistemas de produción máis sostibles aparecen novos retos para a industria de produción porcina.

Ademais, a saúde animal xoga un rol importante desde o punto de vista da produtividade, rendibilidade e benestar animal. Existen moitos factores implicados no mantemento dun alto status de saúde no rabaño como son os patóxenos, os factores estresantes do medio ambiente e as prácticas de manexo. Tendo en conta esta situación e o alto investimento que se está a realizar para encontrar alternativas ao uso de antimicrobianos en medicina veterinaria, a incorporación de caracteres relacionados coa saúde aos programas de mellora xenética porcina presentan un reto de futuro co fin de localizar poboacións de animais resistentes a enfermidades.

Polo momento a selección por resistencia a enfermidades a nivel comercial non é posible, xa que non é viable economicamente; quedando polo de agora relegada ao ámbito da investigación, onde incluso é difícil de levar á práctica. Non parece haber unha resistencia xenérica a enfermidades, de xeito que os animais que son resistentes a unhas enfermidades son susceptibles a outras. A realización de estudos pomenorizados sobre resistencia xenética a enfermidades en porcino podería identificar diferenzas na susceptibilidade ou resistencia a determinados patóxenos, aínda así continuaría a ser difícil de levar estes achados á práctica nas explotacións de produción animal, debido á dificultade para recoñecer xenes favorables e desfavorables por parte dos criadores. Ademais, a identificación destes xenes candidatos á selección está influenciada polos efectos ambientais específicos de cada granxa (alimentación, manexo, instalacións, ...) e a herdanza polixenética da maior parte dos caracteres de resistencia a enfermidades, a limitada dispoñibilidade de modelos animais e o limitado coñecemento da patoxénese de boa parte das enfermidades que afectan ao porcino fai difícil seleccionar xeneticamente para mellorar a saúde dos animais.

Na táboa 15 móstrase un listado das enfermidades nas que se atopou que existe un condicionamento xenético que contribúe á súa manifestación.

**Táboa 15. Listado de enfermidades de orixe xenética (modificado de Nicholas, 2010, 2011; Edfors et al., 2010)**

Enfermidade	Xene <sup>1</sup>	Localización no SSC	Descrición	Herdanza
Aplasia da lingua			Ausencia conxénita da porción media do apex da lingua	Autosómica recesiva, 1 só locus
Artrogripose múltiple conxénita		SSCS	Flexión persistente da articulación. Tamén coñecida como rixidez articular conxénita	Pode estar causada por factores non xenéticos. Pero hai evidencias de que está regulada por herdanza autosómica recesiva, 1 só locus
Ataxia progresiva			Fallo progresivo na coordinación muscular	Autosómica recesiva
Dermatose vexetativa			Síndrome que provoca lesións na pel, edema e aparición de células xigantes multinucleadas nos pulmóns asociadas a pneumonía mortal. Asociada á raza Landrace	Autosómica recesiva, 1 só locus
Ananismo	COL10A1	SSC1	Similar á condrodisplasia en humanos	1 só locus
Epitelióxénese imperfecta			Ausencia conxénita de pel en certas áreas	Autosómica recesiva, 1 só locus

Enfermidade	Xene <sup>1</sup>	Localización no SSC	Descrición	Herdanza
Gangliosidose GM2			Enfermidade que afecta ao almacenamento dos lisosomas debido á falta da enzima hexosaminidasa. Disfunción neuromuscular progresiva e crecemento anormal	
Heterocromía do iris			Diferenza na cor do iris entre ambos ollos ou en diferentes áreas dun iris	A Heterocromía bilateral completa é autosómica recesiva, os heterocigotos mostran Heterocromía parcial e unilateral
Parálise das extremidades posteriores				Autosómica recesiva, posiblemente máis dun só locus implicado
Hipercolesterolemia espontánea, colesterolemia	LDLR	SSC2	Exceso de colesterol no sangue. Os afectados sofren unha mutación no xene que codifica a apolipoproteína B (apoB). O alelo mutante apoB está asociado con lipoproteínas de baixa densidade (LDL) que presentan unha deficiencia na capacidade para unirse aos receptores LDL	Trátase dunha enfermidade asociada a múltiples locus, aínda que existe un xene maior implicado nesta desorde
Hipotricose dominante			Calvicie	Autosómica dominante
Hipotricose xuvenil con enfisema idade-dependente	ITGB6	SSC15	Calvicie ata a puberdade e enfisema localizada nos pulmóns a partir da puberdade	
Hipotricose recesiva			Calvicie	Autosómica recesiva
Ausencia de extremidades			Ausencia das catro patas, letal	Autosómica recesiva
Linfosarcoma, linfoma			Neoplasia maligna do tecido linfático	Autosómica recesiva
Hipertermia maligna (halotano)	RYR1	SSC6	Incremento progresivo da temperatura corporal, rixidez muscular, acidose metabólica que leva a unha morte rápida. Provoca cambios rápidos <i>post mortem</i> dando como resultado carnes PSE. A morte repentina e as carnes PSE constitúen o SSP	Autosómica recesiva
Calidade da carne (Napole)	PRKAG3	SSC15	Rendemento Napole (RN). Os portadores mostran menor pH, valores de reflectancia superficial e interna maiores, menor CRA, menor rendemento despois de cocinar ou curar a carne e maiores perdas por cocinado	Autosómica dominante
Glomerulonefrite membrano-proliferativa tipo II	CFH		Inflamación progresiva dos glomérulos do ril provocada pola deficiencia do factor H que leva a un depósito excesivo de C3 no ril. Os leitóns afectados morren ás 5 semanas aprox.	Autosómica recesiva
Enfermidade das neuronas motoras			Enfermidade locomotora en destetados, ataxia progresiva e paresia de severidade variable	Datos limitados que apuntan a herdanza autosómica dominante
Diarrea neonatal F4 (previamente K88)		SSC13	Diarrea neonatal en leitóns, alta mortalidade. Causada por <i>E. coli</i> que presenta un antígeno na superficie celular (F4) que se combina cun receptor na parede intestinal permitindo á bacteria atacar o intestino. Algúns leitóns carecen do receptor de F4 e polo tanto son resistentes á diarrea causada polas cepas F4	Autosómica dominante, non está claro se están implicados 1 locus ou 2 loci
Fallo no transporte de nucleósidos			Defecto no transporte de nucleósidos a través das membranas dos eritrocitos	

Enfermidade	Xene <sup>1</sup>	Localización no SSC	Descrición	Herdanza
Edema			Acumulación anormal de fluídos nos tecidos ou cavidades corporais	Autosómica recesiva, posible relación cun defecto na tiroides
Polidactilia e anomalías cefálicas			Descubriuse nos porcos de Papúa Nova Guinea. Os heterocigotos mostran polidactilia ou dedos anormalmente grandes e os homocigotos mostran deformacións na cabeza	Autosómica dominante
Porfiria			Deficiencia nalgunha das 6 enzimas que participan na biosíntese da protoporfirina a partir do ácido aminolevulínico. Pouco frecuente en porcino	
Miopatía progresiva			Dexeneración progresiva das extremidades posteriores	Autosómica recesiva
Quistes renais				Autosómica dominante
Enfermidade dos edemas	FUT1	SSC6	Enfermidade infecciosa mortal que afecta aos destetados e cebo caracterizados por falta de coordinación, ronqueira, debilidade, parálise flácida e cegueira. Causada por cepas oportunistas de <i>E. coli</i> .	Autosómica dominante, 1 só locus
Síndrome de dificultade respiratoria			Afecta a leitóns que presentan glándulas tiroides pequenas, calvicie, osificación retardada, hematopoese retardada e morte rápida tras o nacemento	Autosómica recesiva
Espermatozoides, acurtamento da cola	KPL2	SSC16	Espermatozoides inmóbiles por acurtamento da cola	
Sindactilia			Fusión de dedos	Autosómica dominante
Trombopatía			Desorde da coagulación sanguínea que leva a sangrados de intensidade escasa a moderada	Autosómica recesiva
Tremor conxénito tipo A III, mioclonía conxénita			Tremores rítmicos da cabeza e extremidades	Recesiva ligada ao sexo
Tremor conxénito tipo A IV			Tremores rítmicos da cabeza e extremidades	Autosómica recesiva
Tremor de alta frecuencia		SSC7	Debilidade muscular e tremores intensos nas extremidades	Autosómica dominante
Deficiencia de vitamina D, tipo I, raquitismo	CYP27B1		Deficiencias na calcificación dos ósos e retrasos na dentición. Deficiencia na enzima hidroxilasa-1	
Enfermidade de von Willebrand			O factor de von Willebrand é unha forma multimérica dunha proteína plasmática codificada por un xene autosómico. Este factor ten un papel crucial na adhesión plaquetaria e na formación do coágulo. O seu rol é protexer o factor VIII da degradación	Autosómica
Barbas			Apéndices suspendidos da cabeza, trátase de masas carnosas de material cartilaxinoso recubertas por pel e suspendidas da área da mandíbula	Autosómica recesiva
Pelo lanoso			Pelo rizado, p. ex. raza canastroa	Autosómica dominante

<sup>1</sup>: xene cando é coñecido; SSC: *Sus scrofa* chromosome, cromosoma da especie *Sus scrofa*; PSE: carnes pálidas, brandas e exsudativas; SSP: síndrome do estrés porcino; CRA: capacidade de retención de auga; *E. coli*: *Escherichia coli*.

### 7.1. Xene Halotano

O xene Halotano está relacionado coas carnes PSE (pálidas, brandas e exsudativas, con moi pouca retención de auga, do inglés *pale, soft and exudative*) e coa SSP (Síndrome do Estrés Porcino, do inglés *Porcine Stress Syndrome*). Trátase dun carácter recesivo, onde o xenotipo susceptible é o homocigoto recesivo. A enfermidade debida ao xene Halotano provoca morte súbita, causada por accións de manexo ou no sacrificio, dando carnes PSE. Todo aquel manexo que poida xerar estrés ao animal será susceptible de causar esta síndrome: pelexas, cambios de curral, transporte, cambios bruscos de temperatura, suxeición, etc.

Este alelo recesivo non presenta a mesma frecuencia en todas as razas. As razas Pietrain e Landrace Belga presentan alta susceptibilidade mentres outras razas coma a Duroc teñen baixas frecuencias do xene Halotano. Debido aos seus efectos deletorios non se utilizan animais homocigotos recesivos nas granxas comerciais, pois non é economicamente rendible. Non obstante, úsanse extensivamente en cruzamentos, producindo a xeración comercial heterocigota, que non presenta unha mortalidade moi elevada.

En xeral, as razas e liñas susceptibles ao estrés producen máis magro e posúen unha mellor conformación externa. Os porcos homocigotos recesivos están provistos de fibras musculares grandes e brancas e caracterízanse por prevalecer nas súas células máis mecanismos metabólicos lipídicos que oxidativos, o que desencadea a observación dunha carne branca, branda e exsudativa no momento da faena, circunstancia negativa para a presentación de cortes frescos ao consumidor. A causa da síndrome PSE débese a un aumento do glicóxeno da fibra muscular antes da faena que produce unha acidez temperá na carne fresca. Os homocigotos recesivos outorgan á industria unha carne PSE con leve acidez (pH: 5,5-5,6). O pH do músculo dos cochos vivos normais é de 7 a 7,2 e logo da faena descende; á hora *post mortem* a 6,3 para culminar paulatinamente ás 24 horas *post mortem* en 5,89. No caso de PSE, hai unha acidificación moi rápida a unha hora da faena que se mantén todo o tempo. Esta rápida acidificación trae aparelada unha grande perda de líquido, é dicir, unha reducida CRA. Os homocigotos dominantes e os heterocigotos, en cambio, posúen fibras curtas e vermellas e prevalencia de metabolismo oxidativo, aínda que os heterocigotos en certa forma tamén poden ser propensos a presentar a síndrome.

No ano 1991, un grupo de investigación canadense liderado por MacLennan demostrou que a hipertermia maligna estaba causada pola substitución dunha base nitroxenada (C á T) no xene 1843 para o canal de calcio do retículo sarcoplasmático do músculo esquelético. A substitución das bases causa unha substitución de aminoácidos (arxinina á cisteína) na posición 615 do canal de calcio dando como resultado unha alteración no mecanismo do calcio. O emprego, a nivel mundial, dun test de xenotipado mediante PCR levou á eliminación desta mutación de moitos rabaños produtivos.

Deste xeito, a introdución da xenética molecular para a mellora xenética do porcino iniciouse co descubrimento dun alelo recesivo (mutación) no xene para o receptor 1 de rianodina (RYR1) responsable da SSP ou síndrome de hipertermia maligna.

Os porcos homocigotos para este alelo son susceptibles á SSP, e son máis susceptibles a producir carnes PSE.

Demostrouse que o anestésico halotano pode xerar carnes PSE nos porcos susceptibles. Despois de sucesivos estudos confirmouse que a herdanza desta síndrome é de carácter recesivo, o locus no que se localiza denominouse halotano (HAL). A ferramenta desenvolvida permitiu distinguir entre os individuos que mostran un fenotipo normal (NN e Nn) e os individuos susceptibles (nn). Ao realizar mapeado dos xenes viuse que o xene HAL se atopa cerca dos responsables dos antixenos H dos glóbulos vermellos, da fosfohexosa isomerase e glicosa-6-fosfato deshidroxenase. O xene HAL localízase no cromosoma porcino 6 (SSC6, cromosoma porcino (SSC, en inglés *Sus scrofa chromosome*)). O alelo n está presente en altas frecuencias nalgúns poboacións porcinas como resultado da selección para un aumento do contido de magro na carne. O descubrimento desta mutación permite aos criadores explotar as vantaxes intermedias do contido de magro e calidade da carne dos heterocigotos (Nn) mentres que controlan os efectos negativos da SSP nos homocigotos.

### 7.2. Xene Rendemento Napole

O xene Rendemento Napole (RN), descubriuse no INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), en Francia, en relación coa raza Hampshire. O RN refírese ao rendemento da carne fresca ao ser cocida. As carnes producidas polos portadores do RN- presentan unha reducida CRA dando como resultado malos rendementos na industria de fiambres, particularmente na elaboración do xamón cocido. Estudos temperáns sobre o procesado do xamón permitiron descubrir un locus que aparece nas poboacións da raza Hampshire. O locus denominouse Rendemento Napole que se caracteriza pola presenza dun alelo dominante RN- responsable do incremento de aproximadamente un 70 % do contido de glicóxeno no músculo, sobre todo no músculo esquelético, comparado cos animais portadores do alelo rn+ recesivo. Os efectos deste alelo maniféstanse tanto nos homocigotos como nos heterocigotos xa que se trata dun xene de carácter dominante, polo que estes individuos producen carne con menor pH final como resultado dunha degradación *post mortem* do maior contido de glicóxeno. O alelo RN- é case especificamente exclusivo da raza Hampshire, onde apareceu como consecuencia da selección para aumentar o contido magro da carne.

O locus RN mapeouse no cromosoma porcino 15 (SSC15) e a mutación atopouse no codón 200 do xene da subunidade gamma-3 da proteína quinase activada AMP (PRKAG3), sendo responsable das diferenzas no contido de glicóxeno no músculo. A introdución de tests xenéticos reduciu a influencia do alelo RN- que se eliminou da maioría das poboacións de Hampshire.

### 7.3. Resposta inmune

En estudos recentes encontrouse unha asociación entre a inmunidade no gando porcino e 31 SNPs (SNP, polimorfismo dun só nucleótido) situados en 6 rexións cromosómicas nos SSC4, SSC6, SSC17 e SSCX, polo tanto a resposta inmune é de carácter

polixenético. Estas rexións cromosómicas asociáronse cos niveis de IgG no plasma, a porcentaxe de células T gamma-delta, os niveis de proteína C reactiva no soro, a capacidade fagocitaria dos linfocitos, o número total de linfocitos, o volume corpuscular medio e a hemoglobina corpuscular media. Propuxéronse un total de 16 xenes candidatos (CRP, NFATC2, PRDX1, SLA, ST3GAL1, VPS4A) relacionados funcionalmente coa inmunocompetencia para explicar a variación dos caracteres inmunes e hematolóxicos.

O Complexo Maior de Histocompatibilidade (CMH ou MHC, en inglés Major Histocompatibility Complex) é unha das rexións xeneticamente máis densas do xenoma porcino. Comprende tres grandes grupos de xenes no SSC7, sendo o CMH porcino o de menor tamaño dentro dos mamíferos estudados polo momento. A rexión do antígeno leucocitario porcino (swine leucocyte antigen, SLA) comprende máis de 230 loci identificados e polo menos 190 xenes funcionais. A rexión que codifica a cadea de inmunoglobulinas atópase principalmente no SSC7, aínda que tamén nos SSC3 e SSC14.

A diversidade xenética relacionada coa resposta inmune nos porcos aínda é pouco coñecida. En xeral, en canto á saúde porcina, a herdanza de determinados alelos do CMH inflúe positivamente na enfermidade e na resposta ás vacinas. Probablemente en estudos futuros revelarase o impacto das variacións alélicas na saúde porcina e a resistencia ou susceptibilidade aos patóxenos. O feito de que os consumidores soliciten cada vez máis carne de porco libre de antibióticos, fai máis importante a necesidade de ter rabaños de porcos con mellor saúde. Os porcos resistentes a enfermidades, manexados nunhas instalacións adecuadas, axudarían a diminuír o uso de fármacos e aumentarían a calidade dos produtos que chegan ao mercado. Os estudos que relacionan a resposta inmune coa xenética poden contribuír a deseñar estratexias alternativas ao uso de antimicrobianos en veterinaria; incorporando caracteres relacionados coa saúde nos programas de mellora, contribuíndo a seleccionar porcos máis resistentes a enfermidades e con mellor benestar.

De todos xeitos, convén ter en conta que cando seleccionamos en función da resistencia xenética pode ocorrer que a raíz da presión posta sobre os patóxenos debido á resistencia xenética que amosan os porcos; os patóxenos acaben por desenvolver novas estratexias patóxenas de cara a evitar esa resistencia. Tamén debemos ter en conta que a selección de caracteres de resistencia a enfermidades pode afectar outros caracteres importantes, polo tanto, debemos valorar todas as posibles circunstancias. Cando se identifican marcadores xenéticos de resistencia a enfermidades, é importante avalialos en condicións comerciais, para determinar se existen posibles efectos deletorios e para analizar se ten algún tipo de impacto negativo nos parámetros produtivos.

#### **7.4. Síndrome reprodutiva e respiratoria porcina**

A síndrome reprodutiva e respiratoria porcina (PRRS) está causada por un virus que cursa con síntomas que afectan á reprodución (leitóns de escasa viabilidade, mortos ou momificados, abortos, retornos ao celo, etc.), ao crecemento (redución



da ganancia de peso, crecemento irregular, etc.), ao aparato respiratorio (dispnea) e unha maior frecuencia doutras enfermidades infecciosas, dando lugar a grandes perdas económicas.

Un estudo elaborado por Halbur et al. (1998) aportou evidencias iniciais de que existen diferenzas xenéticas na susceptibilidade ou resistencia ao PRRS. Neste estudo os porcos Duroc mostraron máis susceptibilidade (lesiões de pulmón máis severas, peor GMD e títulos de anticorpos máis elevados tras a infección por PRRS) que os porcos Meishan. Outros estudos tamén encontraron diferentes respostas inmunes en función da raza ou da liña porcina estudada. En 2010, o grupo de investigación de Reiner et al., observaron que os síntomas de enfermidade eran máis severos nas liñas de porcos seleccionados para alto crecemento muscular; vendo que as liñas da raza Hampshire e Duroc seleccionadas para alto crecemento muscular era máis susceptibles á PRRS que aquelas seleccionadas para mellorar os caracteres reprodutivos. Ademais, os investigadores observaron diferentes taxas de crecemento no período de infección. As liñas que exhibían un maior crecemento en ausencia de infección mostraban signos clínicos máis severos e unha maior redución no peso corporal despois da infección. A día de hoxe sábese que existen diferenzas claras na resistencia ou susceptibilidade da especie porcina á PRRS en función da raza. A maioría dos estudos sobre a relación xenética coa PRRS afirman que os leitóns e animais de cebo das liñas porcinas ou razas con mellores eficiencias reprodutivas (p. ex. Meishan, Large White) son máis resistentes aos efectos do virus que as liñas seleccionadas para ter un bo crecemento muscular (p. ex. Duroc, Pietrain, Hampshire). Porén no caso das femias reprodutoras as Meishan mostraron unha maior susceptibilidade que as liñas europeas.

Estudos recentes (Lunney et al., 2016) baseados en 60.000 marcadores SNPs xunto coa aplicación de ferramentas estatísticas permitiron localizar máis de 30 QTLs de resistencia á PRRS localizados en 11 cromosomas. As asociacións detectadas correspondían coa carga viral e o peso corporal tras a infección con PRRS. A rexión SSC4 explica o 16 % da variación xenética con respecto á carga viral cunha herdabilidade do 0,30. De todos xeitos, localizar os xenes implicados na resistencia xenética á PRRS continúa a ser unha tarefa complicada, xa que os estudos recentes apuntan que están implicados numerosos factores como: a proteína GBP5 (xene que codifica a proteína de unión a guanilato 5 inducida polo interferón), o interferón tipo I, xene CD163, etc.

Convén mencionar que algunhas razas, a maioría delas autóctonas adaptadas a rexións ou países concretos, e con escasa adaptación para a produción intensiva, son unha fonte de alto valor de cara a encontrar xenes de resistencia xenética. Estes xenes poderían ser reintroducidos mediante edición xenética ou cruzamento na poboación de interese, aínda que estas técnicas requiren de estudar e coñecer cales son as poboacións que portan os xenes de interese. Un destes casos sería o xene USP18 (ubiquitin-specific protease) que portan algunhas razas autóctonas chinesas.

### **7.5. *Circovirus porcino tipo 2 e síndrome multisistémica de adelgazamento post desteta***

O circovirus porcino tipo 2 (PCV2) e a síndrome multisistémica de adelgazamento post desteta (PMWS, post-weaning multi-systemic wasting syndrome) están relacionados entre si. Estas afeccións causan altas perdas económicas debido á perda progresiva de peso dos animais que pode levar á morte. Aínda que existe controversia a nivel científico de se o PCV2 e a PMWS están ou non mediados pola xenética, varios estudos encontraron diferenzas na mortalidade post desteta debido á PMWS en leitóns cruzados Large White x Duroc (ata 26,3 %) comparado cos leitóns Large White x Pietrain (ata 5,9 %) e Pietrain puros (ata 2,1 %), aínda que outras investigacións contradín que os Pietrains presenten este efecto protector fronte á enfermidade. Outros estudos foron encontrando diferentes resultados en función das razas testadas. Á vista dos resultados parece que a xenética si xoga un papel importante no desenvolvemento da infección por PCV2 e no desenvolvemento de PMWS, permitindo que algúns porcos sexan capaces de loitar contra a enfermidade e repoñerse mentres que outros sofren procesos desfavorables.

### **7.6. *Enfermidade de Aujeszky***

A enfermidade de Aujeszky ou pseudorrabia (PRV) está ocasionada por un herpesvirus que presenta sintomatoloxía nerviosa, respiratoria e reprodutiva. Aínda que se desenvolveu rapidamente a vacina, un estudo posterior deixou en evidencia que a eficacia da vacina varía en función da raza. Ademais, encontráronse diferenzas na resistencia ou susceptibilidade á infección por PRV entre as razas Large White e a Meishan. O estudo que reflicte estes datos amosa que a pesar de que todos os porcos desenvolveron febre, ningún porco da raza Meishan sufriu síntomas neurolóxicos, morreu ou foi eutanasiado mentres que os da raza Large White, e os cruzamentos  $F_1$  e  $F_2$  entre Large White e Meishan si sufriron baixas ou síntomas graves.

### **7.7. *Diarreas neonatais por *Escherichia coli****

Unha boa parte das diarreas neonatais en porcino están causadas por *Escherichia coli* (*E.coli*). A capacidade das *E. coli* enteropatoxénicas (EPEC) ou enterotoxixénicas (ETEC) para adherirse aos enterocitos é fundamental para iniciar a infección. A unión das bacterias á mucosa do intestino delgado realízase por medio de fimbrias adhesivas. A maioría das diarreas neonatais son causadas por cepas de *E. coli* con fimbrias tipo F4. Fai 50 anos describiuse que existe influencia xenética na resistencia ás cepas ETEC, e posteriormente determinouse que se trataba dunha herdanza de tipo dominante para o receptor F4ac. Se ben, realmente non está claro o número de loci implicados no caso da resistencia para os receptores F4ab e F4ac. Algúns estudos suxiren que se trata dun modelo cun só locus implicado mentres que outros indican que existen dous loci implicados moi próximos entre si. Estímase que o receptor F4ac está ligado ao locus da transferrina no SSC13.

Nicholas (2010) explica que non todos os porcos son susceptibles ao antíxeno F4, só aqueles que presentan receptores F4 nas paredes intestinais, os que non os presentan son resistentes. Estes animais carentes dos receptores F4, e polo tanto resistentes á enfermidade, son homocigotos recesivos (ss) para este xene autosómico. Os animais susceptibles á enfermidade presentan o alelo dominante S, sendo homocigotos dominantes (SS) ou heterocigotos (Ss).

Os leitóns acabados de nacer dependen da capacidade maternal da porca, incluídos os anticorpos e células inmunitarias proporcionadas a través do costro e do leite. As porcas que non presentan o receptor producen menores niveis de anticorpos fronte ao F4 por exposición natural ou debido á vacinación ou inmunización. O maior risco de diarrea preséntano aqueles leitóns susceptibles fillos de porcas que non presentan o receptor. Un estudo demostrou que o 74 % dos leitóns que portan o alelo asociado coa susceptibilidade mostraron diarrea despois de 1 día de exposición oral á F4ac ETEC, comparado co 20 % dos porcos nos que este alelo estaba ausente.

### 7.8. Enfermidade dos edemas

A enfermidade dos edemas está causada con frecuencia por cepas de *E. coli* con fimbrias do tipo F18. Que causan danos nas paredes vasculares de moitos tecidos como cerebro, estómago, intestinos e pulmóns dando como resultado unhas altas perdas por morbilidade e mortalidade. A frecuencia de aparición desta enfermidade varía entre países, pero tamén entre poboacións e razas.

Os estudos demostraron que a susceptibilidade á colonización por *E. coli* de tipo F18ab+ presenta herdanza dominante. Os estudos desenvolvidos localizan o locus de resistencia a F18ab no SSC6 cerca dos xenes que codifican o grupo sanguíneo e o receptor de rianodina para o halotano (RYR).

A resistencia ao F18 ligouse con 2 xenes da alfa-fucosiltransferase (FUT1 e FUT2) que codifican as enzimas que catalizan a produción do antíxeno do grupo sanguíneo. A maioría dos porcos homocigotos FUT1<sup>A</sup> non expresan os antíxenos H ou A, e polo tanto, non permiten a adherencia de *E. coli* F18+. En estudos experimentais infectáronse os porcos con cepas de *E. coli* tipo F18 e a maioría dos porcos susceptibles xeneticamente (FUT1<sup>GA</sup> e FUT1<sup>GG</sup>) desenvolveron a diarrea mentres só 1 dos 17 porcos resistentes (FUT1<sup>AA</sup>) desenvolveu a patoloxía.

### 7.9. Infeccións por *Salmonella* spp

A prevalencia da salmonelose pode reducirse substancialmente sen necesidade de implicar a xenética, pero os programas de control son caros e unha mellora na resistencia xenética podería ser beneficiosa.

Nos ratos, documentouse que existe asociación entre o polimorfismo Nramp e a resistencia ou susceptibilidade á infección por *Salmonella* spp. Os ratos co alelo Nramp1 son susceptibles á infección por *S. Typhimurium*. O xene Nramp1 tamén se identificou na especie porcina no SSC15, e ademais revelouse que existen diferenzas

alélicas entre razas, pero aínda non se puido comprobar a asociación entre este xene e a enfermidade en porcino.

## 8. Valoración xenética de reprodutores e selección xenética

Un paso esencial en calquera programa de mellora xenética é a definición dun obxectivo global ou prioritario de mellora. Isto engloba os caracteres de interese, a dirección da mellora e o peso relativo de cada carácter. Ao comezo da mellora xenética o interese das asociacións raciais era manter as características da raza e a selección dirixíase case exclusivamente a caracteres externos. Ao longo dos anos, as organizacións de cría enfocaron os seus obxectivos globais a reducir os custos da produción porcina e na calidade da carne producida en termos de procesado e gustos do consumidor. Como xa se mencionou nos apartados 3.1., 3.2. e 3.3., a mellora xenética no porcino realízase no núcleo de selección en base a liñas paternas e maternas, cos seus propios obxectivos de selección en raza pura e que á súa vez buscan a complementariedade nos futuros cruzamentos que se levarán a cabo ao longo da cadea produtiva.

Hai que ter en conta que o progreso xenético está condicionado polo número de caracteres a considerar, de tal xeito que o progreso xenético é inversamente proporcional ao número de caracteres incluídos no obxectivo de cría, e que poden existir caracteres correlacionados negativa ou positivamente entre eles. Polo tanto, hai que escoller os caracteres a incluír no obxectivo de cría con especial atención.

A escolloa dos obxectivos de cría e a súa exitosa aplicación deu como resultado a mellora xenética de caracteres de alta importancia económica como a GMD, a graxa dorsal, a eficiencia alimentaria e o tamaño da camada, especialmente nas últimas décadas. Porén, isto non é suficiente de cara ao futuro. Os obxectivos terán que incorporar de aquí en diante, e de feito xa está acontecendo, outros caracteres que son de interese para o conxunto da sociedade, como p. ex. a mellora da calidade e seguridade alimentaria da carne e a saúde e o benestar animal, así como o impacto medio ambiental da produción porcina.

### 8.1. Selección xenética tradicional

A selección dos mellores exemplares nos núcleos de elite das liñas xenéticas puras implica a predición dos valores xenéticos aditivos ou valores mellorantes dos candidatos á selección. Na actualidade as compañías de mellora xenética porcina utilizan como predictor o BLUP, que se desenvolveu nos anos 70 do século pasado, e cuxo uso se estendeu nos anos 80, sendo o procedemento de elección desde ese momento. Porén, ao longo da década pasada introducíronse os procedementos de selección xenómica.

Para realizar valoracións xenéticas empregando BLUP é necesario recoller a información fenotípica individual, sempre e cando estea dispoñible. No caso dos caracteres que se recollen tras o sacrificio só os teremos nos animais destinados a matadoiro; e a información dos seus parentes, ponderada polo grao de parentesco.

A metodoloxía BLUP utilízase para estimar os valores xenéticos ou de cría dos candidatos á selección separadamente dos efectos ambientais. O BLUP proporciona as ferramentas para corrixir os factores ambientais que afectan ao fenotipo. Os efectos ambientais divídense en efectos fixos (sexo, grupo de contemporáneos, orde de parto) e aleatorios (porca ou camada).

Unha vez realizada a valoración xenética dos reprodutores para os caracteres de interese é necesario ponderar estas predicións de maneira adecuada para a súa inclusión no índice de selección. Este índice utilízase para establecer unha clasificación dos candidatos á selección que permita elixir aqueles individuos con mellores valores de  $\hat{I}$  (valor do índice de selección do individuo), que serán os seleccionados como reprodutores da seguinte xeración, de tal xeito que maximicen a resposta nos obxectivos de selección.

$$\hat{I} = w_1 \hat{a}_1 + w_2 \hat{a}_2 + \dots + w_n \hat{a}_n$$

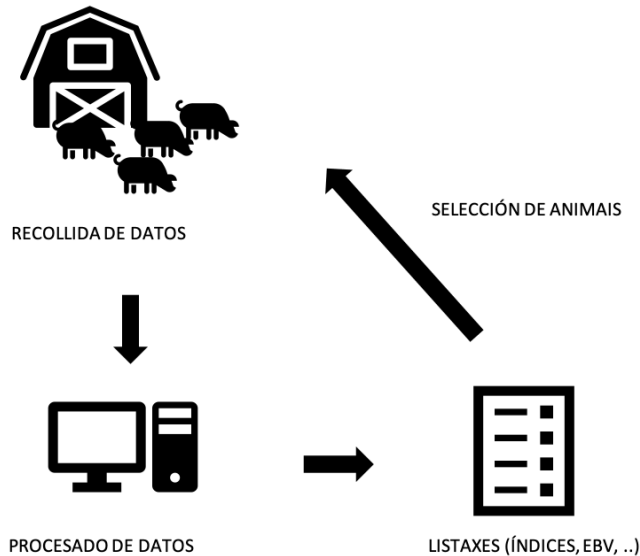
$\hat{I}$ : valor do índice de selección do individuo;  $\hat{a}_i$ : predición do valor mellorante para o carácter  $i$ ;  $w_i$ : valor económico para o carácter  $i$ .

A eficiencia do programa de selección dependerá, entre outras cousas, da precisión coa cal se estimen os valores xenéticos dos candidatos á selección. De maneira xeral, a precisión dun individuo é razoablemente boa se ten un fenotipo propio (p. ex. crecemento ou tamaño da camada) ou descendentes con fenotipo (p. ex. verrón pai de femias con fenotipo). A información proporcionada polos colaterais é menos precisa.

O proceso para a posta en funcionamento do BLUP implica:

- Recollida de datos (morfolóxicos, produtivos, reprodutivos, etc.) dunha serie de animais.
- Introducción de ditos datos no programa de mellora baseado no BLUP.
- Obtención, para cada animal, dun índice xenético: un número que estima o valor xenético dese animal para os caracteres que se determinaron, comparado co valor medio dun grupo de animais para eses mesmos caracteres.
- En base a ditos índices xenéticos, elíxense os mellores animais para as cubricións en pureza, buscando unha mellora de ditos caracteres na seguinte xeración.
- Hai que ter en conta que ditos índices xenéticos van variando ao longo da vida do animal, xa que se vai recollendo información tanto súa coma dos seus parentes (Figura 22).

Figura 22. Proceso de mellora xenética (modificado Fanus, 2004)



EBV: valores xenéticos estimados.

Vantaxes que ten o BLUP respecto a anteriores métodos de selección:

- Permite separar, en grande medida, a parte da expresión do carácter seleccionado que é debida ao medio ambiente (manexo, instalacións, etc.), da que é debida á xenética do animal. Aínda así, os caracteres que se ven moi influenciados polo medio ambiente son máis difíciles de seleccionar.
- Para calcular o índice xenético do animal, usa os datos de todos os seus parentes: ascendentes (pais, avós, tíos, ...), descendentes (fillos, etc.) e colaterais (irmáns, medios irmáns, ...), co que a estimación é moito máis exacta.
- Permite comparar animais de distintas granxas, con distintos manexos, sempre que estes animais estean relacionados con algún grao de parentesco.

A selección xenética tradicional permitiu estimar os valores xenéticos para determinados caracteres dos individuos candidatos á selección e incorporar estes valores nun índice de selección multicarácter para identificar os individuos máis próximos aos obxectivos de selección. Aínda que esta metodoloxía conduciu a grandes melloras nos rendementos de certos caracteres tamén presenta importantes limitacións:

- Algúns caracteres presentan baixa herdabilidade (p. ex. caracteres reprodutivos ou caracteres relacionados coa supervivencia e a resistencia a enfermidades). Isto limita a precisión e eficiencia na selección e polo tanto na mellora xenética destes caracteres.
- Algúns caracteres só poden medirse nun único sexo (p. ex. caracteres de reprodución da femia).

- Algúns caracteres rexístranse de xeito tardío ou nunha idade avanzada do animal (p. ex. produtividade numérica ou produción vitalicia da femia). De cara a medir estes caracteres ou ben aumentamos os intervalos xeracionais no caso de esperar a poder medir o fenotipo nos animais candidatos ou ben reducimos a precisión de selección, se tomamos decisións antes de poder medir o fenotipo.
- Algúns caracteres non se poden medir directamente nos individuos candidatos á selección (p. ex. calidade da canal e da carne) pois requiren sacrificar o animal. No caso destes caracteres, a avaliación xenética realízase en base aos fenotipos dos seus parentes sacrificados; isto limita a precisión e a intensidade da selección, pois moitos individuos que poderían ser potenciais candidatos á selección son sacrificados.
- Algúns caracteres son custosos ou difíciles de medir (p. ex. a resistencia a enfermidades). A resistencia a enfermidades non pode medirse directamente nos candidatos á selección porque estes encóntranse no núcleo de selección, nun ambiente habitualmente libre da maioría de enfermidades que afectan aos porcos en ambientes de produción. Esta categoría inclúe o problema das interaccións xenotipo – medio ambiente que existen entre o ambiente cun alto nivel de saúde das granxas do núcleo (razas puras) e o ambiente de produción (animais cruzados) que afecta ao rendemento de moitos caracteres. Isto pode paliarse, en certo modo, recollendo datos fenotípicos da proxenie cruzada que se atopa nos ambientes de produción, porén isto é caro e limita a precisión da selección, implicando altas taxas de consanguinidade e intervalos xeracionais máis longos.

A énfase posta nos parentes en moitas das situacións anteriormente descritas leva a un aumento na taxa de consanguinidade dentro das liñas de selección. A selección tende a realizarse dentro de familias concretas máis do que sobre o individuo dando como resultado individuos cada vez máis emparentados e un aumento da consanguinidade.

Coa posta en marcha da xenética molecular nos anos 80 e 90, en particular co descubrimento de novos polimorfismos no ADN, xurdiron perspectivas de superar as limitacións da selección baseada nos fenotipos para dar lugar a unha selección directamente baseada no xenotipo do individuo en base a xenes ou marcadores xenéticos asociados a un determinado carácter de interese. Foi así como se comezaron a utilizar como marcadores xenéticos os QTLs, ferramenta actualmente en desuso coa chegada dos marcadores SNP.

## **8.2. Selección xenómica**

A caracterización sistemática e mapeo do xenoma porcino comezou ao final dos 80 e principios dos 90. O proxecto Pig Gene Mapping Project (PiGMaP) financiado pola Unión Europea constituíu o primeiro esforzo coordinado internacionalmente de mapear o xenoma porcino, sendo a primeira especie animal de gandería en completar e establecer o mapa xenético.

Desde os anos 80-90 utilízase a selección asistida por marcadores de ADN, estes foron incorporados ao modelo BLUP. En torno ao ano 2009, apareceron uns novos marcadores xenéticos, os SNPs, que aportaron un importante número de marcadores xenéticos anónimos. Actualmente o chip de SNPs máis usado en porcino contén 64.232 marcadores, a maior parte deles sen unha función biolóxica coñecida. No ano 2001 describiuse o procedemento para utilizar a estatística Bayesiana co fin de relacionar estes marcadores con caracteres do fenotipo. Seguindo as técnicas xa desenvolvidas para o vacún de leite, permitiuse desenvolver estudos de asociación de xenoma completo (GWAS, en inglés Genome-Wide Association Study).

En porcino o procedemento máis utilizado é o GBLUP (BLUP xenómico), que é similar ao BLUP, onde se substitúen as relacións de parentesco xenealóxico polo denominado parentesco xenómico. O parentesco xenómico calcúlase a partir dos marcadores SNP e pode combinarse co parentesco xenealóxico entre os animais non xenotipados. A vantaxe do parentesco xenómico fronte ao xenealóxico é que é máis próximo á realidade e, polo tanto, permite aproximar a cantidade de xenoma compartido por descendencia entre os individuos, aplicando deste xeito, o GBLUP, unha ponderación da información dos parentes máis próxima á real. Isto permite, por exemplo, discriminar entre irmáns completos xa que non todos teñen o mesmo parentesco xenómico entre si; sendo de vital importancia na mellora xenética do porcino onde a selección se realiza entre membros de familias de irmáns completos. De tal xeito que a falta de información sobre o fenotipo propio para un determinado carácter todos os irmáns completos terían o mesmo valor predictivo usando un BLUP tradicional, e polo tanto, serían indistinguibles. Porén, utilizando a selección xenómica é posible identificar os mellores individuos dentro de cada camada.

Existen varios factores que posibilitan que os programas de mellora xenética de porcino poidan propoñer o uso da xenómica para as avaliacións xenéticas:

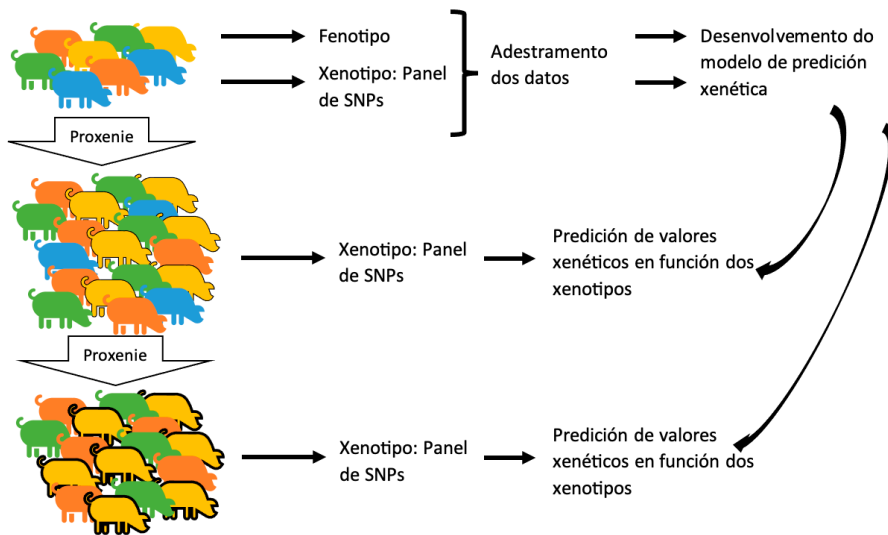
- Dispónse dun número suficientemente grande de marcadores SNP que cobren practicamente todo o xenoma, a un prezo cada vez máis económico.
- Dispónse da secuenciación e identificación dun número elevado de polimorfismos (maioritariamente SNPs). Algún dos marcadores estará en desequilibrio de ligamento cos polimorfismos que causan a variabilidade xenética nos caracteres de interese, é dicir, en asociación estatística cos verdadeiros xenes (descoñecidos) que interveñen na expresión do carácter.
- Un estudo de asociación cun número grande de individuos fenotipados nunha poboación de testaxe para os caracteres de interese permitirá reconstruír o valor mellorante dos candidatos á reprodución a partir da suma dos efectos estimados dos SNPs.
- O desenvolvemento de métodos estatísticos e informáticos que permiten estimar os efectos de millares de marcadores nun número limitado de individuos cun custo de cómputo razoable.

A selección xenómica é unha versión avanzada da selección asistida por marcadores que engloba a selección de animais en base ao seu xenotipo en función dos SNPs localizados no seu xenoma. A asociación de cada SNP co seu fenotipo estímase utilizando modelos de xenética cuantitativa acompañados dunha estatística sofisticada.



O primeiro paso é recoller os datos fenotípicos e mostras de ADN dun grupo suficientemente amplo de individuos que estean fenotipados para un carácter, ou que teñan proxenie fenotipada. As mostras de ADN xenotíparanse utilizando un chip de SNPs. Os datos resultantes utilizaranse para adestrar o modelo estatístico co fin de estimar o efecto de cada SNP sobre cada carácter fenotípico. A estimación de cada SNP está baseada na comparación da media de fenotipos dos individuos que teñen diferentes marcadores xenéticos a nivel de SNP. No caso da selección xenómica este procedemento faise simultaneamente para todos os marcadores presentes no chip de SNPs. As estimacións resultantes poden usarse para predicir o valor G-EBV (valores xenéticos estimados mediante xenómica, en inglés genomic estimated breeding values) dos novos individuos en base ao seu xenotipo (Figura 23).

**Figura 23. Pasos na selección xenómica (modificado de Dekkers et al., 2011)**



SNP (polimorfismo dun só nucleótido, en inglés single nucleotide polymorphism).

Polo tanto, na selección xenómica, en contraste cos métodos de selección convencionais, o fenotipo pode usarse para estimar non só o valor xenético do animal propiamente ou dos seus parentes, senón tamén o de individuos cos que non ten ningunha relación de parentesco. Polo tanto, a necesidade de recoller os fenotipos dos candidatos á selección ou dos seus parentes próximos desaparece, de xeito que os fenotipos recollidos poden utilizarse para a estimación do valor xenético ao longo de diferentes familias e xeracións, e incluso de diferentes poboacións ou razas. Se ben cando a selección xenómica se quere usar en distintas razas require que os paneis de SNPs sexan máis amplos que cando os imos usar dentro dunha única raza, porque só os marcadores que están próximos aos QTLs teñen asociacións estreitas entre distintas razas.

### 8.2.1. Vantaxes do GBLUP

A vantaxe deste método é que é capaz de combinar os dous tipos de información de parentesco, a xenómica e a do pedigree. Co cal a información entre parentes pondérase máis apropiadamente coa consecuente ganancia en precisión dos valores de cría.

Cun número suficientemente grande de marcadores representativos do xenoma, este modelo alcanza unha maior precisión nos valores xenéticos que o modelo baseado na información do pedigree, xa que estima a proporción real de xenoma compartida entre individuos e non a proporción esperada, que é a que se obtén co pedigree. Outra vantaxe é que permite realizar avaliacións xenéticas conxuntas de individuos xenotipados e non xenotipados, este feito resulta de interese xa que en boa parte dos casos, os programas de mellora só dispoñen dunha pequena proporción de individuos xenotipados. Tamén permite facer avaliacións xenéticas de múltiples caracteres simultaneamente.

As vantaxes que se atribúen á selección xenómica noutras especies gandeiras como o vacún de leite non son, *a priori*, tan evidentes en porcino, onde o intervalo xeracional é relativamente curto e a presión de selección elevada.

Aínda así, hai diversas situacións en porcino en que a selección xenómica pode mellorar a precisión dos valores xenéticos. Particularmente naqueles caracteres onde a selección xenética tradicional presenta importantes limitacións, resultando de grande utilidade a súa aplicación en caracteres que:

- Presentan unha herdabilidade baixa (p. ex. fertilidade, prolificidade, mortalidade dos leitóns).
- Están medidos nun número de animais limitado (p. ex. caracteres medidos nun só sexo coma os reprodutivos ou caracteres de resistencia a enfermidades).
- Rexistrados a idade avanzada (p. ex. lonxevidade ou produtividade numérica).
- Rexistrados tras o sacrificio do animal ou nas canais dos seus parentes (p. ex. calidade da canal ou da carne).
- Son custosos e/ou difíciles de medir no propio individuo ou de xeito rutineiro (p. ex. calidade da carne e rendemento á canal, resistencia a enfermidades, olor sexual, comportamento e benestar animal, etc.).

En definitiva, a selección xenómica é capaz de explotar mellor a variación xenética existente dentro de cada camada dando valores de cría máis precisos e unha taxa de consanguinidade menor ao estimar a proporción real de xenoma compartido entre individuos.

### 8.2.2. Xenómica aplicada aos cruzamentos

Na industria da cría porcina, a selección para caracteres economicamente importantes faise tradicionalmente a través da avaliación dos porcos de razas puras que se atopan no núcleo de selección pero o obxectivo é mellorar a eficiencia dos

porcos cruzados que se atopan a nivel do rabaño comercial. Como xa se comentou anteriormente medir os caracteres de calidade da canal e da carne é difícil, custoso e só se pode realizar *post mortem*. Deste xeito, a selección de porcos puros en base aos cruzamentos podería ser útil para mellorar a produtividade e a calidade da carne nos rabaños comerciais cruzados.

Na práctica, o éxito da selección en base á información dos animais puros depende das correlacións xenéticas entre os fenotipos recollidos nos porcos puros e cruzados ( $r_{pc}$ ) que é o parámetro clave que determina a necesidade de ter acceso á información dos cruzamentos. Habitualmente utilizábase unha matriz de relacións de parentesco baseada no pedigree, os requirimentos necesarios para estimar as  $r_{pc}$  poden estimarse en parte, substituíndo a matriz de pedigree por unha matriz de parentesco xenómico baseada na utilización de SNPs en animais puros e cruzados.

Publicacións recentes demostran que utilizar os datos obtidos nos animais cruzados mellora a eficiencia dos cruzamentos comparado con tomar os datos só nas razas puras. No estudo desenvolvido por González-Diéguez et al. (2020) conclúese que aplicar un modelo de avaliación xenómica que ten en conta simultaneamente o fenotipo e o xenotipo dos animais puros e cruzados e os efectos aditivos e de dominancia mellora a eficiencia dos animais cruzados a unha maior velocidade que os modelos que consideran soamente os datos dos animais puros; sendo unha estratexia máis eficiente nos casos en que a correlación xenética entre os animais puros e os cruzamentos é baixa, o que permite aproveitar a heterose e o rendemento comercial dos animais cruzados.

### *8.2.3. Xenómica aplicada á resistencia a enfermidades e aos caracteres de interese produtivo*

O uso da selección asistida por marcadores xenéticos aplicouse por primeira vez nun rabaño comercial de porcino en torno aos anos 90 ao facerse dispoñible o test Hal-1843, relacionado coa identificación do xene halotano, directamente relacionado coa SSP. Este test permitía seleccionar contra un alelo mutante recesivo que causa hipertermia maligna. O uso deste test estendeuse por tres razóns:

- A susceptibilidade a esta enfermidade está controlada por un único xene.
- A selección tradicional fronte a esta enfermidade implica a testaxe fronte ao halotano que implica un grande traballo.
- Ao ser este alelo recesivo, a selección tradicional implica a testaxe da proxección que é un proceso lento e caro.

Isto fixo que o test Hal-1843 fora un éxito, pois trátase dunha técnica simple e 100 % efectiva.

Nos últimos 25 anos medrou o interese en utilizar a información molecular nas avaliacións xenéticas. No porcino existen algúns xenes maiores ou marcadores en desequilibrio de ligamento de interese comercial como p. ex. a rianodina (RYR1 ou halotano, localizado no SSC6) e o xene PRKAG3 (rendemento Napole), que son os dous xenes cun efecto maior na calidade da carne.

A información destes xenes maiores de efecto coñecido pode incorporarse nas avaliacións xenéticas mediante o uso do BLUP. As aplicacións na mellora dos xenes maiores ou QTLs redúcese a uns poucos casos porque a maioría dos caracteres de interese en produción son de natureza cuantitativa e a súa expresión fenotípica depende dun grande número de xenes de efecto menor.

Nos últimos anos fíxose un amplo esforzo de investigación na localización de xenes que poidan afectar aos caracteres de interese. Deste xeito, mediante o GWAS, ferramenta que permite identificar as variantes xenéticas hereditarias relacionadas co risco dunha enfermidade ou dun carácter específico; identificáronse 18 SNPs nos SSC1, SSC2, SSC3, SSC6, SSC15, SSC16 e SSC17 e un QTL no SSC1 relacionados co número de leitóns nados mortos. No caso do número de mamas identificáronse utilizando GWAS 65 SNPs nos SSC1, SSC2, SSC6, SSC9, SSC11 e SSC14 e varios QTL nos SSC7, SSC8 e SSC12. Noutro estudo encontraron 71 QTLs relacionados co número de mamas, localizados en todos os cromosomas excepto no SSC14 e SSC18.

As táboas 16, 17 e 18 mostran un resumo dos QTLs implicados nos caracteres reprodutivos no macho e na femia, así como a súa localización dentro do ADN porcino.

**Táboa 16. QTLs (Loci de Trazo Cuantitativo) para os caracteres reprodutivos no macho (modificado de Bidanel, 2011)**

Carácter	Cromosoma porcino	Poboación
Duración da exaculación	6, 7	DUxER
Tempo de exaculación	6, 16, 17	DUxER
Peso do epidídimo a:		
90 días de idade	2	DUxER
180 días de idade	3, 4, 10, 13, 15	LWxMS
300 días de idade	3, 7	DUxER
Lonxitude das glándulas bulbo-uretrais	1, 3, 7, 13	LWxMS
Nivel de FSH no plasma	3, 10, X	WCxMS
Nivel de testosterona no plasma	7, 13	DUxER
Volume seminal	3, 15, 18	DUxER
Diámetro dos túbulos seminíferos a:		
90 días de idade	5, 13, 14, X	DUxER
300 días de idade	16	DUxER
Peso das vesículas seminais	1, 3, 4, 7, 11, 15, 16, X	LWxMS
Taxa de anormalidade espermática	4, 9	DUxER
Concentración espermática	17	DUxER
Motilidade espermática	4	DUxER
pH espermático	2, 6, 9	DUxER

Carácter	Cromosoma porcino	Poboación
Peso testicular a:		
60 días de idade	3, X	DUxMS
90 días de idade	1, X	DUxER
180 días de idade	4, 7, 10, 13, 17, X	LWxMS
220 días de idade	X	WCxMS
300 días de idade	1, 5, 7, X	DUxER

DU: Duroc; ER: Erhualian; LW: Large White; MS: Meishan; WC: cruzamento de razas de porco branco europeo, en inglés White European breed cross; FSH: hormona estimuladora dos folículos, en inglés follicle stimulating hormone.

**Táboa 17. QTLs (Loci de Trazo Cuantitativo) para os caracteres reprodutivos na femia (modificado de Bidanel, 2011)**

Carácter	Cromosoma porcino	Poboación
Idade á puberdade	1, 4, 6, 7, 13	LWxMS
	7, 8, 12, 15	LWxLR
	1, 10	WCxMS
	1, 7, 8, 17	DUxER
Taxa de ovulación	4, 5, 7, 9, 13	LWxMS
	4, 8, 9, 13, 15	LWxLR
	3, 8, 9, 10, 15	WCxMS
	3	DUxMS
	7, 8, 15	YOxMS
Número de embrións	9, 12, 18	LWxMS
Capacidade uterina	8	WCxMS
Duración da xestación	1, 9, 15	YOxMS
Número de fetos momificados	2, 6, 12	LWxLR
Total leitóns nados	11	LWxLR
	7, 12, 14, 17	LW/LRxMS
	8	LWxMS
	7, 15	DUxER
	13, 17	IBxMS
	6	YOxMS
Número de leitóns nados mortos	5, 12, 13, 14	LWxLR
	7, 8	DUxER
	6, 11, 14	LWxLR
	4	YOxMS
Número leitóns nados vivos	11	LWxLR
	6, 15	DUxER
	13, 17	IBxMS
	7, 16, 18	LW, LR

DU: Duroc; ER: Erhualian; IB: Porco Ibérico; LR: Landrace; LW: Large White; MS: Meishan; WC: cruzamento de razas de porco branco europeo, en inglés White European breed cross; YO: Yorkshire.

**Táboa 18. Xenos candidatos asociados cos caracteres reprodutivos das femias en porcos (moficado de Bidanel, 2011)**

Xene	Cromosoma porcino	Caracteres	Poboación
ESR1	1	NT leitóns nacidos, NT nacidos vivos	MSxSL; LW
		NT leitóns nacidos, NT nacidos vivos, N tetos	LW
		NT leitóns nacidos, NT nacidos vivos	LWxMS
		NT leitóns nacidos, NT nacidos vivos	SL
PAX5	1	Idade á puberdade	DU/LRxCW
FSHB	2	NT leitóns nacidos, NT nacidos vivos	YOxER
		N destetados, peso da camada á desteta, duración da xestación	LWxMS
EPOR	2	Capacidade uterina	Cruzamento de 4 vías
LEPR	6	Tamaño da camada	YO; DU
FUT1	6	NT leitóns nacidos, NT nacidos vivos	PBP
		NT leitóns nacidos, NT nacidos vivos	(LWxLR)xLE
RNF4	6	NT leitóns nacidos, NT nacidos vivos	QP
BF	6	NT leitóns nacidos, NT nacidos vivos	(LWxLR)xLE
GNRHR	8	Taxa de ovulación	MSxLW
OPN	8	NT leitóns nacidos, NT nacidos vivos	SL
LIF	8	NT nacidos vivos	LR; LW
AKR1C2	10	Idade á puberdade, taxa de ovulación, N tetos	¼ MS
RBP4	14	NT leitóns nacidos, NT nacidos vivos	SL
		NT nacidos vivos	LR; LW
PRLR	16	NT leitóns nacidos, NT nacidos vivos	LW; MS; LR
		NT nacidos vivos	SL
		Idade á puberdade, taxa de ovulación, NT leitóns nacidos, NT nacidos vivos	MSxLW/LR
LEP	18	NT leitóns nacidos, NT nacidos vivos	SL
		Tamaño da camada	YO; LR
		Tamaño da camada	DU

ESR1: receptor estrógeno; PAX5: xene PAX5, en inglés paired box 5; FSHB: subunidade beta da hormona estimulante dos foliculos; en inglés follicle stimulating hormone beta; EPOR: receptor da eritropoetina, en inglés erythropoietin receptor; LEPR: receptor da leptina, en inglés leptin receptor; FUT1: fucosiltransferase 1, en inglés fucosyl transferase 1; RNF4: ring finger protein 4; BF: properdina, en inglés properdin; GNRHR: receptor da hormona liberadora da gonadotropina, en inglés gonadotrophin releasing hormone receptor; OPN: osteopontina, en inglés osteopontin; LIF: factor inhibidor da leucemia, en inglés leukaemia inhibitory factor; AKR1C2: aldo-ceto reductase 1C2, en inglés aldo keto reductase 1C2; RBP4: proteína 4 de unión ao retinol, en inglés retinol binding protein 4; PRLR: receptor de prolactina, en inglés prolactin receptor; LEP: leptina, en inglés leptin; NT: número total; N: número; DU: Duroc, ER: Erhualian; LE: Leicoma; LR, Landrace; LW: Large White; MS: Meishan; PBP: Prestice Black Pied; QP: Qingping; SL: liña sintética, en inglés synthetic line; YO: Yorkshire.

Respecto á composición da canal identificáronse QTLs asociados ao longo de todo o xenoma porcino, sendo polo tanto de natureza polixenética. En canto á calidade da carne, o olor ou sabor sexual, presente nos machos sen castrar, está causado maioritariamente polos altos niveis de androsterona e escatol no tecido adiposo. Suxeriuse que nas poboacións de Large White este carácter está determinado por un

xene maior que controla o nivel de androsterona na graxa. Os diversos estudos desenvolvidos acerca deste tema mostran localizacións diferentes a nivel xenómico para explicar os distintos niveis de androsterona. Un grupo de investigadores localizou QTLs nos SSC3, SSC7 e SSC14 que explicarían un 15 % da varianza fenotípica, porén outros estudos localizan esta correspondencia noutros cromosomas porcinos (SSC2, SSC4, SSC6, SSC7 e SSC9). No caso do escatol detectouse a nivel laboratorial unha relación cos SSC6 e SSC14.

Na táboa 19 recóllense exemplos de marcadores xenéticos e xenes con relevancia no gando porcino.

**Táboa 19. Exemplos de marcadores xenéticos e xenes utilizados no gando porcino (modificado de Dekkers et al., 2011)**

Xene	Acción do xene	Caracteres afectados
RYR1	Sensibilidade ao halotano	Crecedemento muscular, estrés porcino, calidade da carne
RN	Rendemento Napole	Calidade da carne
ESR	Receptor de estróxeno	Tamaño da camada
PRLR	Receptor de prolactina	Comportamento maternal e tamaño da camada
RBP4	Proteína ligadora do retinol	Tamaño da camada
MC4R	Receptor de melanocortina 4	Crecedemento muscular, engraxamento, consumo de alimento
IGF2	Factor de crecedemento similar á insulina tipo 2	Crecedemento muscular e tamaño da camada
HFABP/AFABP		Graxa intramuscular
c-KIT	Receptor c-KIT	Cor de pelo e pel
MC1R	Receptor de melanocortina 1	Cor de pelo vermella/negra
PRKAG3	Subunidade gamma-3 da proteína quinase activada AMP	Calidade da carne
HMG1	Proteína do grupo de alta mobilidade HMG-I/HMG-Y	Espesor da graxa dorsal
CCKAR1	Receptor de colecistoquinina tipo A	Consumo de alimento e crecedemento
CAST	Inhibidor da calpaína	Tenreza
EPOR	Eritropoetina	Tamaño da camada
F18		Diarrea por <i>Escherichia coli</i>
K88		Diarrea por <i>Escherichia coli</i>

#### 8.2.4. Xenómica aplicada ao comportamento e benestar animal

O benestar animal está adquirindo cada vez máis relevancia a nivel social, por iso ten importancia encontrar xenes asociados a caracteres que teñen unha influencia positiva no benestar dos animais de produción.

Nos últimos tempos atopáronse asociacións entre o xenoma e o comportamento dos animais, como p. ex. nos eidos da alimentación, a agresividade e o comportamento maternal. Esta nova ferramenta podería usarse para mellorar o benestar animal en base á arquitectura molecular do comportamento utilizando análises QTL. Coñecer ben o mecanismo molecular do comportamento pode axudarnos a evitar problemas de agresión, adaptación ambiental e benestar porcino. Por exemplo, o tempo que pasan fozando está determinado por 2 QTLs localizados nos SSC7 e SSC9, a actividade relacionada con andar está determinada por 2 QTLs dos SSC7 e SSC8, o comportamento social está influenciado por varios QTLs localizados nos SSC6, SSC7, SSC11, SSC12 e SSC13. Os indicadores de comportamento nos porcos en condicións de saúde e enfermidade subclínica, aguda e crónica están influenciados por múltiples xenes.

Os caracteres relacionados coa alimentación están localizados en numerosos xenes polo que os investigadores propoñen un modelo de herdanza polixenética para caracteres como a GMD, o consumo diario de alimento, o IC, o tempo diario de alimentación, o consumo medio en cada visita ao comedero, etc. No caso do consumo de auga, tamén de natureza polixenética, localízase principalmente en 6 QTLs localizados no SSC5.

No caso do comportamento maternal, algúns grupos de investigación encontraron relación entre varios xenes localizados nos SSC2 e SSCX e o canibalismo (infanticidio materno) mostrado polas porcas coas súas camadas.

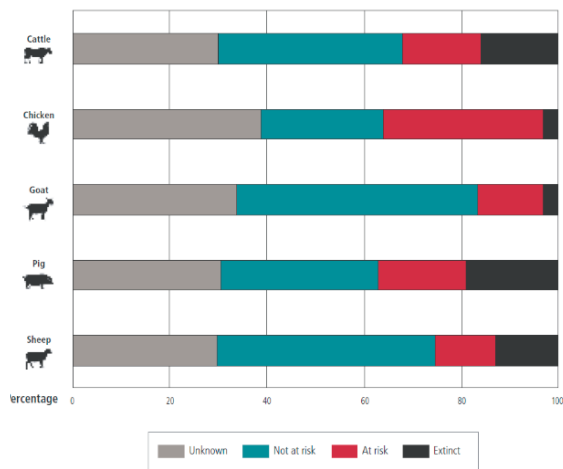
Finalmente, tamén se encontrou relación xenética entre os caracteres que determinan as reaccións emocionais e as características produtivas importantes. Encontrouse un efecto xenético significativo para o nivel de cortisol basal e post estrés no SSC7, que explica entre un 7 e un 20 % da varianza fenotípica. Outros xenes con efectos significativos nas medidas biolóxicas detectáronse nos SSC1 e SSC17, en relación coa resposta á ACTH (Hormona adrenocorticotropa), e nos SSC3, SSC5 e SSC8 en relación cos niveis de glicosa.

### 9. Diversidade xenética e conservación de razas autóctonas

A conservación dos recursos xenéticos é de vital importancia para permitir responder ás futuras necesidades da industria e dos consumidores. Actualmente en Europa existen numerosas razas locais, con censos pequenos, e unhas poucas razas altamente seleccionadas de carácter internacional (p. ex. Large White, Landrace, Pietrain, etc.). Por este motivo, é importante coñecer e preservar as razas autóctonas xa que poden portar caracteres que sexan de interese nos programas de selección xenética actual e futuros (Figura 24).



Figura 24. Estado de risco de extinción das razas gandeiras, entre elas o porcino (FAO, 2007)



Actualmente sábese que a diversidade xenética no porcino, coma noutras especies de gandería, é un recurso de máxima importancia. A diversidade do capital xenético, entendida como a variación xenética, é un pre-requisito para a mellora produtiva do porcino, porque a variación é o material co que o criador traballa. A variación xenética nas poboacións de porcino permite manter a viabilidade dos animais fronte á depresión consanguínea. Ademais, a conservación da variabilidade xenética é necesaria para permitir unha evolución en resposta aos cambios medio ambientais e para manter a viabilidade das poboacións.

As razas autóctonas, se ben posúen uns caracteres produtivos inferiores ás razas foráneas melloradas, presentan en cambio unha grande adaptación ao medio local, unha grande resistencia e unha mellor disposición para a produción extensiva ou semiextensiva, empregándose polo tanto para aproveitar os recursos infrautilizados e para a obtención de produtos de grande calidade, moi valorados nos mercados locais e nacionais.

A conservación dos recursos xenéticos entendidos como o mantemento da diversidade xenética entre razas, pódese conseguir a través do mantemento dos animais vivos (conservación *in vivo*) ou da criopreservación (conservación *in vitro*) (Táboa 20). A conservación *in vivo* pódese levar a cabo *in situ* p. ex. en rabaños comerciais ou *ex situ*, p. ex. en centros públicos destinados á conservación de razas; aínda que esta distinción ás veces non é clara. Os bancos xenéticos de animais vivos ofrecen boas oportunidades para controlar a deriva xenética e a consanguinidade.

**Táboa 20. Actividades de conservación do porcino por rexión no mundo (modificado de Ollivier and Foulley, 2011)**

	África	América		Asia e Pacífico	Europa
		Sudamérica e Caribe	Norteamérica		
Número de razas locais/regionais	51	70	19	243	182
Número de razas conservadas <i>in vivo</i>	6	2	0	60	28
Número de razas conservadas <i>in vitro</i>	0	7	18	92	47
% de razas conservadas <i>in vitro</i>	0	10	94,7	37,9	25,8

### 9.1. O Porco Ibérico (El Cerdo Ibérico)

O Porco Ibérico representa a agrupación máis importante dentro das razas autóctonas españolas, sendo unha das máis importantes a nivel mundial. Deriva do *Sus mediterraneus* e está adaptado á zona de devesa. Nos anos 60 do século XX sufriu unha profunda crise que provocou a perda dunha importante variabilidade xenética. A recuperación comezou de novo no ano 1985. A asociación de produtores que se encarga da súa protección e selección é AECERIBER (Asociación Española de Criadores de Cerdo Ibérico).

Está distribuído fundamentalmente por Andalucía Central e Occidental e Estremadura (85-90 % do censo). Considérase que existen 5 variedades oficiais puras (Táboa 21). En canto á morfoloxía trátase dun animal de perfil recto ou lixeiramente subcónico, con orellas de tamaño medio caídas, escasa morfoloxía carniceira, abundante graxa e extremidades finas.

**Táboa 21. Variedades de Porco Ibérico recoñecidas oficialmente pola agrupación ibérica (modificado Sañudo-Astiz, 2011; MAPA, 2021)**

	Lampião	Retinta	Torbiscal	Manchado de Jabugo	Entrepelado
<b>Localización xeográfica</b>	Estremadura. Pocos exemplares	Toda a área de ibérico. O máis numeroso	Toda a zona da agrupación. Pouco censo	Norte de Huelva Moi poucos exemplares	Estremadura e Córdoba. Poboación reducida
<b>Aspecto xeral</b>	Menor precocidade e desenvolvemento corporal, tendencia a un maior engraxamento	Esqueleto fino e lixeiro. Máis magro que o resto de variedades	Grande alzada. Ben conformada. Moi resistentes e con maior prolificidade debido ao vigor híbrido resultante da súa orixe	Animais lonxilíneos de menor precocidade e desenvolvemento corporal	Cruzamento de Lampião con Retinto. Algo máis precoz e menos graxo co Lampião sen chegar aos niveis do Retinto. Destaca a finura da súa conformación
<b>Cor e pelo</b>	Carece de pelos ou son moi escasos e finos, deixando á luz pregamentos cutáneos característicos. Pel delgada: negro intenso e negro pálido ou lousa	Coloración retinta uniforme, pode haber variación da tonalidade. Pelos regularmente distribuídos	Capa cor lousa, con abundantes serdas. Cor de pel variable, desde tonalidades case amarelas ata retintas escuras, fociño e ventre con tonalidades rosáceas	Manchas negras irregulares en dispersión e tamaño, diseminadas polo corpo con dúas capas posibles: retinta e branca sucia ou jara	Escaso pelo e cor da pel retinta escura ou negra ao nacemento. Exemplares adultos de coloración negra

	Lampiño	Retinta	Torbiscal	Manchado de Jabugo	Entrepelado
<b>Cabeza e pescozo</b>	Cabeza ben proporcionada, con enrugas, fronte pequena, orellas amplas e caídas, fociño moi alongado, en ocasións presenta unha mancha branca característica no rodete do fociño	Cabeza de fronte ancha, fociño ben proporcionado e orellas en beirado de tellado	Orellas longas e fociño longo	Cabeza cónica, pequena en proporción á súa masa corporal. Orellas medianas e en forma de beirado de tellado. Pescozo musculado	--
<b>Dorso e lombo</b>	Prominencia na xugueira	Liña dorsal tendente á rectitude. Lombo ben desenvolvido	Dorso corrixido, con grande lonxitude e rectitude	Liña dorsal en forma de arco suave	--
<b>Cruz dos cadrís e xamóns</b>	--	Terzo posterior e xamóns ben desenvolvidos	--	--	--
<b>Ventre e xenitais externos</b>	--	--	--	Poden encontrarse exemplares con 12 mamas	--
<b>Extremidades e marcha</b>	Máis curtas, con variación de moi finas a máis grosas	--	Non presenta finura de caña e con xaspeado claro nos pezuños, incluso con despigmentación case total dos mesmos	Curtas e finas. Musculatura desenvolvida. Pezuños negros, moi comunmente con despigmentación parcial ou total	Finas
<b>Rusticidade</b>	--	Grande capacidade para o pastoreo	--	--	--

As características produtivas do Porco Ibérico, comparadas coas razas porcinas comerciais máis estendidas son as seguintes:

- Presentan grande rusticidade e capacidade de adaptación ás duras condicións ambientais da súa área tradicional de cría (pastoreo en devesa), isto repercute nunha menor velocidade de crecemento.
- Maior lonxevidade produtiva das porcas aínda tendo menor prolificidade (6,45 crías/parto).
- Graxa saudable fundamentalmente cando procede de porcos criados e engordados en extensivo.
- Maior porcentaxe de graxa intramuscular que lle confire un sabor característico.
- Maior contido de ácidos graxos monoinsaturados (oleico) na graxa.
- Grande capacidade de infiltración de graxa na súa masa muscular.

O sistema de produción é habitualmente extensivo, aínda que hai sistemas máis ou menos intensivos para a produción de leitóns ou en acabados con concentrado. Pre-

sentan unha alta eficacia no aproveitamento da devesa e os seus recursos (aciñeiras e sobreiras) (*montanera*).

De acordo coa lexislación española existen 3 sistemas de engorde:

- *Belota*: é o sistema tradicional. Sistema extensivo no que os animais se engordan principalmente con landras e pasto desde novembro ata febreiro, en sistema de *montanera*.
- Cebo en campo: sistema ao aire libre no que os animais se engordan con penso e ocasionalmente con recursos naturais entre eles landras.
- Cebo: sistema intensivo no que os animais se engordan con alimento comercial (penso).

Os programas de selección xenética son pouco habituais no sector porcino ibérico de extensivo, aínda que se están a dar pasos neste aspecto (Figuras 25 e 26). Actualmente están buscando mellorar os caracteres: produtividade numérica, tetos, apromos (animais que pastoreen no período de *montanera*), eficiencia alimentaria (IC e GMD), calidade da carne (espesor do touciño dorsal (ecografía), graxa intramuscular e área do lombo). Para a estimación do valor xenético utilizan o método BLUP, unha vez rematados os estudos de asociación xenómica, tratarán de implantar o GBLUP para os caracteres obxectivo de selección.

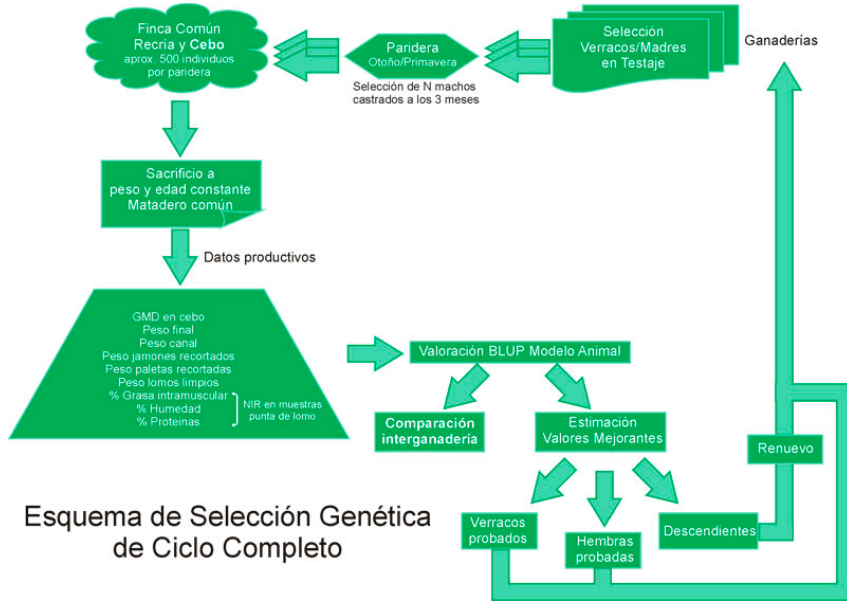
No caso dos cruzamentos entre Ibéricos e outras razas, a raza utilizada con maior frecuencia é o Duroc, que funciona como liña paterna neste caso. Permite obter animais con mellores rendementos carniceros, a pesar das posibles deterioracións na calidade da carne e dos produtos.

Segundo o Real Decreto 4/2014, polo que se aproba a norma de calidade para a carne, o xamón, a paleta e a caña de lombo ibérico, establécese que son:

- Produtos 100 % ibéricos aqueles procedentes de Porcos Ibéricos puros.
- Produtos ibéricos cando proceden de porcos cruzados, debendo ser a % de raza Ibérica:
  - o 75 % no caso de fillos machos cruzados Duroc x Porco Ibérico
  - o 50 % no caso de fillos de machos Duroc

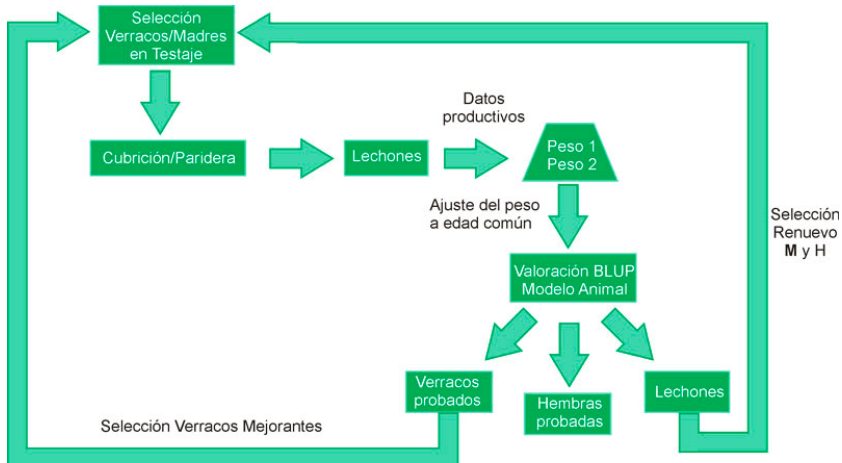
Para poder determinar con maior precisión a pureza racial dos Porcos Ibéricos, desenvolveuse no INIA (Instituto Nacional de Investigación e Tecnoloxía Agraria e Alimentaria) unha ferramenta que permite estimar a proporción de alelos procedentes da raza Ibérica e da Duroc na mostra, utilizando un panel de 64 marcadores xenéticos.

Figura 25. Esquema de Selección Xenética de Ciclo completo no Porco Ibérico (AECERIBER, 2011)



Esquema de Selección Genética de Ciclo Completo

Figura 26. Esquema de Selección Xenética de Índice de Lechón no Porco Ibérico (AECERIBER, 2011)



Esquema de Selección Genética de Índice de Lechón

## 9.2. O Porco Celta

A raza Porco Celta é a única raza autóctona galega de porcino. Foi unha das máis importantes antigamente en España, porén a mediados do século pasado sufriu unha importante redución no número de animais censados. Posteriormente conseguiu deter e inverter o proceso de extinción mediante a creación de núcleos xenéticos estables e a recuperación dunha cabana privada por iniciativa da Administración Pública Galega e grazas á constitución da Asociación de Criadores de Gando Porcino Celta (ASOPORCEL). Asociación que puxo en práctica un Proxecto de Recuperación, Conservación e Fomento desta raza.

Actualmente a raza Porco Celta está incluída no Catálogo Oficial de Razas de Gando de España como raza autóctona de protección especial ou en perigo de extinción polo Real Decreto 1682/1997, polo que se traballa na recuperación do seu censo e co apoio da Consellaría de Medio Rural se desenvolve o Libro Xenealóxico da Raza Porcina Celta.

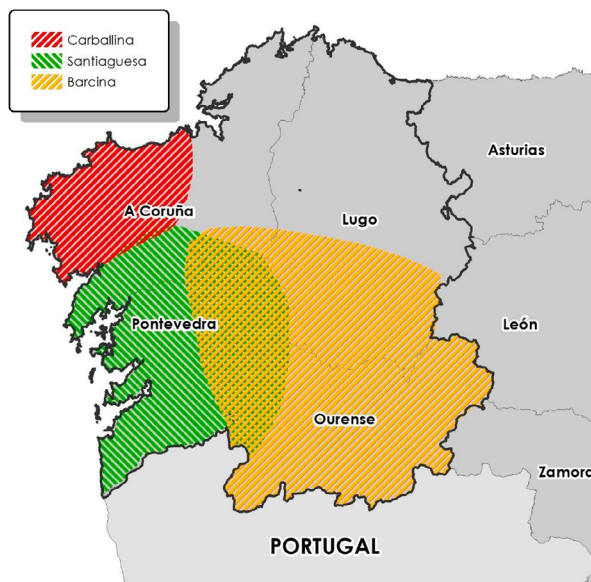
Os animais de raza Porco Celta caracterízanse por ser de grande tamaño, moi adaptados á explotación en réxime extensivo debido á súa rusticidade, perfectamente adaptados ao medio no que se desenvolven, en pastoreo con alimentación a base de recursos naturais estacionais como landras, castañas e brotes vexetais. En canto á morfoloxía, destacan a cabeza que é de tamaño grande, ancha e alongada; o dorso e lombo estreitos e arqueados; a cruz dos cadrís caída e estreita; as extremidades con patas longas, as masas musculares desenvolvidas, o terzo anterior é máis forte co posterior, que é escaso, con xamón en forma de violín. As femias posúen de doce a dezaioito mamas xa que son animais moi prolíficos que paren entre oito e catorce leitóns. Finalmente, en canto á cor e pelaxe recoñécense tres ecotipos ou variedades, de similar morfotipo e distinta capa, dando lugar ás variedades: santia-guesa (branca de cor rosada), barcina (lunares cor da lousa) e carballina (negro brillante que, en ocasións, chega a cubrir case todo o corpo); que no momento de recuperación da raza presentaban diferente distribución xeográfica (Figura 27) pero que actualmente están distribuídas de forma homoxénea por toda a xeografía galega.

En canto ás características produtivas, como xa se mencionou, as femias posúen de doce a dezaioito mamas, presentan unha prolificidade aceptable (8-14 leitóns por parto), moi boas calidades maternas e adoitan ter carácter manso.

O sistema ideal de explotación é en extensivo aproveitando os recursos naturais (brotes vexetais, froitos (sobre todo castaña e landra), pasto, raíces, tubérculos, roedores e invertebrados). Nas épocas do ano onde esta alimentación sexa insuficiente poderase suplementar con alimentos como remolacha, patacas, nabos e mesturas de cereais. Trátase dunha raza perfectamente adaptada ao manexo en liberdade.

Entre os beneficios da produción con Porco Celta, a parte da recuperación dunha raza en perigo de extinción, tamén se conta que se trata dunha raza adaptada ao medio, que axuda á redución de parasitos forestais, consome unha grande variedade vexetal, contribúe á biodiversidade biolóxica e recuperación de especies endémicas desaparecidas, conservación e mellora do solo evitando a erosión e desertificación, contribúe na prevención de incendios forestais, fixación da poboación no medio rural e produción de alimentos de calidade diferenciada.

Figura 27. Distribución xeográfica inicial das variedades de Porco Celta (Rodríguez-Paz, 2020)



Aínda que o volume de consumo de carne en fresco non é desprezable, a principal utilidade da carne de Porco Celta é a elaboración de produtos cárnicos cru-curados, entre os que destacan o chourizo galego e o salchichón.

Normalmente explótase en pureza aínda que o cruzamento da raza Porco Celta con outras razas con maiores índices produtivos pode facela máis atractiva para as industrias de elaboración pola súa rendibilidade.

## **AVALIACIÓN**

O contido desta unidade didáctica avaliarase dentro do exame final da materia de Cría e Saúde Animal.

O exame final representa o 70 % da nota final, correspondendo o outro 30 % ás probas realizadas nas sesións prácticas. O exame final constará dunha proba mixta con preguntas de resposta múltiple ou preguntas curtas de desenvolvemento. Do conxunto de preguntas de resposta múltiple 3-4 preguntas corresponderanse co contido desta unidade didáctica, de igual xeito, é susceptible que unha das preguntas curtas pertencen á mesma. O exame final aprobase superando o 50 % do valor do mesmo.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- AECERIBER (Asociación Española de Criadores de Cerdo Ibérico) (2011): *Esquema de Valoración*. <http://www.aeceriber.es/valoracion-genetica-cerdo-iberico.html>. [citado 22.01.2023].
- AECERIBER (Asociación Española de Criadores de Cerdo Ibérico) (2023): *Asociación Española de Criadores de Cerdo Ibérico*. <http://www.aeceriber.es/> [citado 22.01.2023].
- ASOPORCEL (Asociación de Criadores de la Raza Porcina Celta) (2023): *Asociación de Criadores de la Raza Porcina Celta*. <https://asoporcel.es/gl/> [citado 22.01.2023].
- BALLESTER, María, RAMAYO-CALDAS, Yulíaxis, GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, Olga, PASCUAL, Mariam, REIXACH, Josep, DÍAZ, Marta, BLANC, Fany, LÓPEZ-SERRANO, Sergi, TIBAU, Joan, QUINTANILLA, Raquel (2020): *Genetic parameters and associated genomic regions for global immunocompetence and other health-related traits in pigs*. *Scientific Reports*. 10: 1-15.
- BIDANEL, Jean-Pierre (2011): *Biology and Genetics of Reproduction*. En: *The Genetics of the Pig 2<sup>nd</sup> Edition* CAB International. ISBN-13: 978-1-84593-756-0. 218-241.
- BLASCO, Agustín (2021): *Mejora genética animal*. Editorial Síntesis S.A. ISBN: 978-84-1357-116-4. Pp. 343.
- BUCHANAN, David S, STALDER, Ken (2011): *Breeds of Pigs*. En: *The Genetics of the Pig 2<sup>nd</sup> Edition* CAB International. ISBN-13: 978-1-84593-756-0. 445-472.
- CIOBANU, Daniel C, LONERGAN, Steven M, HUFF-LONERGAN, Elisabeth (2011): *Genetics of Meat Quality and Carcass traits*. En: *The Genetics of the Pig 2<sup>nd</sup> Edition* CAB International. ISBN-13: 978-1-84593-756-0. 355-389.
- CLUTTER, Archie C (2011): *Genetics of Performance traits*. En: *The Genetics of the Pig 2<sup>nd</sup> Edition* CAB International. ISBN-13: 978-1-84593-756-0. 325-354.
- DEKKERS, Jack CM, MATHUR, Pramod K, KNOL, Egbert F (2011): *Genetic Improvement of the Pig*. En: *The Genetics of the Pig 2<sup>nd</sup> Edition* CAB International. ISBN-13: 978-1-84593-756-0. 390-425.
- EDFORS, Inger, TORREMORELL, Montserrat (2010): *Escherichia coli and Salmonella in pigs*. En: *Breeding For Disease Resistance in Farm Animals, 3<sup>rd</sup> Edition*. CAB International. ISBN: 978-1-84593-555-9. 232-250.
- FANUS (Foro de la alimentación, la nutrición y la salud) (2004): *Eventos Técnicos científicos: Producción de carne porcina y alimentación humana. Curso de la Bolsa de Cereales de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*. Argentina.
- FAO (Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture) (2007). *The State of the world's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture- in brief*. ISBN: 978-92-5-105763-6. Pp. 39.
- GHIO, Mauro, LUCERO DE LA SOTA, Marcos Nazareno (2014): *Actualización sobre mejoramiento genético porcino en el mundo y en la República Argentina*. Trabajo Fin de Graduación da Facultade de Agronomía-UNLPam. 83pp.
- GONZÁLEZ-DIÉGUEZ, David, TUSELL, Llibertat, BOUQUET, Alban, LEGARRA, Andres, VITEZICA, Zulma G (2020): *Purebred and Crossbred Genomic Evaluation*



- and Mate Allocation Strategies To Exploit Dominance in Pig Crossbreeding Schemes*. *G3 Genes Genomes Genetics*. 10: 2829-2841.
- INIESTA-GALLEGO, Diego, ROSAS-CASTILLO, Juan Pablo, NEGRO-RAMA, Sara (2019): *La selección genética aplicada al porcino ibérico*. PorciNews. <https://porcinews.com/seleccion-genetica-aplicada-porcino-iberico/> [citado 22.01.2023]
- KNOL, Egbert F, NIELSEN, Bjarne, KNAP, Pieter W (2016): *Genomic selection in commercial pig breeding*. *Animal Frontiers*. 6(1): 15-22.
- LARSON, Greger, CUCCHI, Thomas, DOBNEY, Keith (2011): *Genetic Aspects of Pig Domestication*. En: *The Genetics of the Pig 2<sup>nd</sup> Edition* CAB International. 14-37.
- LLOVERAS, MR, GOENAGA, PR, IRURUETA, M, CARDUZA, F, GRIGIONI, G, GARCÍA, P, MAÉNDOLA, C (2008): *Meat quality traits of commercial hybrid pigs in Argentina*. *Meat Science*. 79: 3-9.
- LORENZO-RODRÍGUEZ, José Manuel, FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, Miguel, FRANCO-RUIZ, Daniel, GARCÍA-CALVO, Lucio, PURRIÑOS-PÉREZ, Laura, GÓMEZ-VÁZQUEZ, María, DOMÍNGUEZ-VALENCIA, Rubén, BERMÚDEZ-PIEDRA, Roberto, BRAGADO-GARCÍA, Constantino, GARCÍA-CORRAL, Álvaro, CARRIL-GONZÁLEZ-BARROS, José Antonio, PÉREZ-MARTÍNEZ, César, RODRÍGUEZ-PAZ, Iván, CARBALLO-GARCÍA, Francisco Javier, MARTÍNEZ-SUÁREZ, Sidonia, FRANCO-MATILLA, Inmaculada, RIVERO-MARTÍNEZ, Castor, FEIJÓO-MERA, Julio, DOMÍNGUEZ-CASTIÑEIRAS, Bernardino (2021). *Manual del Cerdo Celta*. Depósito Legal: OU XX-2012. Pp. 285.
- LUNNEY, Joan K (2010): *Viral Diseases in Pigs*. En: *Breeding For Disease Resistance in Farm Animals*, 3<sup>rd</sup> Edition. CAB International. ISBN: 978-1-84593-555-9. 141-165.
- LUNNEY, JK, FANG, Y, LADINIG, A, CHEN, N, LI, Y, ROWLAND, B, RENUKARADHYA, GJ (2016): *Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus (PRRSV): Pathogenesis and interaction with the immune system*. *Annu Rev Anim Biosci*. 4 (15): 1-26.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE, ASOCIACIÓN NACIONAL DE CRIADORES DE GANADO PORCINO SELECTO (2011): *Programa de Mejora de las razas porcinas Duroc, Hampshire, Landrace, Large White y Pietrain*. 1-41. <https://anps.es/wp-content/uploads/2016/01/programa-mejora-porcino-selecto.pdf> [citado 22.09.2022].
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2021): *Resolución de la Dirección General de producciones y mercados agrarios, por la que se aprueba el programa de cría de la raza porcina ibérica*. 1-48.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2023): *Porcino*. <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/porcino/> [citado 01.02.2023].
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2009): *Valoración morfológica de los animales domésticos*. ISBN: 978-84-491-0929-4. Pp. 865.
- MUÑOZ, M, SÁNCHEZ-ESQUILICHE, F, CARABALLO, C, GÓMEZ, F, PARIENTE, JM, SILIÓ, L, RODRÍGUEZ, C, GARCÍA-CASCO, MJ (2018): *Animal breeding scheme applied to the quality of pure Iberian montanera pigs*. *Archivos de Zootecnia*: 9-11.
- NICHOLAS, Frank W (2010): *Introduction to veterinary genetics*. Wiley-Blackwell. ISBN: 978-1-4051-6832-8. Pp. 318.

- NICHOLAS, Frank W (2011): *Genetics of Morphological Traits and Inherited Disorders*. En: *The Genetics of the Pig 2<sup>nd</sup> Edition* CAB International. ISBN-13: 978-1-84593-756-0. 51-72.
- OLLIVIER, L (2009): *European pig genetic diversity: a minireview*. *Animal*. 3 (7):915-924.
- OLLIVIER, Louis, FOULLEY, Jean-Louis (2011): *Pig Genetic Resources*. En: *The Genetics of the Pig 2<sup>nd</sup> Edition* CAB International. ISBN-13: 978-1-84593-756-0. 306-324.
- REINER, Gerald (2016): *Genetic resistance – an alternative for controlling PRRS?* *Porcine Health Management*. 2(27): 1-11.
- REINER, G, KÖHLER, F, BERGE, T, FISCHER, R, HÜBNER-WEITZ, K, SCHOLL, J, WILLEMS, H (2009): *Mapping of quantitative trait loci affecting behaviour in swine*. *Animal genetics*. 40:366-376.
- RODRÍGUEZ-PAZ, Iván Manuel (2020): *Características produtivas, da canal e da carne na raza autóctona porcina celta*. Tese de Doutoramento. Universidade de Santiago de Compostela. Pp. 323.
- ROTHSCHILD, Max F, RUVINSKY, Anatoly (2022): *The genetics of the pig*. CABI, 2<sup>nd</sup> Edition. ISBN: 978-1845937560. Pp. 520.
- SANCRISTOBAL, M, CHEVALET, C, HALEY, C, RUSSEL, G, PLASTOW, G, SIGGENS, K, BAGGA, M, GROENEN, MAM, AMIGUE, Y, HAMMOND, K, LAVAL, G, BOSCHER, MY, MILAN, D, LAW, A, FIMLAND, E, DAVOLI, R, RUSSO, V, GANDINI, G, ARCHIBALD, A, DELGADO, J, RAMOS, M, DÉSAUTÉS, C, ALDERSON, L, GLODEK, P, MEYER, JN, FOULLEY, JL, OLLIVIER, L (2002): *Genetic diversity in pigs. Preliminary results on 58 European breeds and lines*. 7th WCGALP. Agosto 10-23, 2002, Montpellier, Francia.
- SAÑUDO-ASTIZ, Carlos (2011): *Atlas Muncial de etnología zootécnica*. S.L. Servet Diseño y Comunicación: 9788492569601. Pp. 840.
- SELLIER, P (1998): *Genetics of meat and carcass traits*. En: *Genetics of the Pig*. CAB International, Wallingford, UK. Pp. 463-510.
- TUSELL-PALOMERO, Llibertat (2016): *Genética porcina: entre la genealogía y la genómica*. *PorciNews*. 68-73.
- VARONA-AGUADO, Luis (2017): *Mejora genética porcina: más allá de la genómica*. <https://www.portalveterinaria.com/porcino/articulos/13689/mejora-genetica-porcina-mas-alla-de-la-genomica.html> [citado 15.09.2022].
- VARONA-AGUADO, Luis (2021): *Mejora genética. Guías prácticas en producción porcina*. Servet. ISBN: 9-7884-18-3392226.
- YÁÑEZ, L, TROMPIZ, J, VECCHIONACCE, H (2005): *Introducción de razas de cerdos hiperprolíficas chinas en las occidentales: Una revisión*. *Arch. Latioam. Prod. Anim*. 13(2):70-80.



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade

unidadesdidácticas  
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA