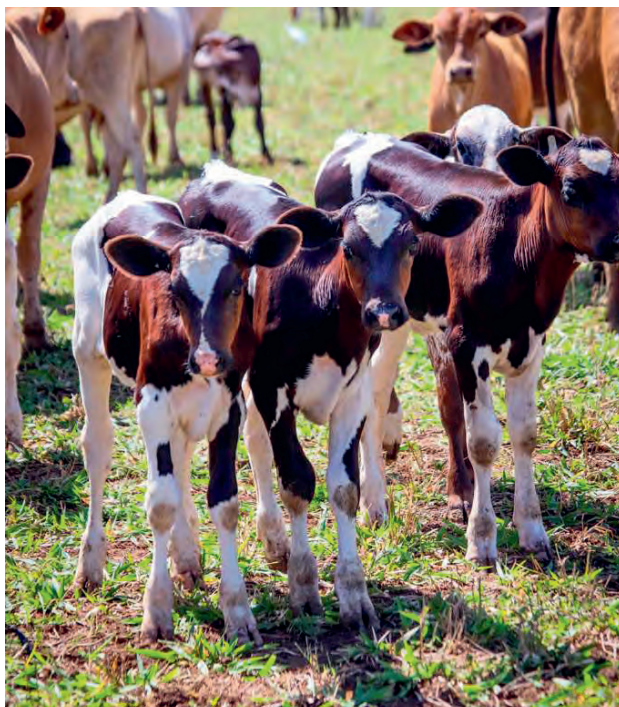
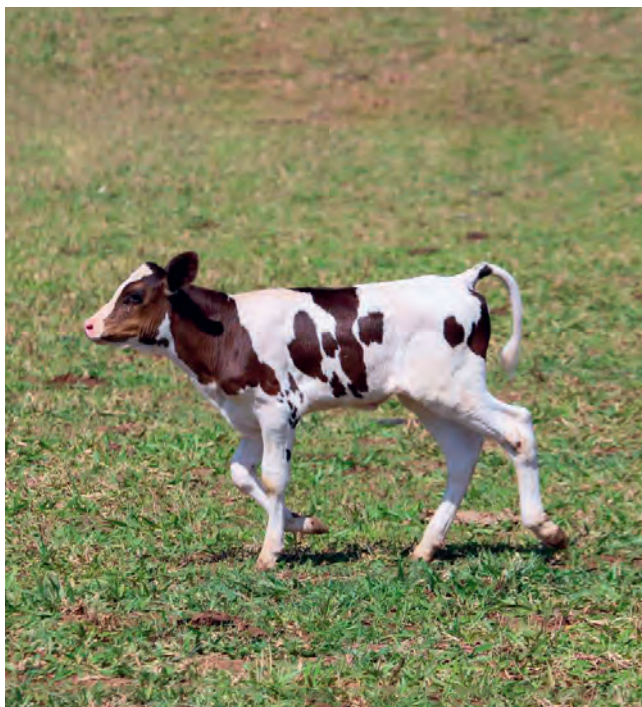




O xene *SLICK*: a xenética que blinda a rendibilidade leiteira fronte á calor húmida de Galicia

O incremento do estrés térmico por calor e humidade en Galicia está a afectar de forma directa ao rendemento reprodutivo e á produción da vaca frisona. Fronte ás limitacións e aos custos operativos dos sistemas de arrefriamento mecánico, a incorporación do xene *SLICK* preséntase como unha solución xenética hereditaria para mellorar a capacidade de termorregulación do gando, preservando a estabilidade produtiva e a rendibilidade das explotacións leiteiras.

Francisco Juan Carbone

Asesor gandeiro, CEO e cofundador de Asesoría Genética Integral (AGI)

Durante décadas, Galicia vendeuse a si mesma coma un refuxio climático para a vaca frisona: humidade constante, temperaturas suaves e veráns curtos. Ese relato xa non é sostible. Os rexistros de estrés térmico que hoxe manexamos en explotacións da provincia mostran algo que hai dez anos soaría alarmista: a gandería de alta produción do norte está a comezar a pagar, en litros e en fertilidade, a mesma factura que durante décadas foi exclusiva do trópico. O meu traballo como asesor non é reaccionar

cando o problema xa é evidente no tanque de leite, senón anticipar a tendencia e traer á mesa a ferramenta xenética correcta antes de que o mercado a banalice ou a regulación a endureza. O xene *SLICK* é, hoxe, esa ferramenta.

1. POR QUE GALICIA XA NON É ZONA DE CONFORT TÉRMICO

A vaca holstein de alta produción xera unha carga metabólica interna enorme —froito da ruminación e da síntese de leite— que xa non depende exclusivamente da tempera-

tura do termómetro. Nun ámbito de humidade relativa estruturalmente alta coma o galego, o limiar de estrés térmico actívase moito antes do que a intuición suxire, con caídas de inxestión, menor taxa de concepción e máis días abertos coma primeiros sinais visibles.

Cada unidade adicional de índice de temperatura-humidade (ITH) por riba de 72 asociouse, en rexistros da cornixa cantábrica, a perdas de ata 0,25 kg de leite/vaca/día. As razas de clima temperado están, en termos comparativos, peor preparadas

► O ESTRÉS TÉRMICO DEIXOU DE SER UN EVENTO DE VERÁN PUNTUAL PARA CONVERTERSE NUNHA VARIABLE ESTRUCTURAL DO NEGOCIO LEITEIRO GALEGO. QUEN O TRATE COMA ANECDÓTICO CHEGARÁ TARDE

xeneticamente para a calor húmida que as razas de orixe tropical, e recuperáanse máis lentamente tras un episodio de calor.

A resposta tradicional —ventilación e nebulización— é manexo, non xenética: esixe investimento continuo e non se herda.

2. QUE É REALMENTE O XENE SLICK (E QUE NON É)

Para o gandeiro, o xene *SLICK* adoita presentarse de forma simplificada coma “pelo curto”. Como asesor xenético, a miña obriga é ir á causa: trátase dunha mutación dominante no xene do receptor da prolactina (PRLR), localizado no cromosoma 20 (BTA20).

As mutacións —descritas nos exóns 9, 10 ou 11— introducen codóns de parada prematuros que truncan entre 69 e 148 aminoácidos do dominio citoplasmático do receptor.

Esa truncación non anula o receptor; modifica a cinética de sinalización da vía JAK2/STAT5, con dous efectos fenotípicos concretos:

- **Ciclo folicular:** unha maior proporción de folículos pilosos en fase de repouso (telóxena), o que mantén unha pelaxe curta e ventilada incluso baixo carga de calor; e
- **Sudación:** unha activación funcional superior das glándulas sudoríparas, que aumenta a taxa de sudación e a perda de auga transe-

pidérmica, mellorando o arrefriamento evaporativo.

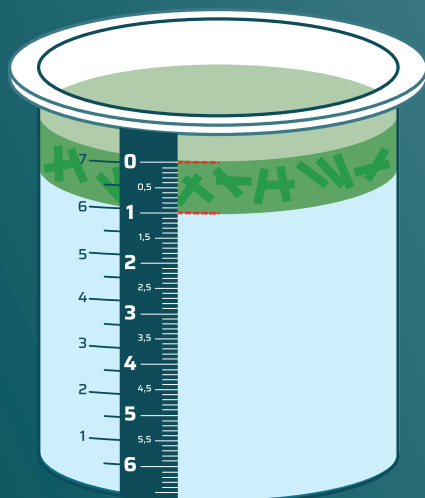
O resultado sistémico é unha vaca que mantén a temperatura corporal máis estable baixo calor —da orde dalgunhas décimas de grao por debaixo das súas compañeiras convencionais segundo os ensaios— e que, polo tanto, depende menos do bafexo coma mecano de emerxencia. Menos bafexo significa menos perda de bicarbonato salival e menor risco de acidose ruminal secundaria ao estrés térmico.

Un matiz que adoito aclarar no campo: o xene *SLICK* non é un interruptor que “desconecta” a vaca do frío. Os animais portadores seguen a desenvolver pelo de inverno cando baixan as temperaturas; o trazo é unha mellora da capacidade de resposta térmica, non unha vaca permanentemente rapada.

Efectos que van máis alá da pel

A evidencia máis recente apunta a que o alelo *SLICK1* modifica a expresión de decenas de xenes hepáticos vinculados ►

CULTIVA BIEN ALIMENTA MEJOR



Ruminology es nuestro método de nutrición de precisión, basado en el análisis QUÍMICO y, sobre todo FÍSICO del forraje.

Sabemos su comportamiento en el rumen y respetamos los principios fisiológicos de los rumiantes.

Si quieres MAXIMIZAR TUS FORRAJES y MINIMIZAR EL PIENSO, pídenos una batería de muestras gratuita.

Te mostraremos cómo lo hacemos.

Instagram: [nutristarspa](#) | [BESUMA: besuma.nutristar](#)

Delegación España: marc.beltran@nutristar.it | 647915221



BESUMA
2023 SL

NUTRISTAR
KEEP FARMING.

ao metabolismo de aminoácidos, ácidos graxos e á función inmune. Isto suxire que o xene non actúa só sobre a pelaxe, senón sobre a fisioloxía xeral do animal fronte ao estrés, motivo polo cal convén avalialo como parte dun paquete xenómico, non coma un trazo cosmético illado.

3. FERTILIDADE: O BENEFICIO MENOS VISIBLE E MÁIS RENDIBLE

Se tivese que elixir un único argumento económico para recomendarlle esta xenética a un cliente leiteiro, sería o reprodutivo. O estrés térmico compromete a fertilidade porque o animal prioriza a supervivencia sobre a función reprodutiva; ao estabilizar a homeostase, o xene *SLICK* protexe indirectamente o eixe hormonal reprodutivo:

- **Redución do intervalo entre partos**, con rangos reportados que se moven de 17 a 15 meses en condicións de clima cálido e húmido.
- **Mellores taxas de concepción baixo carga térmica**: nun ensaio estacional, a taxa de preñez na primavera foi positiva en animais *SLICK* fronte a un fracaso reprodutivo case total no grupo convencional; convén tratar esta cifra como indicativa dunha tendencia, non como unha garantía extrapolable a calquera rabaño.
- **Protección do desenvolvemento embrionario e fetal**, sen evidencia de efectos deletéreos atribuíbles a portar o alelo.

Cada mes menos de intervalo entre partos tradúcese directamente en menos doses de semente, menos visitas veterinarias e menos días improdutivos. É, na práctica, a diferenza entre unha vaca que “aguanta” o verán e unha vaca que segue ciclando con normalidade.

4. A CONTA DE RESULTADOS: XENÉTICA FRONTE A FERRO

A comparación que lles amoso aos meus clientes é sempre a mesma: investir en infraestrutura de refrixe-ración é investir nun activo que se deprecia, consome electricidade e auga, e non se lle transmite á seguinte xeración. A xenética *SLICK* é, en cambio, dominante e hereditaria: abonda con que un dos proxenitores porte unha copia para que o fenotipo se exprese na descendencia (táboa 1).

Sobre o impacto na produción de leite circulan cifras heteroxéneas —

Táboa 1. Comparativa entre arrefriamento mecánico e solución xenética *SLICK*

Concepto	Arrefriamento mecánico	Xenética <i>SLICK</i>
Investimento inicial/animal	2.200 - 3.500 €	45 - 90 € (dose seminal)
Custo recorrente	Electricidade, auga, mantemento	Ningún tras a concepción
Intervalo entre partos	Sen cambio estrutural	De ~17 a ~15 meses (rango reportado)
Natureza do activo	Depréciase co tempo	Hérdase e multiplícase no rabaño

Cifras convertidas de dólares estadounidenses a euros a un tipo de cambio orientativo de ≈0,88 USD/EUR (xullo de 2026); poden variar segundo o tipo de cambio vixente no momento da compra

dende décimas de quilo por día ata varios centos de litros por lactación en climas tropicais extremos—. Coma asesor, prefiro non vender a cifra máis optimista: o defendible é que a vaca *SLICK* non gaña leite por arte de maxia, senón que evita a caída que sofre a vaca convencional cando se activa o estrés térmico. O verdadeiro retorno está na estabilidade da curva de lactación nos meses críticos, non nun salto produtivo milagreiro.

5. ORIXE DO TRAZO: UN CASO DE LIBRO DE EVOLUCIÓN CONVERXENTE

O que fai especialmente interesante este xene dende o punto de vista xenómico é que non ten unha única orixe. É un exemplo de evolución converxente: poboacións bovinas completamente distintas, sometidas á mesma presión ambiental, desenvolveron mutacións independentes no mesmo xene.

- **A raza senepol**, creada en Santa Cruz (Illas Virxes dos EE. UU.) en 1918 a partir de gando crioulo cruzado con N'Dama e red poll, é portadora da variante *SLICK1*, identificada sistematicamente a comezos dos anos noventa.
- **O chamado “xene pelón”** do gando crioulo leiteiro de Porto Rico, descendente de bovinos ibéricos traídos hai cinco séculos, é o resultado dun proceso propio de selección adaptativa —a “crioulización”— sen relación de deseño co caso senepol.

Caracterizáronse ata seis variantes naturais (*SLICK1* a *SLICK6*), resumidas na táboa 2.

Para un asesor xenético, este dato non é anecdótico: confirma que o trazo é robusto e repetible na natureza baixo presión de calor, o cal reduce o risco de que esteamos ante unha curiosidade puntual sen base evolutiva sólida.

Táboa 2. Caracterización de seis variantes naturais

Variante	Mutación	Exón	Distribución principal
<i>SLICK1</i>	Delección c.1382del	Exón 10	Senepol e os seus cruzamentos
<i>SLICK2</i>	Nonsense p.Arg497*	Exón 11	Carora, limonero
<i>SLICK3</i>	Nonsense p.Ser465*	Exón 11	Limonero, crioulo leiteiro mexicano
<i>SLICK4-6</i>	Inserción/delección ou nonsense	Exón 11	Branco orejinegro, romosinuano, carora, crioulo tropical

6. COMO SE INTRODUCE NO RABAÑO: DOUS CAMIÑOS, UN MESMO DESTINO

No terreo regulatorio e comercial é onde máis se xoga a implementación práctica en España e é tamén onde máis valor achega un asesor que coñeza ambos os camiños.

- **Retrocruzamento tradicional**: utilízase semente de touros que portan a mutación de forma natural. É a vía lenta, pero xuridicamente tranquila: 100 % legal na UE, sen necesidade de etiquetaxe especial, e hoxe xa existen sementais de mérito xenético elevado que non obrigan a sacrificar produción de graxa ou proteína.
- **Edición xenética con CRISPR**: permite inserir a mutación exacta en embrións de alto valor xenético, acurtando drasticamente o proceso. A FDA estadounidense xa cualificou en 2022 o gando PRLR-*SLICK* editado coma de baixo risco, pero na Unión Europea seguimos baixo o marco normativo de organismos modificados xeneticamente, o que introduce incerteza regulatoria e comercial.

Un risco técnico que como asesor non minimizo: os fundadores editados poden presentar mosaicismo xenético —non todas as súas células ▶▶

INMUNOFARM

Alternativa natural para un refuerzo de las defensas naturales y una ubre sana

Nuestros animales suelen tener periodos de estrés en los que se reducen las defensas naturales:

- » Épocas frías y húmedas.
- » Épocas de estrés por calor.
- » Épocas con mastitis y/o recuentos celulares altos (RCS).
- » Programas de vacunación.
- » Agrupaciones de ganado, concursos.
- » Cuando aparecen pases víricos que pueden desembocar en catarros, toses, diarreas, etc.



✓ Sin retirada de leche

✓ Sin antibióticos

✓ Sin receta veterinaria

 **innofarm**
Nutrición y Salud

grupoinnofarm@grupoinnofarm.com www.grupoinnofarm.com

► A MIÑA FUNCIÓN NON É VENDER UN XENE DE MODA. É LER, CON DATOS E CON REDE DE CONTACTOS INTERNACIONAL, CARA A ONDE SE MOVE A XENÓMICA APLICADA ANTES DE QUE SE CONVERTA NUN ESTÁNDAR DE MERCADO, E TRADUCIR ESA LECTURA NUNHA DECISIÓN DE ACOPLAMENTO CONCRETA PARA CADA RABAÑO

portan o cambio—, polo que a herdabilidade do trazo á primeira xeración non está garantida e esixe un cribado xenómico rigoroso da descendencia.

E un risco comercial que é hoxe máis determinante que o técnico: ningunha grande industria láctea española se pronunciou aínda sobre o leite procedente de animais editados. Recomendar a vía CRISPR sen un acordo previo coa industria procesadora é, neste momento, unha aposta especulativa. A vía de retrocruzamento tradicional queda libre dese risco e é, para a maioría dos meus clientes actuais, a recomendación prudente.

7. O VALOR DO ASESOR: ANTICIPAR A TENDENCIA ANTES DE QUE O MERCADO A FIXE

O xene *SLICK* ilustra ben por que a asesoría xenética especializada achega unha marxe que a información pública, por si soa, non pode ofrecer:

- **Vixilancia temperá de tendencias internacionais:** seguimento de resultados nos EE. UU., Porto Rico, Florida e o Caribe antes de que a xenómica adaptativa á calor húmida chegue como necesidade urxente a Galicia.
- **Acoplamento xenómico equilibrado:** seleccionar *SLICK* sen sacrificar saúde do ubre, fondura de patas nin produción, evitando a selección “só polo pelo” que preocupa —con razón— os criadores escépticos.
- **Xestión do risco regulatorio e comercial:** distinguir cando recomendar a vía de retrocruzamento tradicional fronte á edición xenética, en función do apetito de risco do cliente e da postura —aínda non definida— da industria procesadora.
- **Lectura económica realista:** presentar rangos de retorno defendi-

bles en lugar da cifra máis favorable dispoñible, protexendo a credibilidade do asesor e a decisión de investimento do gandeiro.

Esa combinación —anticipación, rigor técnico e xestión de risco comercial— é exactamente o rol que exerzo hoxe na interface entre a xenómica bovina de vangarda e as explotacións leiteiras de Galicia e do norte de España.

Presenza directa na vangarda: o Elite Dairy Summit de Porto Rico

Esta anticipación non se constrúe só lendo bibliografía: constrúese estando de xeito físico nas salas onde se decide cara a onde vai a xenética leiteira tropical.

Do 19 ao 22 de maio de 2026 participei, como convidado especial por parte de STgenetics e Proterra Genetics, no primeiro Elite Dairy Summit celebrado no Hyatt Regency Grand Reserve de San Juan, Porto Rico, un encontro que reuniu un cento dos maiores produtores leiteiros dos Estados Unidos xunto a referentes científicos e empresariais do sector: Juan F. Moreno (fundador e CEO de STgenetics), Pablo Ross (director científico de STgenetics), Kevin Ziemba (responsable global de consultoría xenética aplicada de STgenetics), Mitch Hockett (director de STgenetics Farmfit Technologies), Jocelyn Johnson (responsable de investigación gandeira e sostibilidade de STgenetics), Francisco Rodríguez DVM (Colganados e Proterra Genetics), Tim Doelman (ex CEO de Fairlife) e Mike McCloskey (cofundador de Select Milk Producers e de Fair Oaks Farm, ex presidente de Fairlife).

Porto Rico non é un escenario casual para este debate: é, precisamente, o berce do “xene pelón” crioulo do que fala este artigo e hoxe concentra xenómica aplicada, investimento institucional e unha das maiores



densidades de produtores leiteiros de escala industrial dos EE. UU. Compartir mesa con parte do equipo científico e directivo detrás de boa parte da bibliografía citada na sección anterior é, na práctica, a diferenza entre traer unha tendencia a Galicia antes de que se converta nun estándar de mercado, ou despois.

8. O QUE DI A BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA REVISADA POR PARES

Antes de trasladar calquera cifra a un cliente, contraste o material divulgativo e comercial coa literatura orixinal. Isto é o que confirma, matiza ou corrixe a bibliografía primaria sobre o xene *SLICK*:

- **Orixe converxente confirmada (Porto-Neto et al., 2018, *Frontiers in Genetics*):** un estudo de asociación xenómica nas razas limonero e carora confirmou mutacións truncantes independentes do PRLR no cromosoma 20, apoiando con datos a evolución converxente do trazo en distintas poboacións tropicais.
- **Introgresión orixinal (Dikmen et al., 2014, *Journal of Dairy Science*):** o estudo fundacional que documentou a introgresión do alelo *SLICK1* dende senepol ata holstein de alta produción xa advertía, dende 2014, que o aumento da taxa de sudación non se observaba de forma consistente en todos os animais, un matiz que boa parte do material comercial actual omite.
- **Sen efecto deletéreo na xestación (Sosa et al., 2021, *Animal Genetics*):** ao xenotipar 525 animais holstein e senepol, a frecuencia observada ►►



Nuestros toros, vuestra fortaleza

CRV, líder
en salud y eficiencia



Delta **Roadtrip RF**

Delta Statement X Delta Fast Lane

- ▶ Toro Top GICO
- Extraordinaria producción +2583 Kg
- 187 Kg de grasa + proteína
- Excelentes datos de salud

Delta **Cordial**

HMO Sterling X Delta Transform

- ▶ Extraordinarios % de grasa y proteína
- Líder en eficiencia
- Vacas balanceadas
- Excelente conformación
- Pedigrí diferente



Dalmore **PP**

Delta Drone PP Red X Visstein K&L Money P

- ▶ Gran producción +2133 Kg
- Toro rojo, A2A2 y descornado
- Excelente facilidad de parto
- Vacas superpersistentes



BETTER COWS > BETTER LIFE

CRV GENETICS ESPAÑA. S.L.

C/. Oro, 32 - nave 14 - Pol. Ind. Sur
28770 - Colmenar Viejo (Madrid)

T 91 803 42 79 E crvinfo@crv4all.es

CRV ofrece la solución
perfecta para su rebaño.
Consulte nuestra web **CRV4all.es**

do alelo *SLICK1* (0,247) non diferiu da esperada baixo equilibrio de Hardy-Weinberg (0,269), o que sostén que o alelo non compromete a viabilidade embrionaria nin fetal. Esta é a base real da afirmación de “ausencia de efectos deletéreos” que circula no sector.

- **Efecto hepático, con dirección (Sosa *et al.*, 2022, *Animal*):** confirmáronse 71 xenes hepáticos diferencialmente expresados en heterocigotos *SLICK1* fronte a non portadores, pero cunha precisión que rara vez se traslada ao discurso comercial: 13 sobreexpresados e 58 infraexpresados, con anotacións funcionais ligadas a inmunidade e metabolismo de ácidos graxos e aminoácidos.
- **Sudación: mecanismo funcional, non estrutural (Sosa *et al.*, 2022, *Journal of Dairy Science*):** non se atoparon diferenzas na superficie ocupada por glándulas sudoríparas entre heterocigotos e non portadores, pero si o dobre de abundancia da proteína FOXA1 —necesaria para a función sudorípara— nos heterocigotos; a análise de expresión xénica global non identificou xenes ligados especificamente ao desenvolvemento da glándula. O mecanismo é funcional, non estrutural, e máis sutil do que suxire boa parte do material divulgado.
- **O paquete do cromosoma 4 confirmado, pero cunha advertencia (Sonstegard *et al.*, 2024, *Journal of Heredity*):** un programa de introgressión de longo prazo no rabaño holstein da Universidade de Florida (animais nados entre 2012 e 2023) confirmou que o fondo xenético senepol remanente fóra do locus PRLR é mínimo, e verificou o segundo agrupamento de haplotipos senepol no cromosoma 4 citado no material comercial. Pero o mesmo traballo sinala algo que ese material omite: existe, en xeral, unha correlación xenética negativa entre caracteres de produción e capacidade de termorregulación, polo que seleccionar agresivamente por termotolerancia sen control xenómico paralelo pode erosionar mérito produtivo co tempo.
- **Risco técnico real na vía CRISPR:** estudos de edición do PRLR mostran que o resultado depende do ARN

► PORTO RICO NON É UN ESCENARIO CASUAL PARA ESTE DEBATE: É, PRECISAMENTE, O BERCE DO “XENE PELÓN” CRIOULO DO QUE FALA ESTE ARTIGO E HOXE CONCENTRA XENÓMICA APLICADA, INVESTIMENTO INSTITUCIONAL E UNHA DAS MAIORES DENSIDADES DE PRODUTORES LEITEIROS DE ESCALA INDUSTRIAL DOS EE. UU.

guía (sgRNA) empregado: algúns reduciron de xeito significativo a taxa de escisión e de desenvolvemento a blastocisto nos embrións editados, mentres que outros non mostraron ese efecto. O risco de mosaicismo e de dano ao desenvolvemento embrionario temperán non é un tecnicismo menor: é unha variable de deseño experimental que debe auditarse guía por guía antes de escalar calquera programa de edición.

Ningún destes matices invalida o caso de negocio do xene *SLICK*. Ao contrario: faino máis defendible, porque distingue o que está solidamente probado (o mecanismo molecular, a ausencia de dano reprodutivo, o patrón de herdanza dominante) do que aínda depende do protocolo experimental ou do contexto produtivo (magnitude exacta do efecto no leite, consistencia da sudación, risco de erosión de mérito xenético si se selecciona sen control). Esa distinción é, precisamente, o traballo dun asesor xenético.

9. CONCLUSIÓN PARA O GANDEIRO

- O xene *SLICK* non substitúe a ventilación en ondas de calor extrema, pero eleva o limiar de resistencia do animal e fai que calquera investimento en arrefriamento mecánico renda máis.
- Ao ser un trazo dominante, un só proxenitor portador xa produce descendencia co fenotipo, o que acelera a súa difusión no rabaño sen diluír o resto do programa xenético.
- A vía de retrocruzamento tradicional é hoxe a opción comercialmente máis segura no marco regulatorio español; a edición xenética con CRISPR é unha opción de futuro que esixe antes un acordo coa industria procesadora.
- O beneficio máis sólido e mellor documentado non é o quilo de leite

adicional, senón a estabilidade da curva de lactación e da fertilidade durante os meses críticos do ano.

- A bibliografía advirte dunha correlación xenética negativa entre produción e termotolerancia: seleccionar *SLICK* sen acompañalo de control xenómico sobre produción e saúde de ubre pode, co tempo, erosionar mérito produtivo. É o argumento técnico definitivo contra a selección “só polo pelo”.

A xenética *SLICK* non é a solución milagrosa ao cambio climático na gandería, pero é, cos datos dispoñibles hoxe, unha das ferramentas de adaptación con mellor relación entre custo, reversibilidade de risco e horizonte de rendibilidade. A decisión de cando e como incorporala —e con que sementais, dentro de que programa de acoplamento— é precisamente onde unha asesoría xenética especializada marca a diferenza entre anticiparse á tendencia e chegar a ela cando xa deixou de ser unha vantaxe competitiva. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Porto-Neto, L.R. *et al.* (2018). Convergent Evolution of *Slick* Coat in Cattle through Truncation Mutations in the Prolactin Receptor. *Frontiers in Genetics*, 9:57.
- Dikmen, S. *et al.* (2014). The *SLICK* hair locus derived from Senepol cattle confers thermotolerance to intensively managed lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 97(9):5508-5520.
- Sosa, F. *et al.* (2021). Inheritance of the *SLICK1* allele of PRLR in cattle. *Animal Genetics*, 52(6):887-890.
- Sosa, F. *et al.* (2022). Effects of the *SLICK1* mutation in PRLR on regulation of core body temperature and global gene expression in liver in cattle. *Animal*, 16(5):100523.
- Sosa, F. *et al.* (2022). Effects of the bovine *SLICK1* mutation in PRLR on sweat gland area, FOXA1 abundance, and global gene expression in skin. *Journal of Dairy Science*.
- Sonstegard, T. *et al.* (2024). Maintaining Breed Integrity: Successful Introgression of the *SLICK1* Allele into the Holstein Breed. *Journal of Heredity*.