

Desafíos de la genética para el futuro de los sistemas lecheros

Ignacio Aguilar



Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
U R U G U A Y





ICAR 2026
VERONA ITALY



Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca

1 de junio a las 7:38 p. m. · 🌐

#SNIG

🇺🇵 Uruguay presente como único país del Mercosur en un espacio clave para los estándares globales de trazabilidad y mejora genética animal.

📍 En Verona, Italia, Ignacio Aguilar (INIA) e Ismael Martínez (SNIG) participan de la 75.ª Conferencia Anual de ICAR e Interbull.

🌐 Un ámbito estratégico de intercambio e integración internacional que contribuye al fortalecimiento del sistema oficial de identificación animal y de la mejora genética, consolidando el posicionamiento de la ganadería uruguaya en los mercados más exigentes del mundo.

#UruguayAgrointeligente

#Ganadería #Trazabilidad #MejoraGenética #INIA #SNIG #MGAP

👉 <https://icar2026.it/#:~:text=Verona,-%2C%20Italy>



Miembros URUGUAY

- Mejoramiento y Control Lechero Uruguayo
- Sistema Nacional Información Ganadera SNIG - MGAP



Ministerio
de Ganadería,
Agricultura y Pesca





1 ABOUT INTERBULL

OUR MISSION

To enhance livestock genetic improvement through international data exchange and best methods development.

OUR ORGANISATION

Interbull comprises Interbull Centre, an operational unit that provides services to its members and service users, and is governed by the Interbull Steering Committee, which is a permanent sub-committee of the International Committee for Animal Recording (ICAR).



OUR VISION

To be the worldwide network providing information services for the genetic improvement of livestock.

OUR OBJECTIVE

To support the cattle industry with accurate genetic information on bulls of the major breeds for use by importers and exporters, thereby facilitating selection of the best genetics for different countries, environments, or breeding goals.



ICAR Board

Interbull Steering Committee

9 miembros

Interbull Business Meetings

Technical Committee

Interbull Centre

Interbull Technical Committee

The objective of the ITC is to identify and review technical issues that may be essential for providing a high quality service to countries participating in the international genetic evaluations

Gerben de Jong
ITC Chair

CRV u.a., The Netherlands

Peter Sullivan

Lactanet, Canada

Andres Legarra

CDCB, USA

Jan-Thijs van Kaam

ANAFIBJ, Italy

Attilio Rossoni

ANARB, Italy

Gao Hongding

Natural Resources Institute (LUKE), Finland

Valentina Palucci
Interbull Representative

Interbull Centre, SLU, Sweden

Zengting Liu

VIT, Germany

Ignacio Aguilar

Instituto Nacional de Investigacion Agropecuaria, Uruguay

4 Grupos de trabajo técnicos

Uruguay desde Abril 2013



35 Países



Asia: Japan; South Korea.

Africa: South Africa.

America's: Canada; Mexico; Uruguay, USA

Europe: Austria; Belgium; Croatia; Czech Republic; Denmark; Estonia; Finland; France; Germany; United Kingdom; Hungary; Ireland; Israel; Italy; Latvia; Lithuania; Luxemburg, The Netherlands; Norway; Poland; Portugal; Slovak Republic; Slovenia; Spain; Sweden; Switzerland.

Oceania: Australia; New Zealand.

Por qué es relevante la “genética”

$$P = G + E$$

Lo que observamos/medimos tiene un componente **genético** y componente **ambiental**

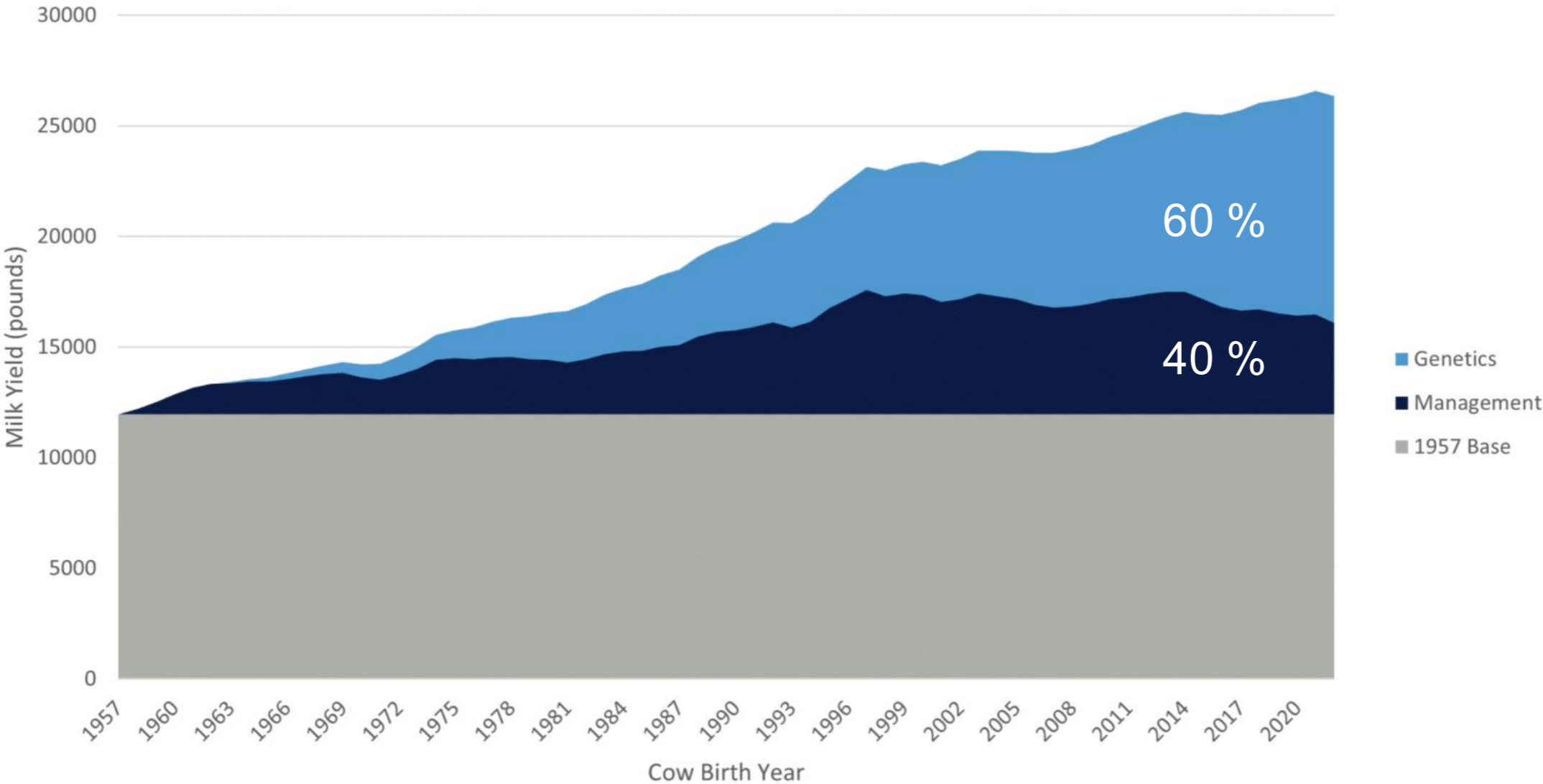
- Acumulable
- Permanente

- Manejo
- Nutrición
- Sanidad

Mejora Genética Animal

Identificar animales con alto **Mérito Genético** para los caracteres de interés, para ser **usados como progenitores** de la siguiente generación, de manera de **maximizar el mérito genético de la progenie**

Producción de leche ganado Holando EEUU 1957-2022



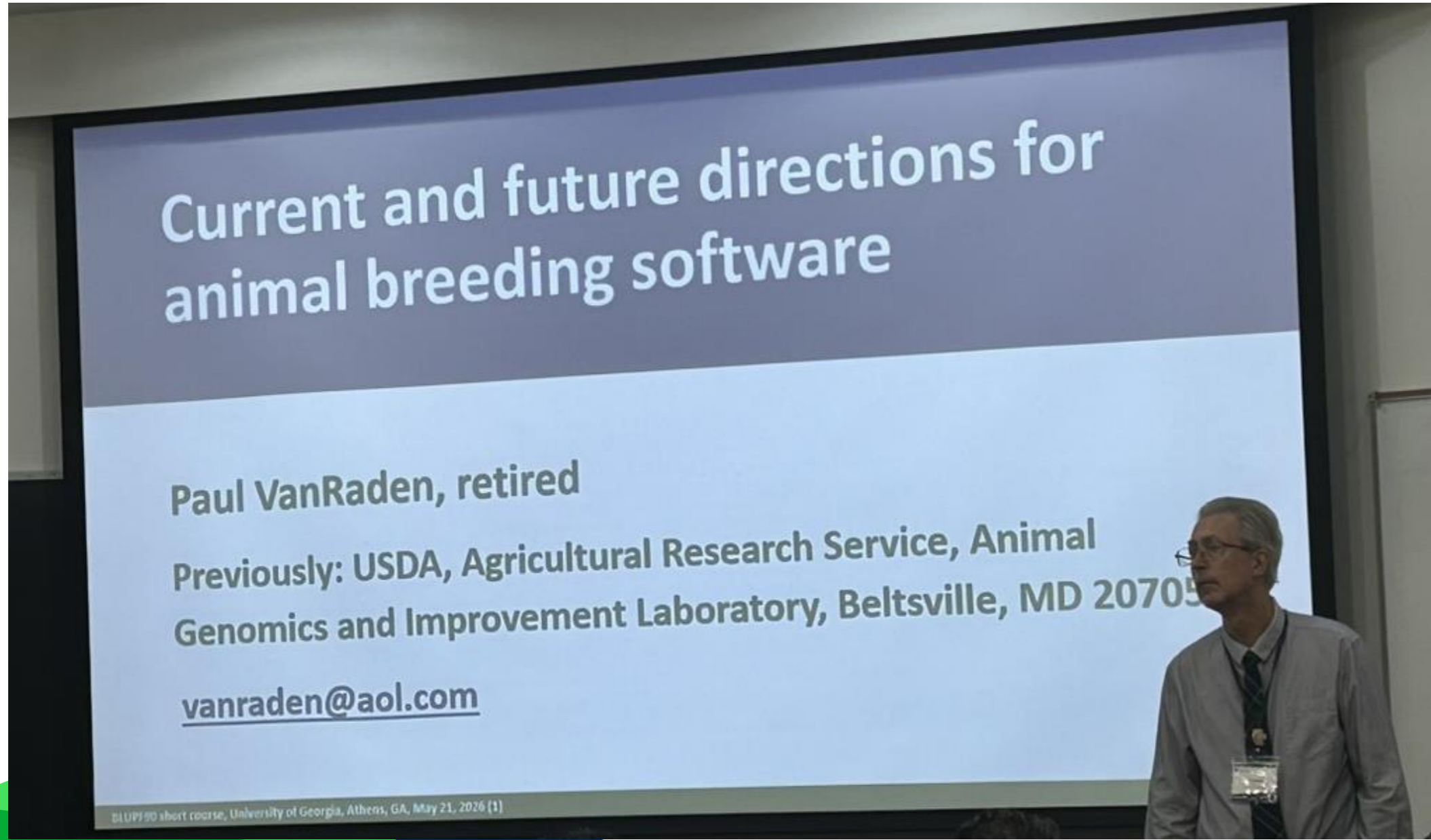
<https://uscdcb.com/impact/>



Como hacemos uso de la herramienta genética

- Es común escuchar conceptos sobre genética
 - “difíciles” y “complejos”
- No visualización inmediata
- Sin embargo
 - Siempre estamos tomando decisiones “genéticas” al estar preñando vacas y generando futuros reemplazos de vacas para producción
- Podemos hacer uso utilizando información objetiva
“data-driven decision”

Short course: 'Programming and computer algorithms in animal breeding', UGA, Mayo 2026



Current and future directions for animal breeding software

Paul VanRaden, retired

Previously: USDA, Agricultural Research Service, Animal Genomics and Improvement Laboratory, Beltsville, MD 20705

vanraden@aol.com

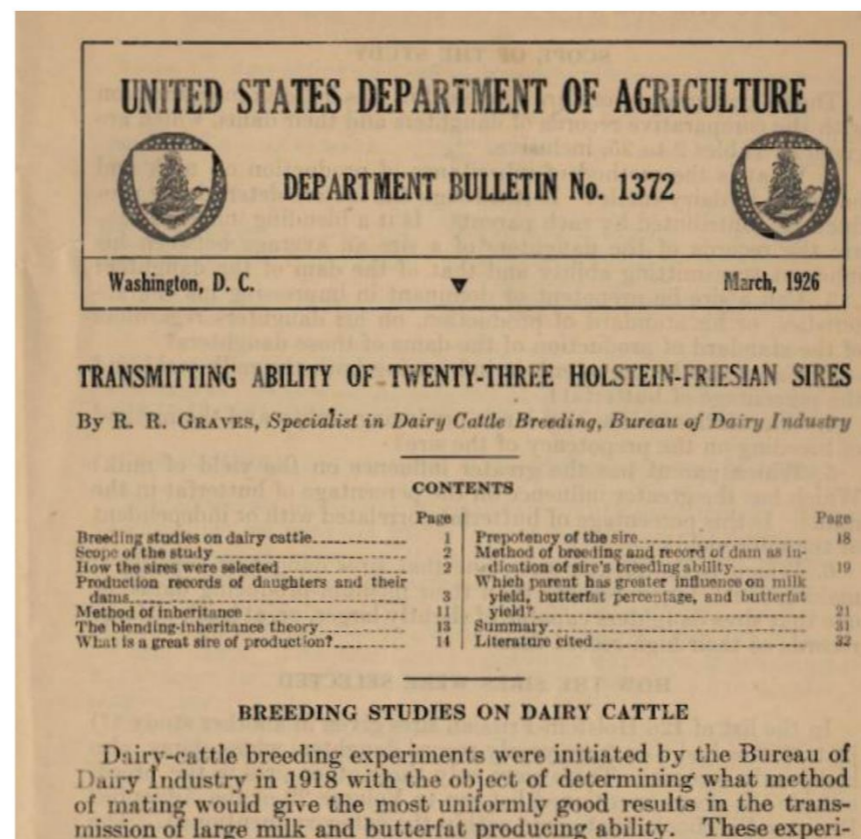
Animal breeders need 7 steps

- **Step 1** in making genetic progress is to understand genetics
- **Step 2** is to uniquely identify the animals, ancestors, clones
- **Step 3** is to know what traits are important
- **Steps 4 and 5** are to collect and analyze data
- **Step 6** is to write programs that can keep up with data growth
- **Step 7** is to help owners improve their animals

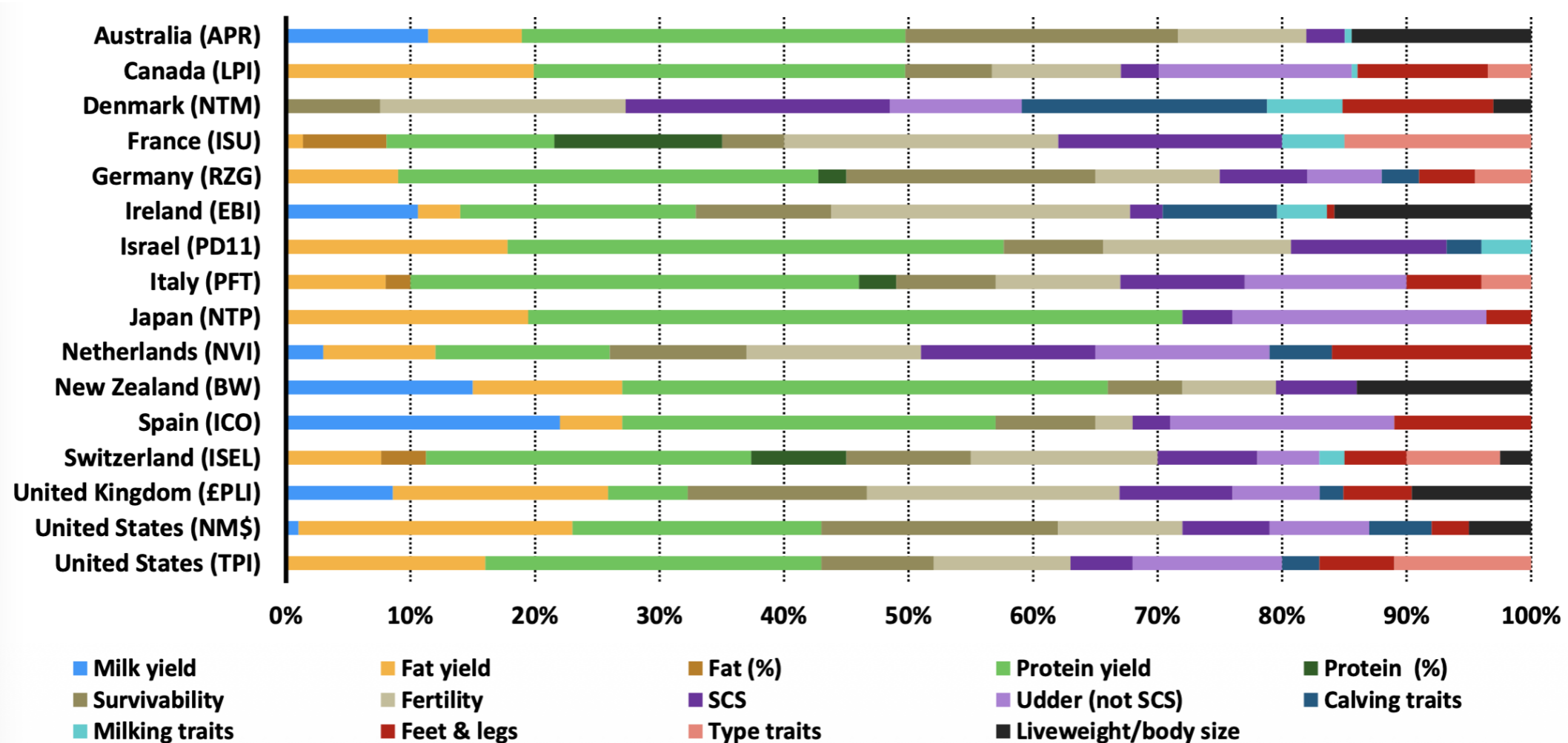
100 años de méritos genéticos

USDA PTAs calculated since 1926

- Graves, R. R. 1926.
- Transmitting ability of twenty-three Holstein-Friesian sires.
- USDA Dept. Bull. 1372.
- Daughter-dam comparison
 - Mean yield of daughter's minus dam's yield
 - Method used until 1962

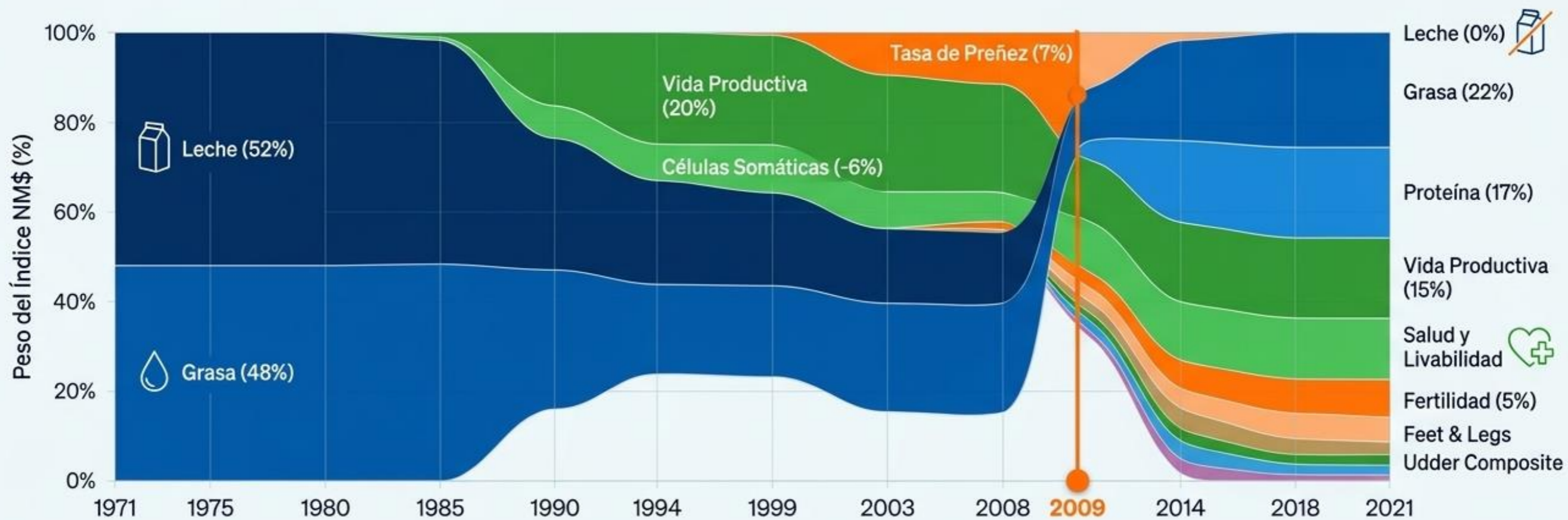


Actualmente méritos genéticos para muchos rasgos



El Cambio de Paradigma en los Objetivos de Selección (1971-2021)

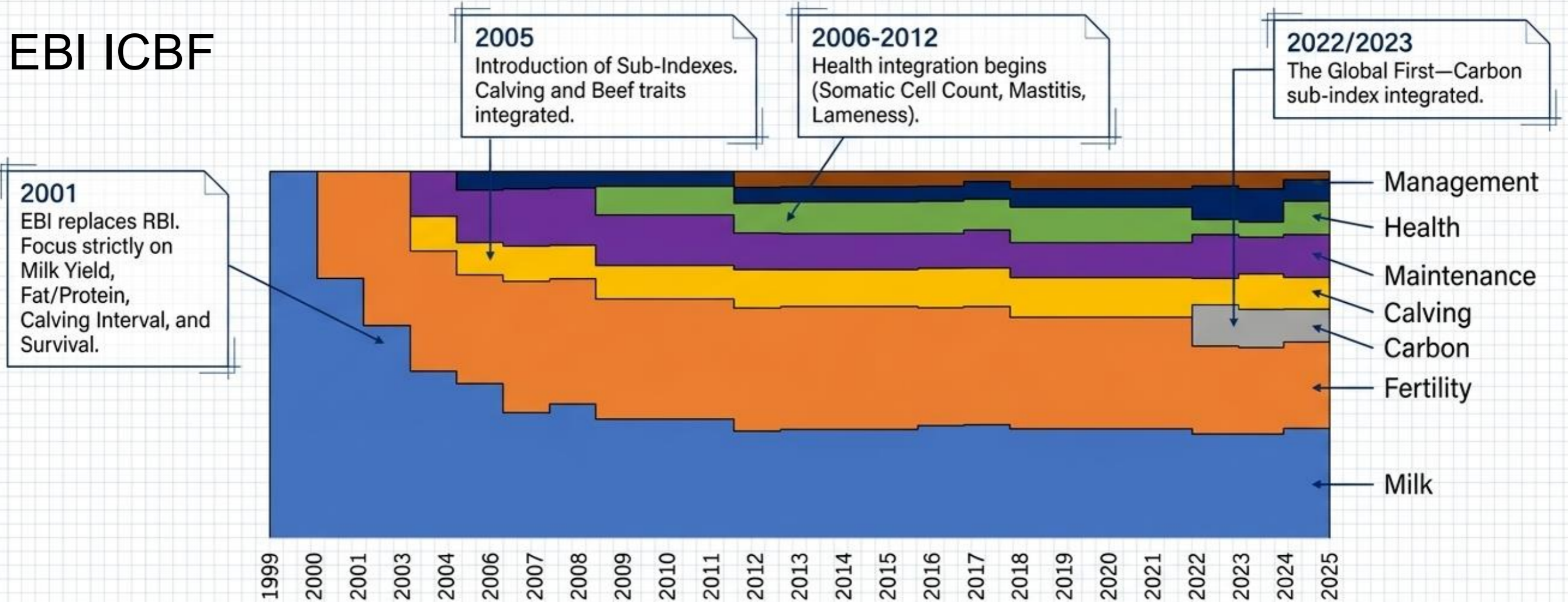
Merito Neto CDCB



Producir más ya no es suficiente. El índice NM\$ eliminó por completo el volumen de leche líquida (0% de peso actual) para priorizar la longevidad, la salud y los sólidos.

The Anatomy of Agricultural Profit (1999–2025)

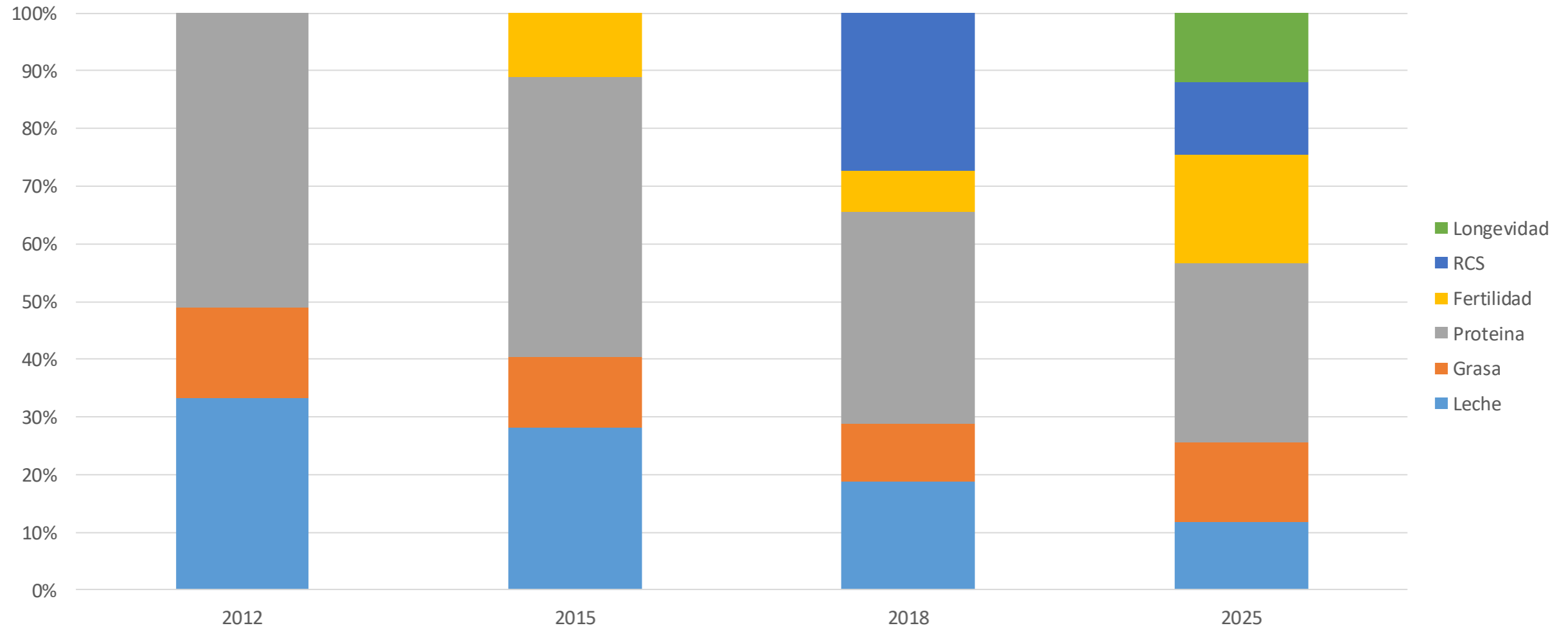
EBI ICBF



Takeaway Pod: Of the total genetic gain in the last decade, 54% arises from enhanced fertility/survival, and 43% from milk-related profitability.

Indice IEP

Valor Económico Relativo





Different Goals, Common Ground: A Global Perspective on Dairy Breeding Objectives

D. P. Berry,^{1*} F. Miglior,² C. Schmidtman,³ K. Byskov,⁴ H. Splitteroff,⁴ M. Roeland,⁵ R. Finocchiaro,⁶ G. De Jong,⁷ J. Cole,⁸ J. Graham,⁹ A. Barenco,¹⁰ T. F. O. Neuenschwander,¹¹ M. Winters,¹² P. Amer,¹³ M. Axford,¹⁴ K. Wijnrocx,¹⁵ N. Gengler,¹⁵ B. E. Mostert,¹⁶ M. Kelleher,¹⁷ J. A. Jiménez-Montero,¹⁸ O. Gonzalez-Recio,¹⁹ K. Potočník,²⁰ E. Ezra,²¹ J. Weller,²¹ L. Bognár,²² K. Rzewuska,²³ M. Pszczola,^{23,24} T. Osawa,²⁵ I. Aguilar,²⁶ and R. D. López-Correa²⁷

21



Países y regiones

22



Índices de Mérito Total
analizados simultáneamente.

49,450



Sementales Holstein-Friesian
de alta confiabilidad (>70%)
nacidos desde el año 2000.

Different Goals, Common Ground: A Global Perspective on Dairy Breeding Objectives

D. P. Berry,^{1*} F. Miglior,² C. Schmidtman,³ K. Byskov,⁴ H. Splittorff,⁴ M. Roeland,⁵ R. Finocchiaro,⁶ G. De Jong,⁷ J. Cole,⁸ J. Graham,⁹ A. Barenco,¹⁰ T. F. O. Neuenschwander,¹¹ M. Winters,¹² P. Amer,¹³ M. Axford,¹⁴ K. Wijnrocx,¹⁵ N. Gengler,¹⁵ B. E. Mostert,¹⁶ M. Kelleher,¹⁷ J. A. Jiménez-Montero,¹⁸ O. Gonzalez-Recio,¹⁹ K. Potočník,²⁰ E. Ezra,²¹ J. Weller,²¹ L. Bognár,²² K. Rzewuska,²³ M. Pszczola,^{23,24} T. Osawa,²⁵ I. Aguilar,²⁶ and R. D. López-Correa²⁷

Correlación promedio global de 0.65 entre índices
Las similitudes son mayores entre países con sistemas de producción y entornos económicos comparables.



Tres enfoques principales para ponderar rasgos

El 38% usa modelos económicos de ganancia, el 29% busca ganancias estratégicas deseadas y el resto aplica métodos híbridos.



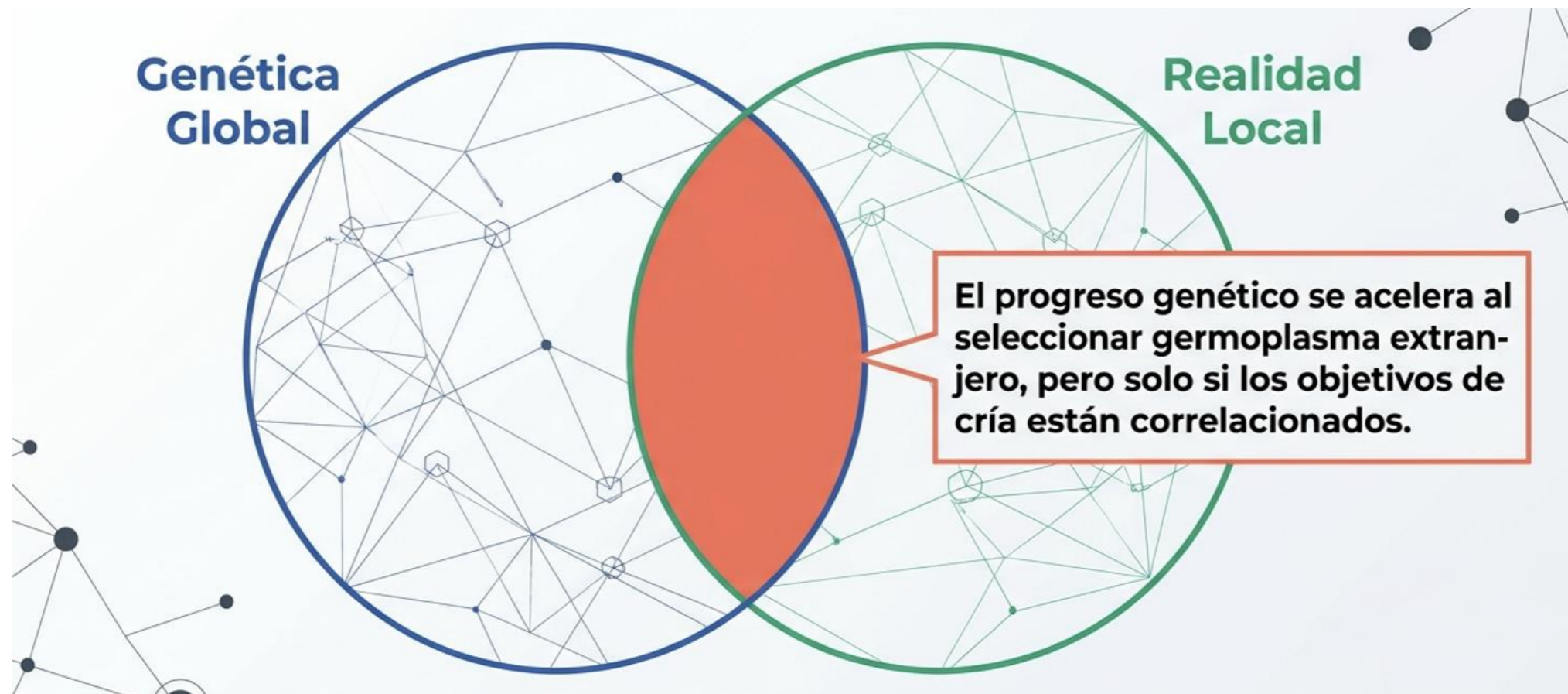
El peso del rendimiento de leche varía drásticamente

Ocho países aplican peso negativo al volumen de leche, mientras que otros cuatro lo mantienen positivo para maximizar producción.

Del rendimiento a la sostenibilidad y salud

Las prioridades futuras incluyen salud (leucosis, Johne), emisiones de metano y eficiencia alimenticia sobre el volumen de producción.

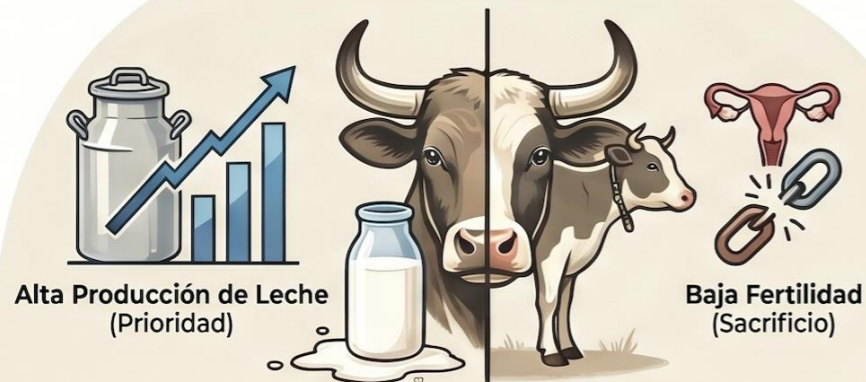
La paradoja de la selección global



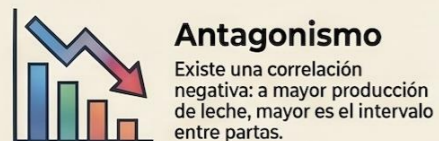
Un toro de élite en un sistema puede ser subóptimo en otro. El éxito depende de alinear los índices de mérito global con las presiones geográficas, económicas y de mercado locales.

Producción y Fertilidad: superando antagonismo genético por Índice EBI

EL DILEMA HISTÓRICO (1996-2000)



Antagonismo Genético



Solo 2% de éxito combinado



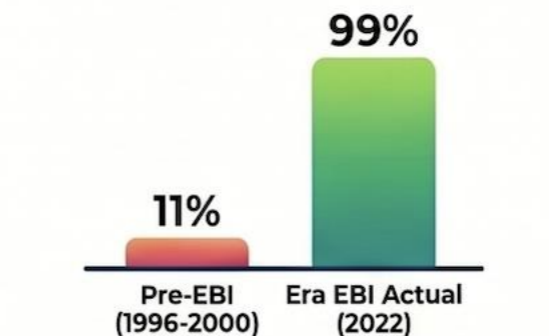
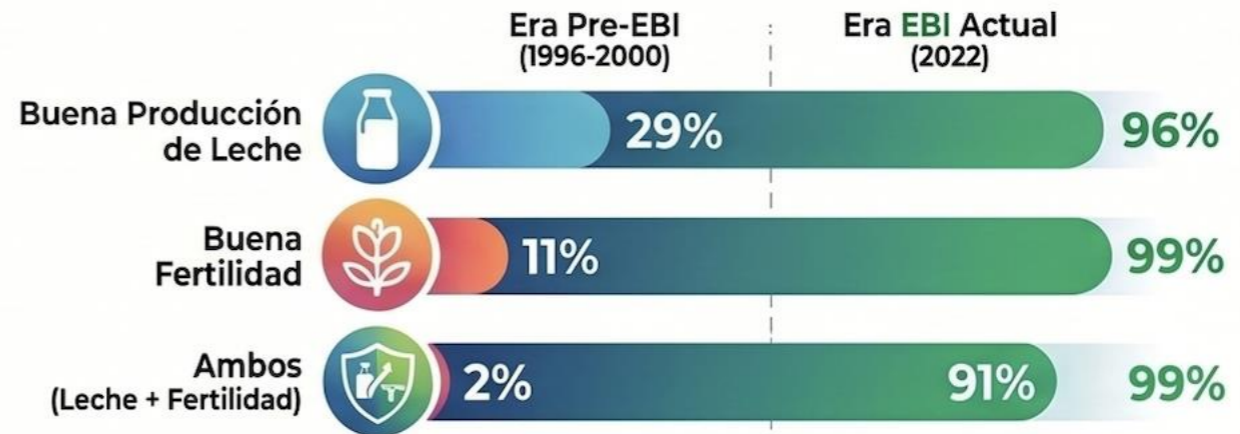
Antes del EBI, apenas el 2% de los toros poseía buena producción y fertilidad simultáneamente.



Selección Desequilibrada

Se priorizaba la leche (29% de toros óptimos) sobre la fertilidad (solo 11% óptimos).

IMPLEMENTACIÓN DEL ÍNDICE EBI



Salto en Fertilidad Genética

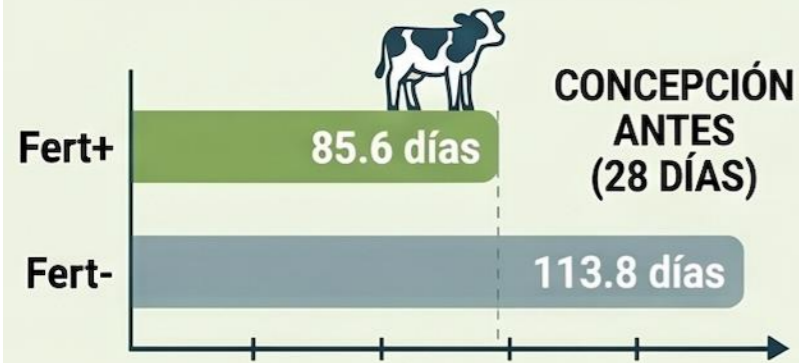
El porcentaje de toros con buena fertilidad aumentó del 11% al 99% en dos décadas.

Fertilidad Genética en Vacas Holstein: Productividad y Eficiencia

Estudio comparativo entre vacas Holstein con mérito genético de fertilidad positivo (**Fert+**) y negativo (**Fert-**). A pesar de tener un potencial genético similar para la producción de leche, las vacas seleccionadas por fertilidad muestran una eficiencia superior en sistemas basados en pastoreo.

RENDIMIENTO REPRODUCTIVO SUPERIOR

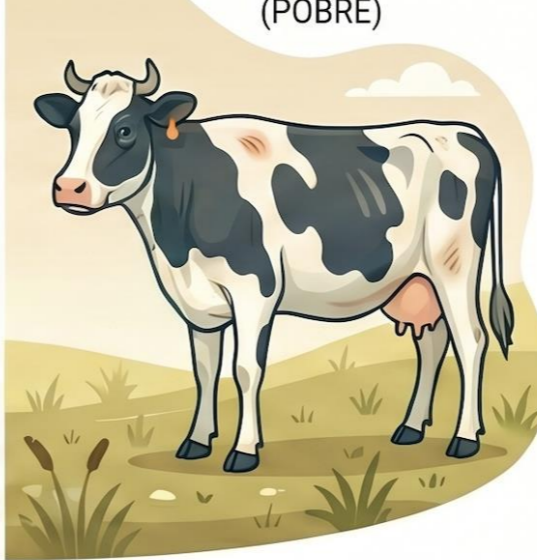
INTERVALO PARTO-CONCEPCIÓN



GRUPO FERT+ (BUENA)



GRUPO FERT- (POBRE)



RESUMEN COMPARATIVO (INDICADORES CLAVE)

PARÁMETRO	GRUPO FERT+ (BUENA)	GRUPO FERT- (POBRE)
Producción de Leche	19.5 kg/día	18.7 kg/día
Servicios por Vaca	1.78	2.83
Días al Concepción	85.6 días	113.8 días

PRODUCCIÓN Y SALUD METABÓLICA

MAYOR PRODUCCIÓN DE LECHE DIARIA



CONTRA LO ESPERADO, PRODUCEN MÁS LECHE

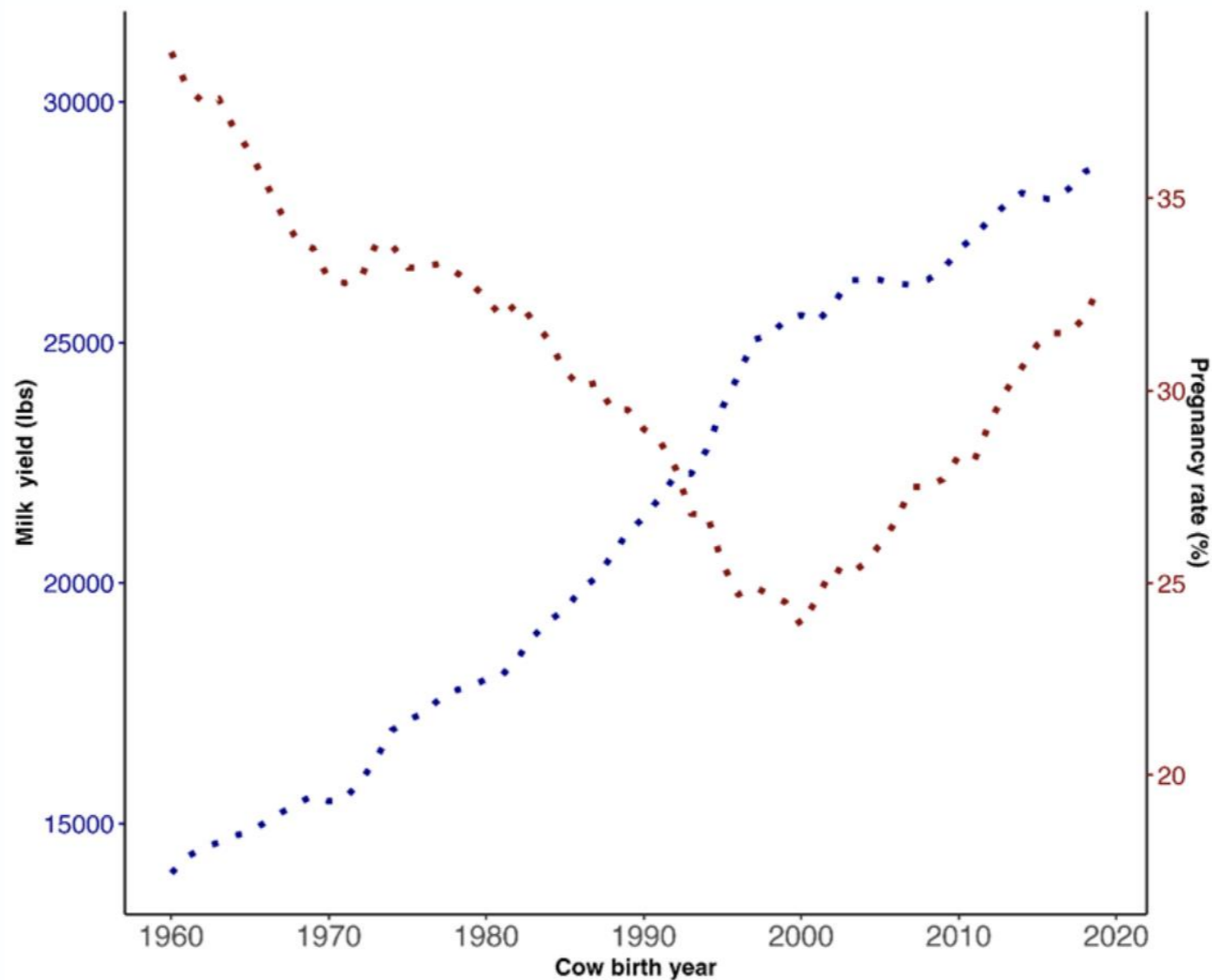
MEJOR CONDICIÓN CORPORAL (BCS)



MANTIENEN MAYORES RESERVAS DURANTE LACTANCIA

MENORES RESERVAS

Relacion entre tasa produccion de leche y tasa de preñez en EEUU



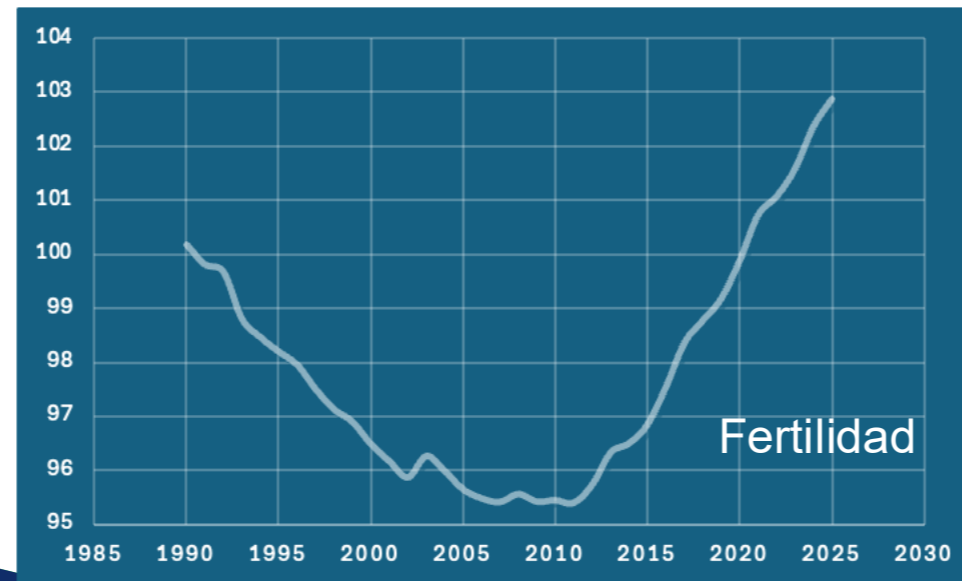
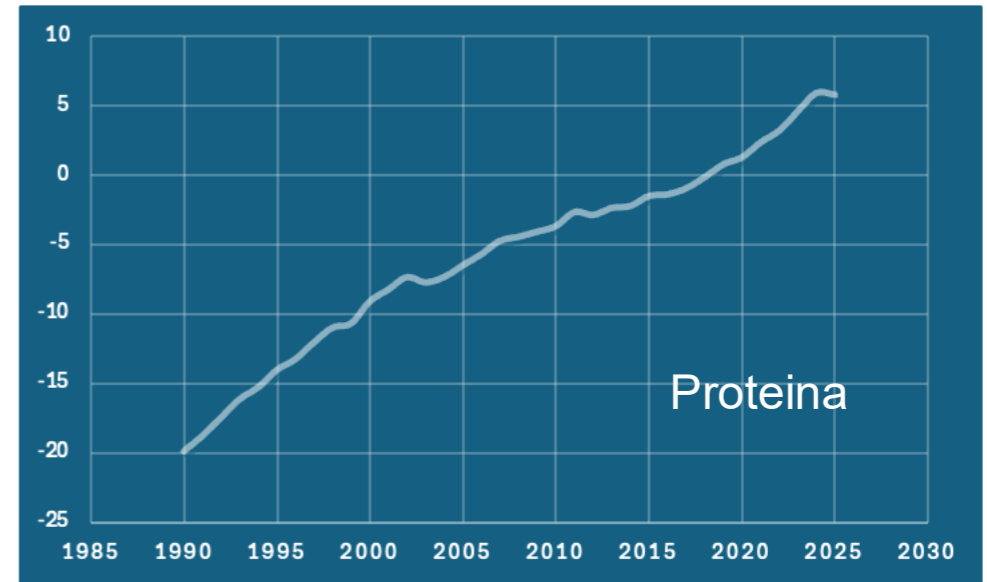
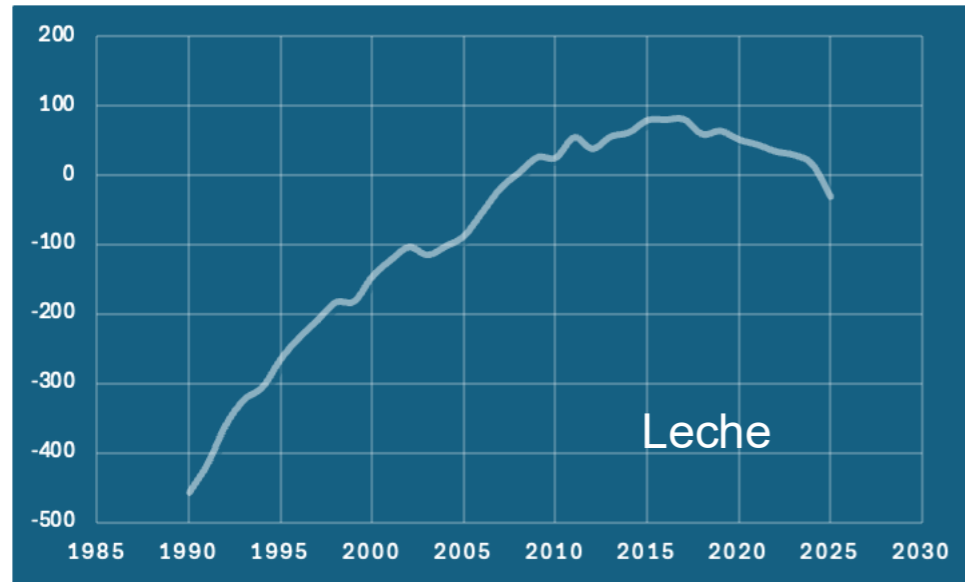
Mejora genética lechera a nivel internacional



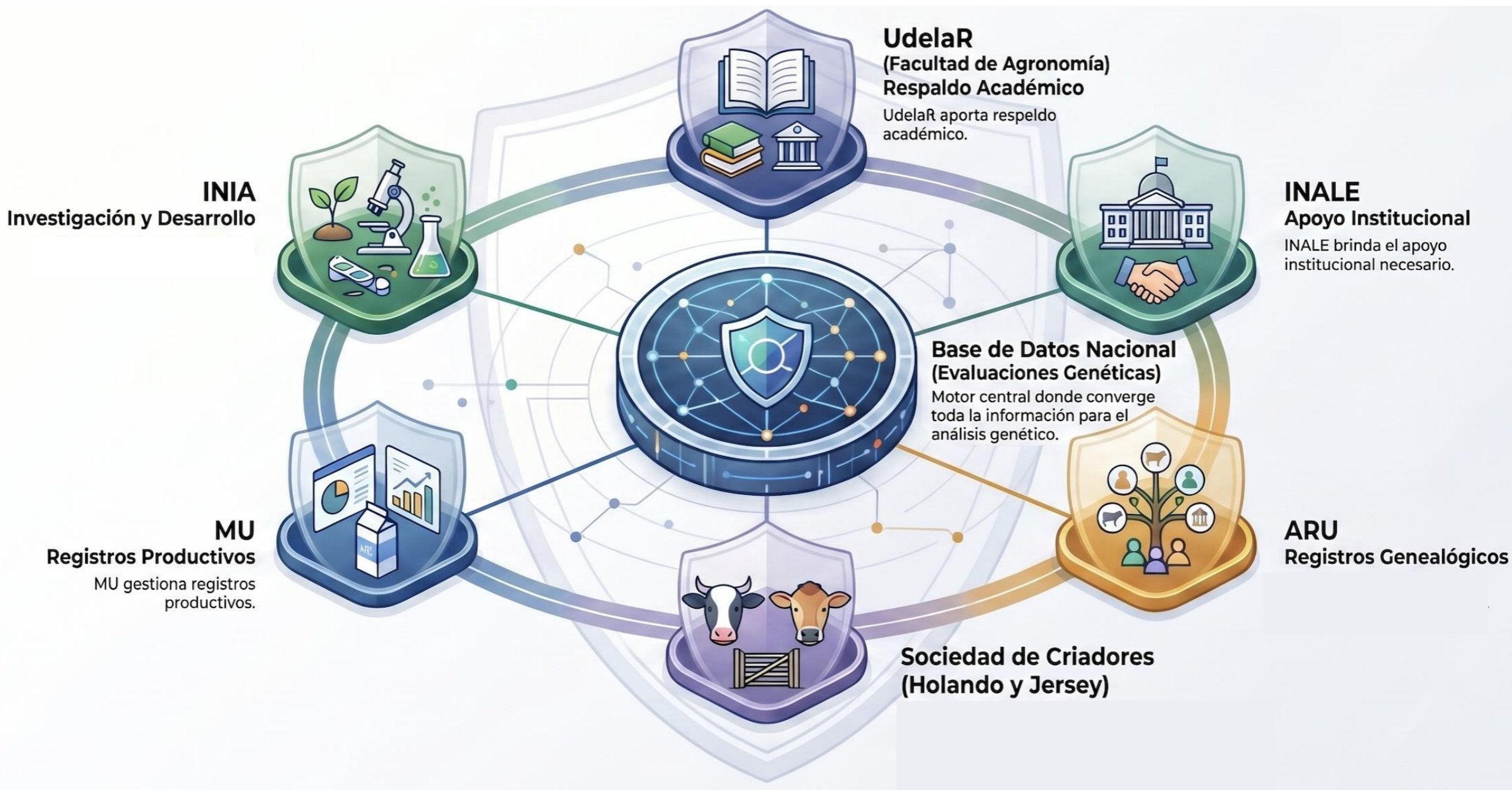
Que tienen en común

- Sistemas nacional de **registros productivos**
- **Indices de selección** desarrollados en funcion de **condiciones de produccion/mercados en cada pais**
- Evaluaciones **genómicas** establecidas
- Sistemas de apoyo para **toma de decisiones** en mejora genetica
- **Decisiones de mejora genética basada en datos**

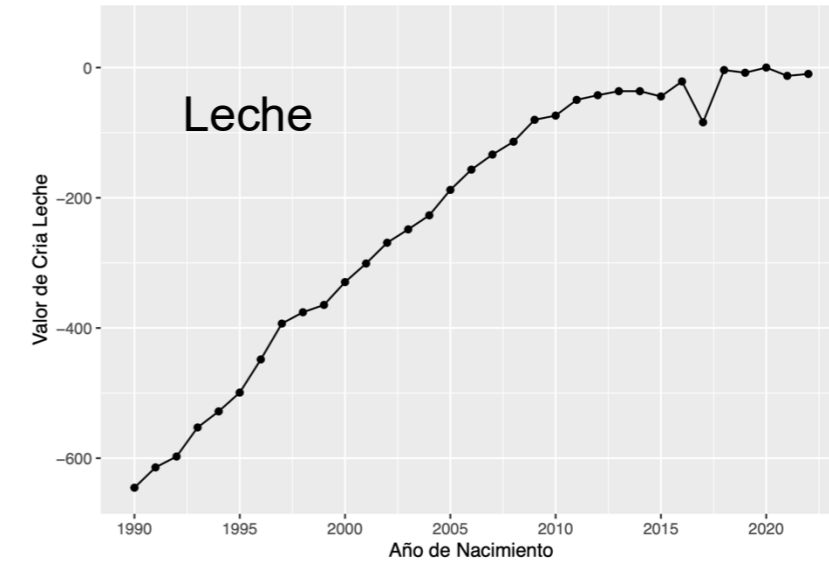
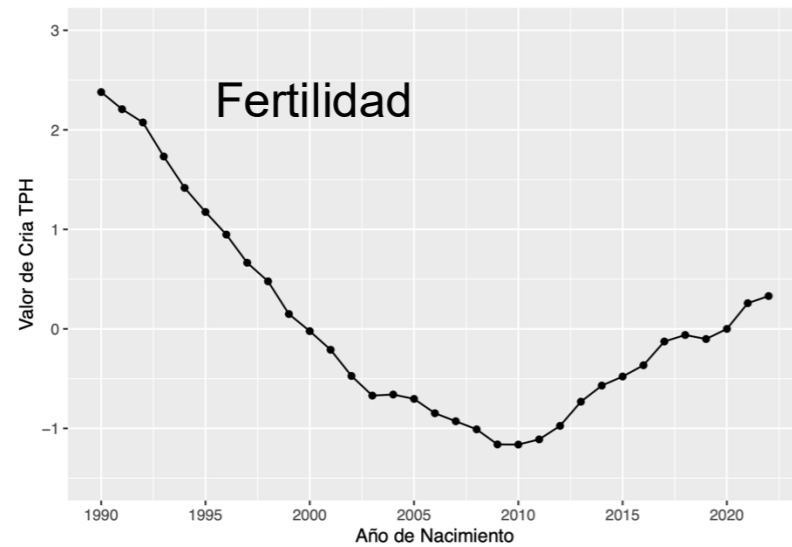
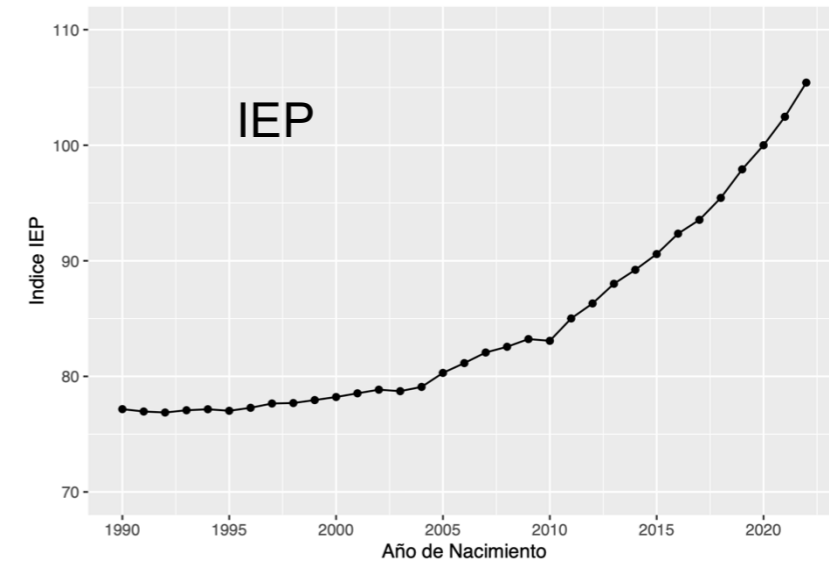
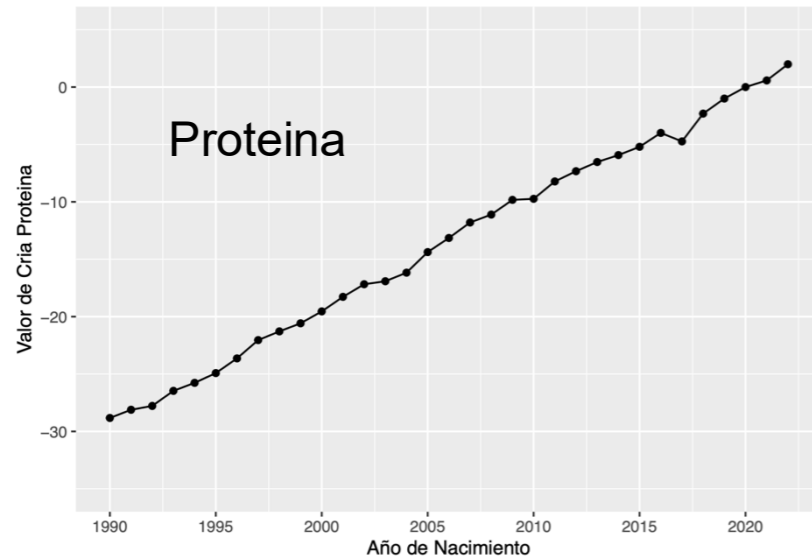
Ejemplo tendencias Genéticas DataGene



El ecosistema de la Mejora Genética Lechera en Uruguay

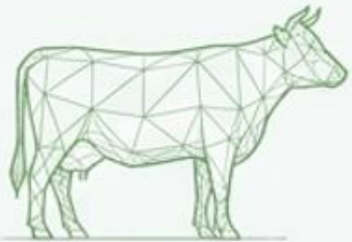


Nuestras Tendencias Geneticas

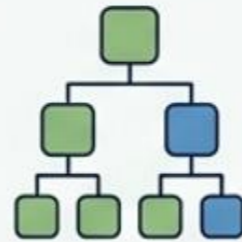


2009: El Punto de Inflexión Genómico

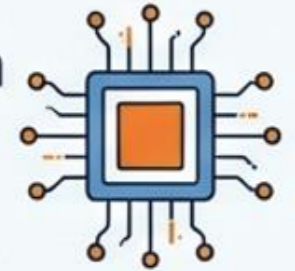
Basado en el estudio de Guinan et al., 2022 (Journal of Dairy Science)



Prueba de Progenie (Pre-2009)



Selección Genómica Genómica (Post-2009)

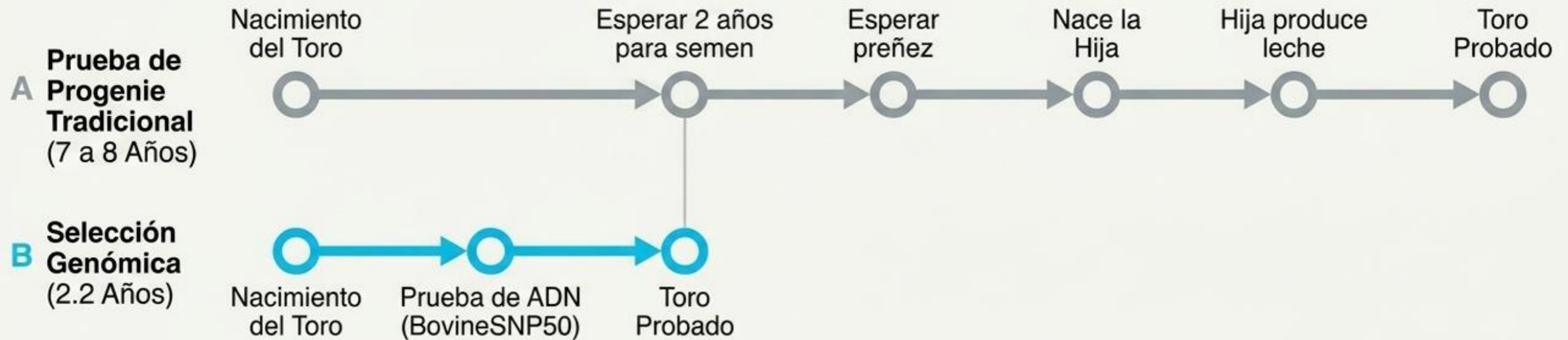


2009

- Evaluación tradicional.
- Basada en pedigrí y fenotipos (rendimiento de las hijas).
- Dinámica lenta y de alto costo operativo.

- Evaluación GBLUP.
- Predicción del Valor Genético Directo (DGV) a partir de marcadores SNP de ADN combinados con el promedio de los padres.

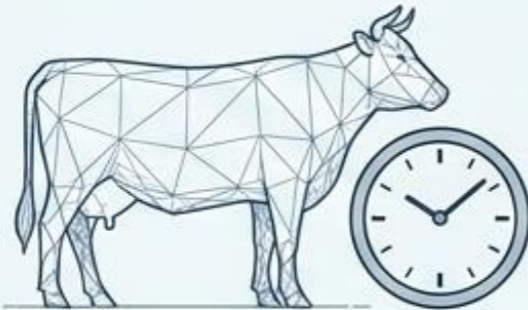
La Máquina del Tiempo: Comprimiendo el Intervalo Generacional.



Reducir el intervalo de 7 años a 2.2 años literalmente duplica la velocidad del progreso genético en su rodeo.

Comprimiendo el Tiempo: El Colapso del Intervalo Generacional

La Vía Lenta



7.1 Años

(Histórico Holstein).

El toro debía esperar a que sus hijas nacieran, crecieran y produjeran leche para probar su mérito genético.

La Vía Rápida



2.2 Años

(Actualidad Holstein).

Los animales son evaluados genómicamente al nacer y seleccionados como reproductores inmediatamente.

2009

Reducción del Intervalo Generacional (Años)



La selección genómica no solo mejoró la precisión; alteró la velocidad de la biología reproductiva.

El Triunfo de la Producción: Aceleración Post-2009

Cambio unitario anual en Toros Holstein (Pre-Genómica vs. Post-Genómica)

Proteína



Pre-SG: +0.98 kg/año
Post-SG: +2.87 kg/año

+192% de Aceleración

Grasa



Pre-SG: +1.97 kg/año
Post-SG: +4.94 kg/año

+151% de Aceleración

Leche



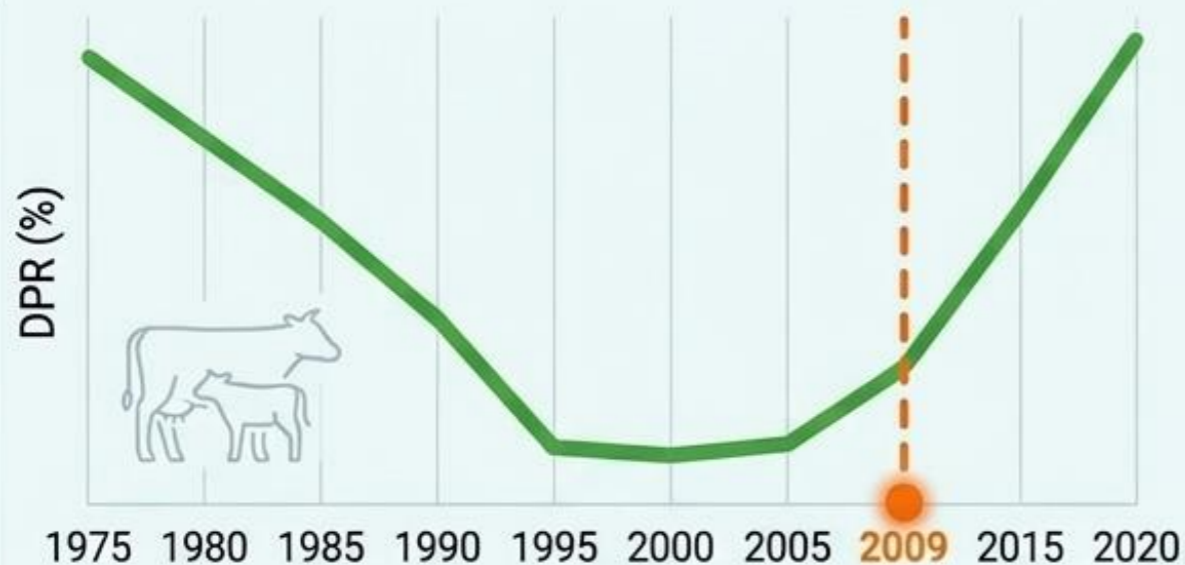
Pre-SG: +34.7 kg/año
Post-SG: +62.3 kg/año

+79% de Aceleración

La precisión de la SG colapsó el tiempo, permitiendo ganancias genéticas históricas. Los toros Jersey mostraron patrones similares, aunque con un progreso estabilizado en volumen de leche, alineado a sus objetivos de raza.

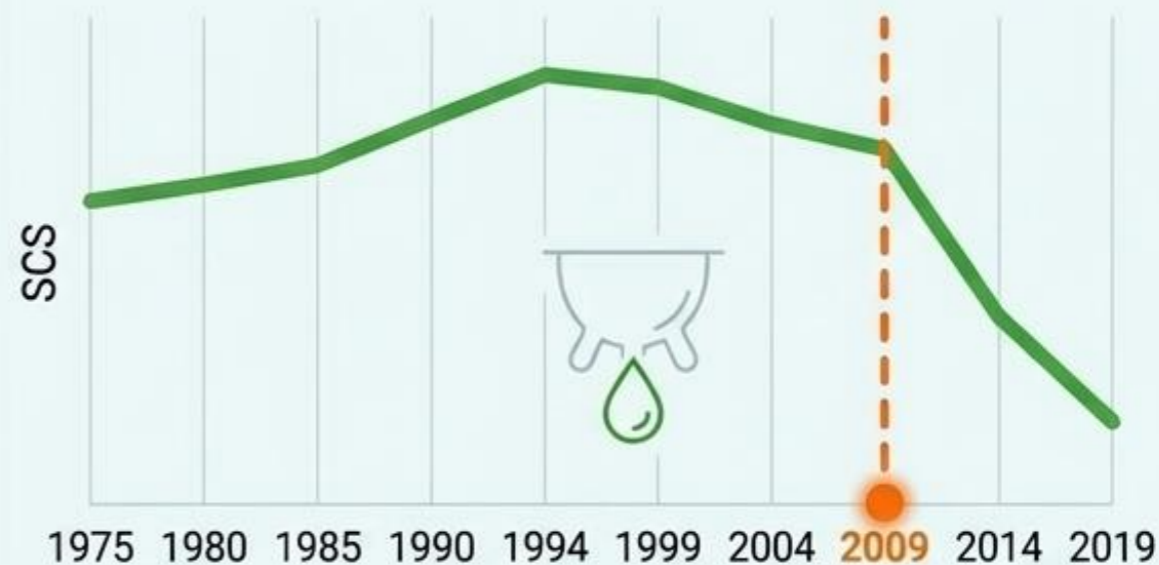
Revirtiendo la Caída: El Rescate de la Fertilidad y la Salud

Tasa de Preñez (DPR)



Tras una caída histórica de 12 puntos porcentuales en Holstein por el antagonismo genético con la producción, la SG y la actualización de índices revirtieron la tendencia (+114% de cambio de trayectoria post-SG).

Células Somáticas (SCS) - Menor es Mejor



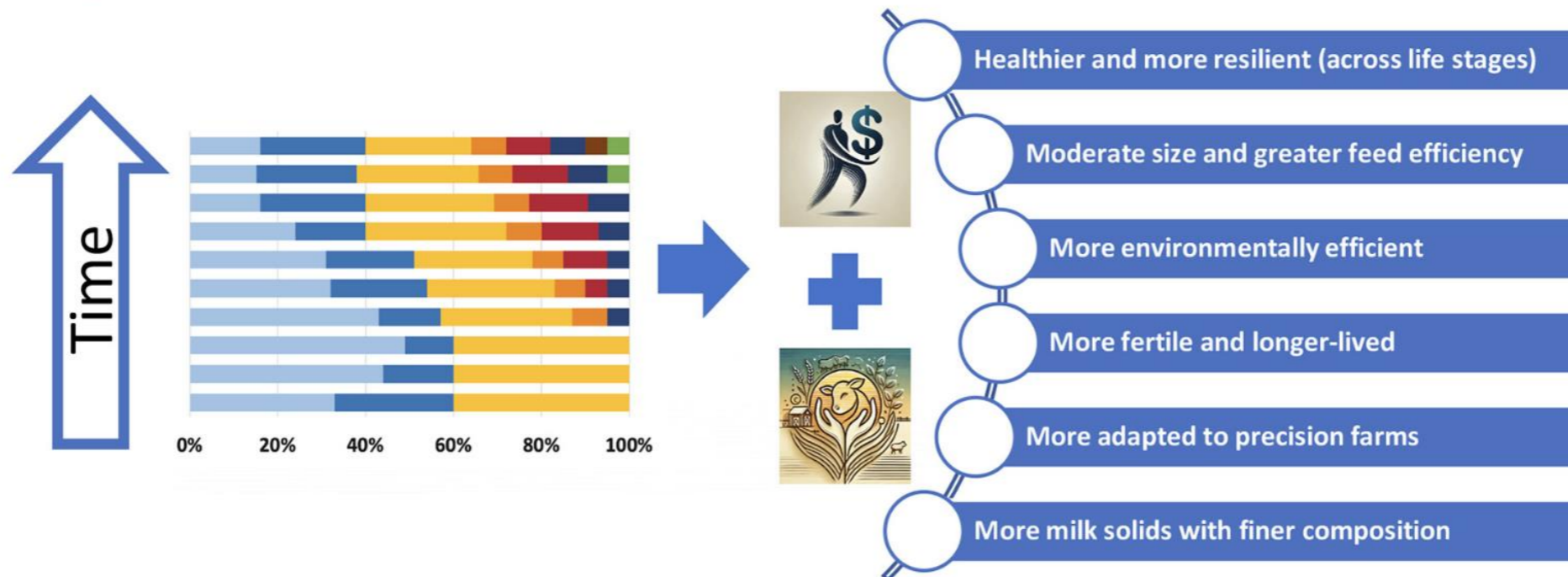
Introducido en 1994, tomó 6 años cambiar la dirección. Hoy, la genómica acelera la reducción de mastitis, mejorando drásticamente la calidad de la leche y el bienestar animal.

El poder de la genómica no solo acelera lo bueno, sino que corrige rápidamente los antagonismos genéticos del pasado.



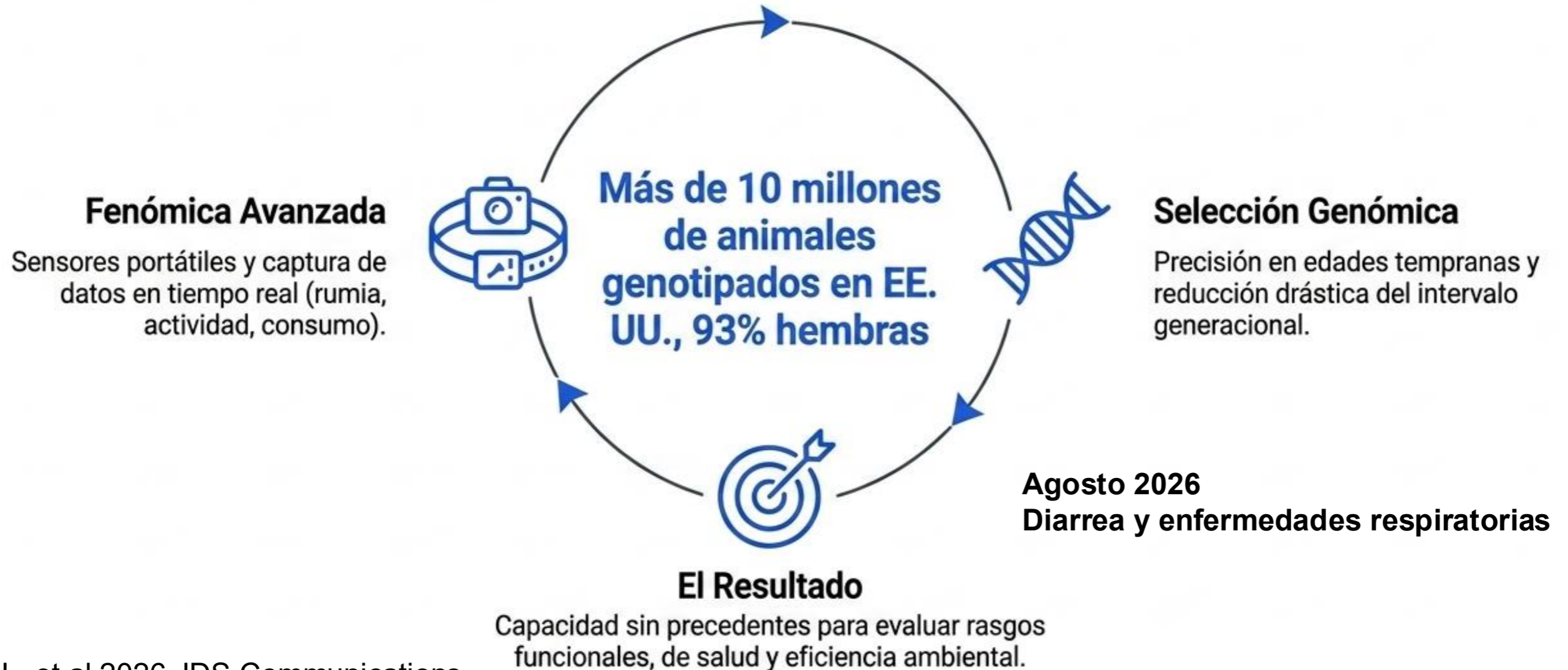
Genomics and phenomics: Who will be the dairy cows of the future?

Luiz F. Brito,* Allan P. Schinckel, and Hinayah Rojas de Oliveira



El catalizador del cambio: Intersección de Genómica y Fenómica

Históricamente, los rasgos de salud y bienestar eran imposibles de seleccionar debido a su baja heredabilidad y la dificultad de medirlos.



Pilar 3: Sinergia con la Automatización (AMS)

La vaca del futuro no será manejada por humanos, sino por Sistemas de Ordeño Automatizado (AMS). La conformación física y el comportamiento deben adaptarse a la máquina.

Coordenadas Cartesianas (XYZ)

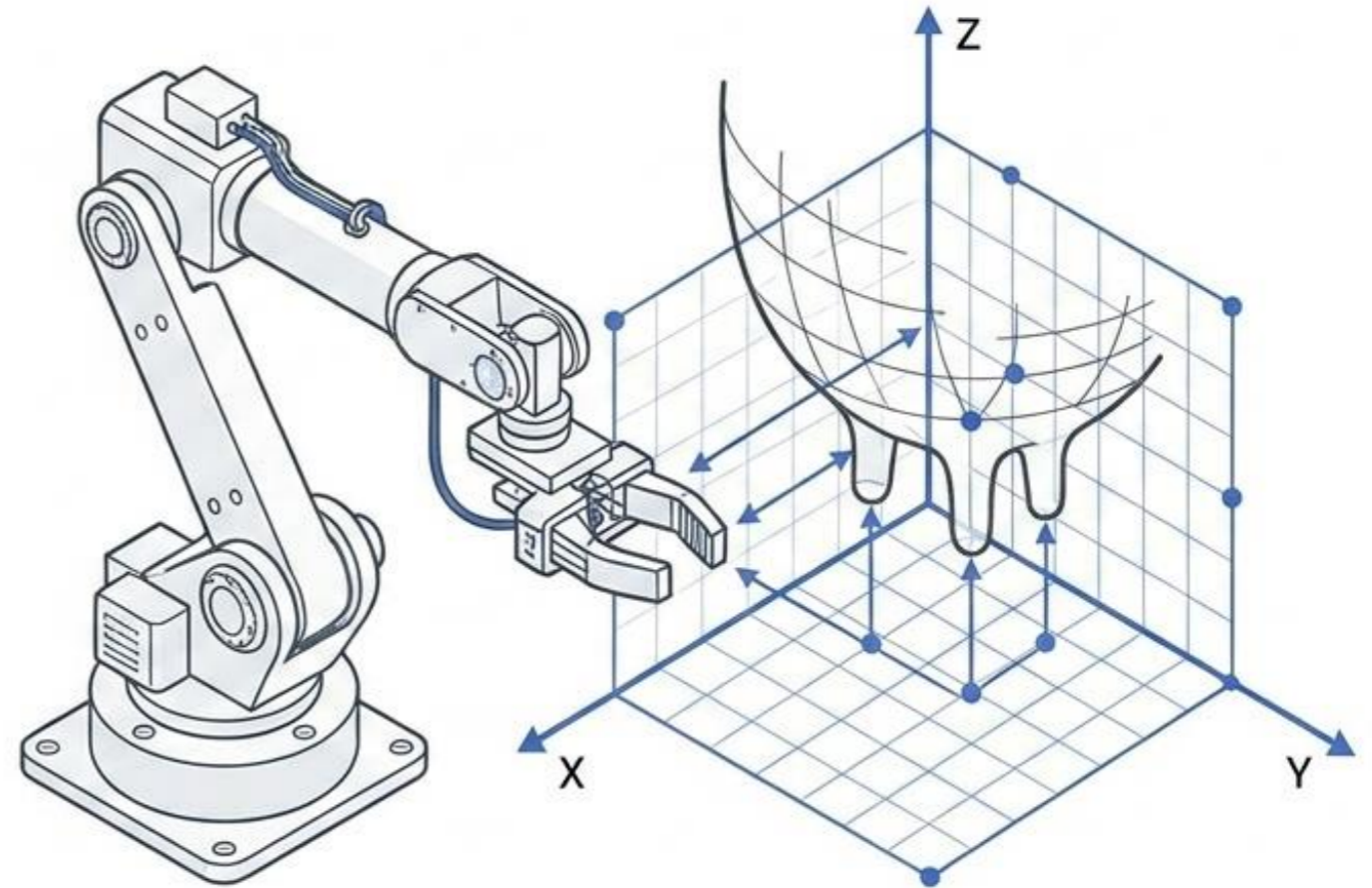
Ubicación perfecta, longitud y anchura de los pezones para optimizar el acoplamiento del láser/robot.

Velocidad de Ordeño

Vacas de ordeño rápido aumentan el rendimiento del sistema (flujo de animales por robot).

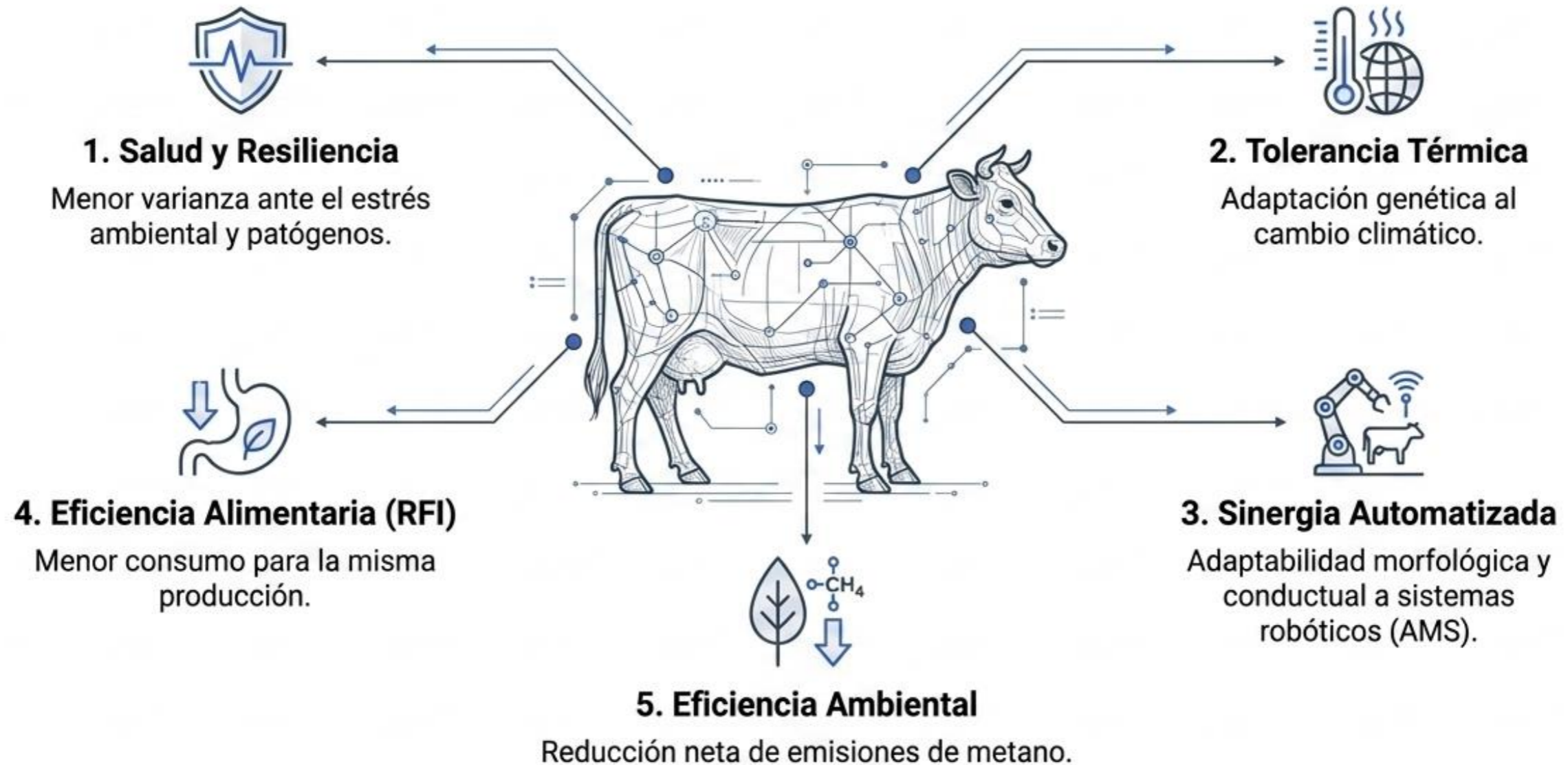
Plasticidad Conductual

Selección por docilidad y consistencia en la preferencia de visitas al AMS. Un temperamento dócil reduce los costos laborales y mejora el bienestar.



Arquitectura de la Vaca del Futuro

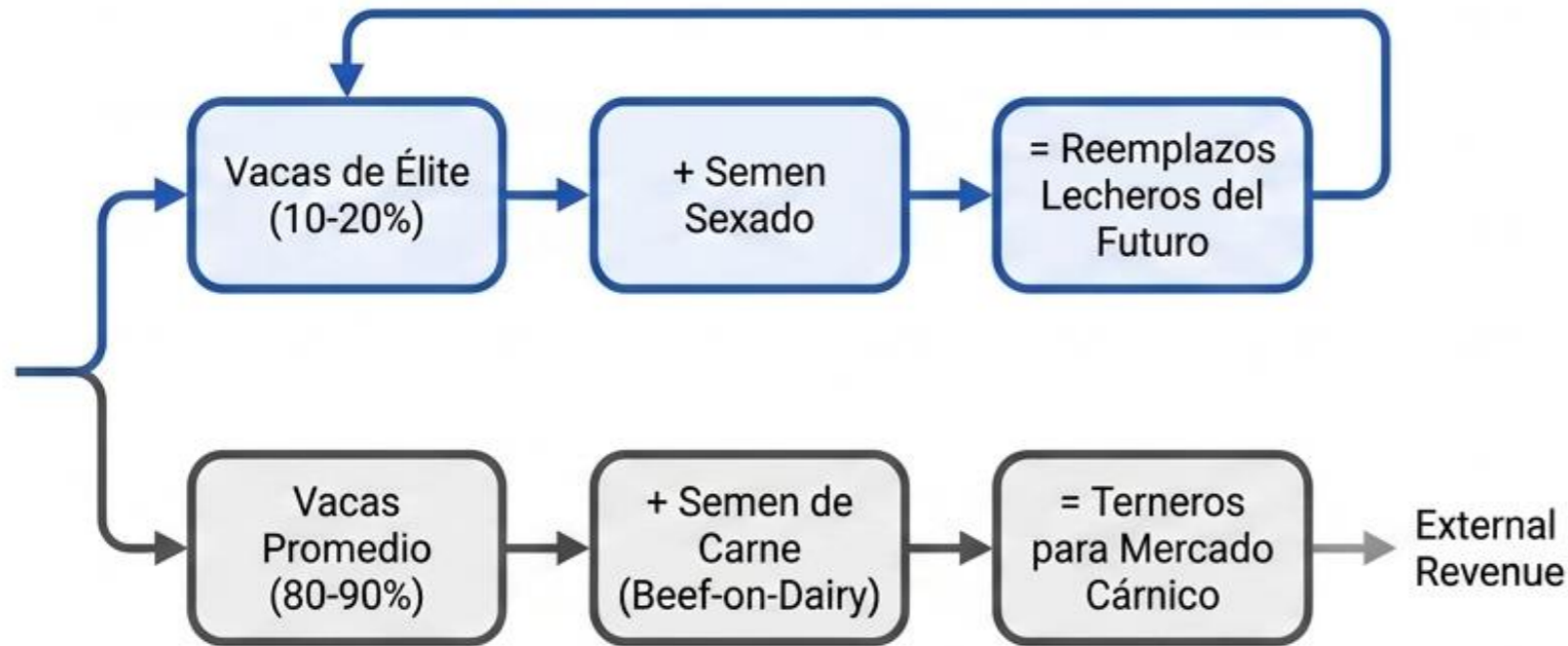
Brito, L. et al 2026 JDS Communications



Un cambio de paradigma: De la maximización del volumen a la optimización del equilibrio biológico.

La Reestructuración del Sector: Cruces Estratégicos

La genómica de precisión permite una segmentación radical del rebaño comercial.



El Modelo Bifurcado

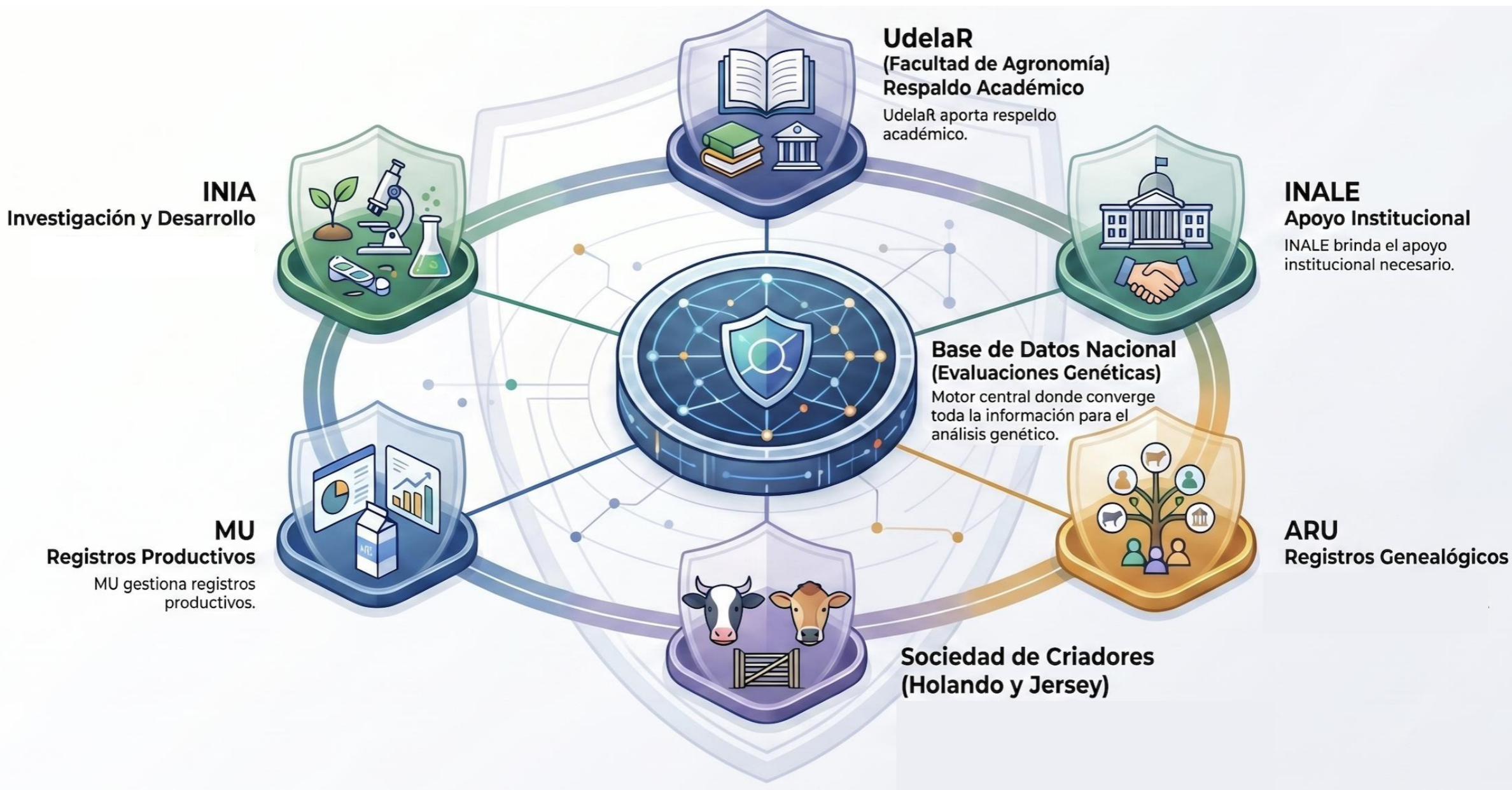
Uso de semen sexado exclusivamente en el percentil superior para garantizar los reemplazos generacionales de élite.

Uso generalizado (>90% de inseminaciones en rebaños promedio) de esquemas Beef-on-Dairy para diversificar ingresos.

Cruces de Precisión

Auge de razas compuestas adaptadas regionalmente (ej. Girolando en Brasil) combinando alta producción (Holstein) con extrema resiliencia térmica y parasitaria (Gyr).

El ecosistema de la Mejora Genética Lechera en Uruguay



El objetivo central es predecir el mérito genético con exactitud

La Meta: Identificar y seleccionar animales genéticamente superiores para maximizar la rentabilidad del sistema lechero nacional.

Rasgos Evaluados Rutinariamente:



AGOSTO 2023 comienzo era Genómica

Méritos genómicos nacionales

La adopción de la evaluación genómica nacional no fue un simple ajuste; fue la activación de la base de datos más robusta de nuestra historia.

~25,000

Animales genotipados.

~13,000

Toros con datos de hijas.

9 Millones

Controles lecheros históricos.

~680,000

Animales en la evaluación local (>800 tambos).

El Salto Cuántico en Precisión.

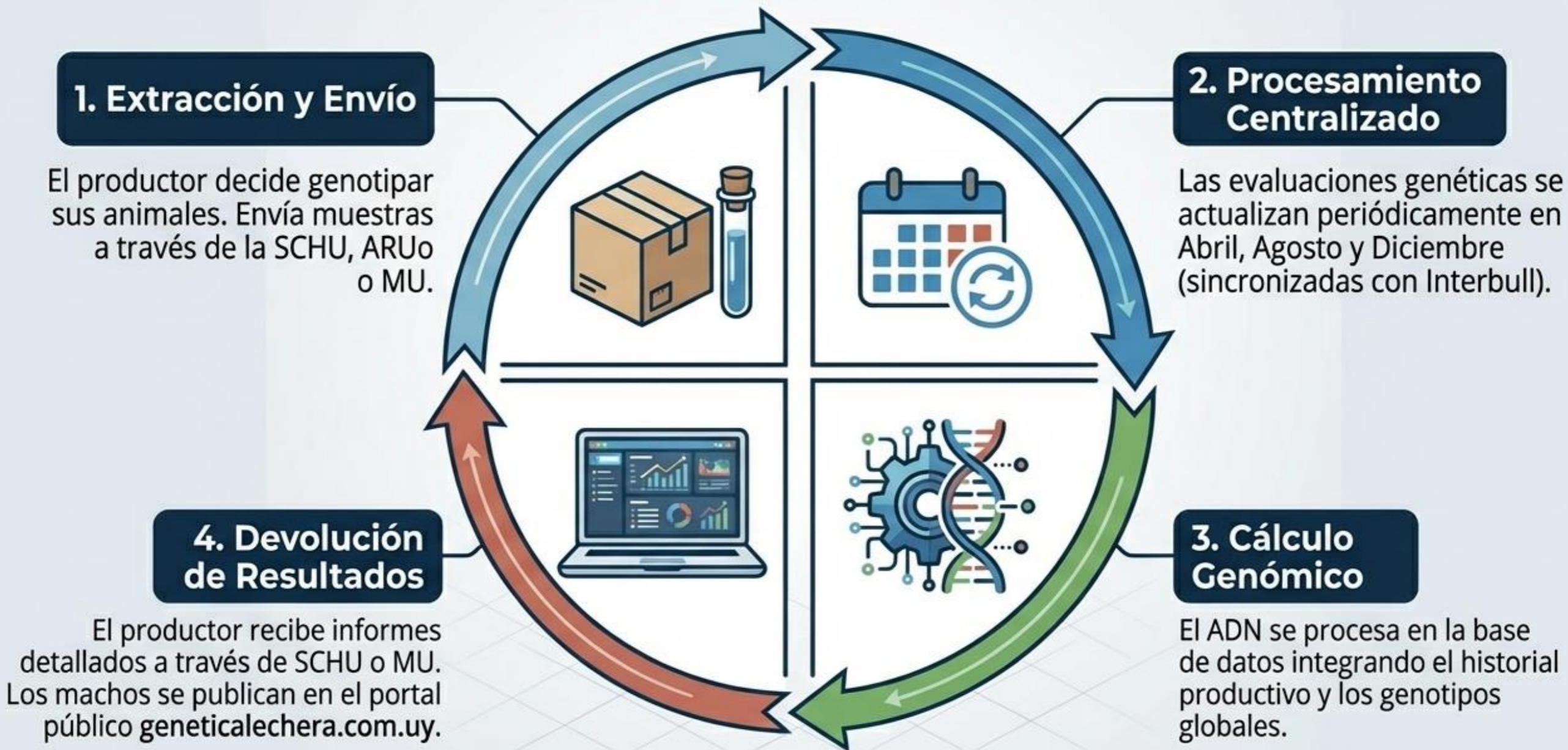
URUGUAY

Mayor certidumbre en animales jóvenes, desde el nacimiento.



Pasamos de apostar por una promesa a invertir con base en **evidencia digital.**

De la ciencia al tambo: Su implementación operativa



¿Qué significa esto para su tambo mañana?



Selección Temprana y Precisa

Ya no hay que esperar lactancias. Puede seleccionar toritos y descartar vaquillonas de reemplazo con alta confiabilidad a los pocos días de vida.



Sinergia con Semen Sexado y TE

Al conocer las mejores hembras genómicas de su rodeo, puede potenciar su descendencia usando semen sexado o transferencia embrionaria con seguridad absoluta.



Maximización de Rentabilidad

Acelera drásticamente el crecimiento del IEP de su establecimiento, mejorando simultáneamente la producción, la preñez y la salud de ubre.

Cuatro pilares de nuestra evaluación genética lechera



1. Arraigo Nacional

Nuestra evaluación genética está consolidada y calibrada explícitamente para los sistemas de producción uruguayos.



2. Conexión Global

Procedimientos eficientes que nos permiten capitalizar la información genómica y productiva externa a través de Interbull.



3. Datos Híbridos

Predicciones genómicas de vanguardia sostenidas simultáneamente por datos nacionales e internacionales.



4. Acceso Inmediato

Una herramienta de selección genómica que ya está plenamente operativa y disponible para transformar la rentabilidad de todos los productores.

La herramienta está lista. El futuro de su rodeo comienza hoy.

La Revolución Genómica ya es una realidad nacional. Confiable, probada y diseñada para la rentabilidad de la ganadería uruguaya.

Consulte las evaluaciones actualizadas en:
www.geneticalechera.com.uy

INIA Uruguay | @INIA_uy | iaguilar@inia.org.uy

