

Mejoramiento genético en resiliencia y robustez

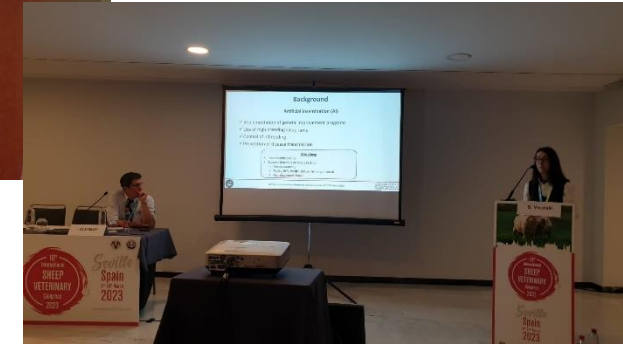
**I De Barbieri, E Navajas, F Douhard,
J Conington, Z Ramos, G Ciappesoni**

De Barbieri, I., Navajas, E., Douhard, F., Conington, J., Ramos, Z., & Ciappesoni, G. (2023).
PL-8 A review of sheep resilience. *Animal-science proceedings*, 14(1), 11-12.



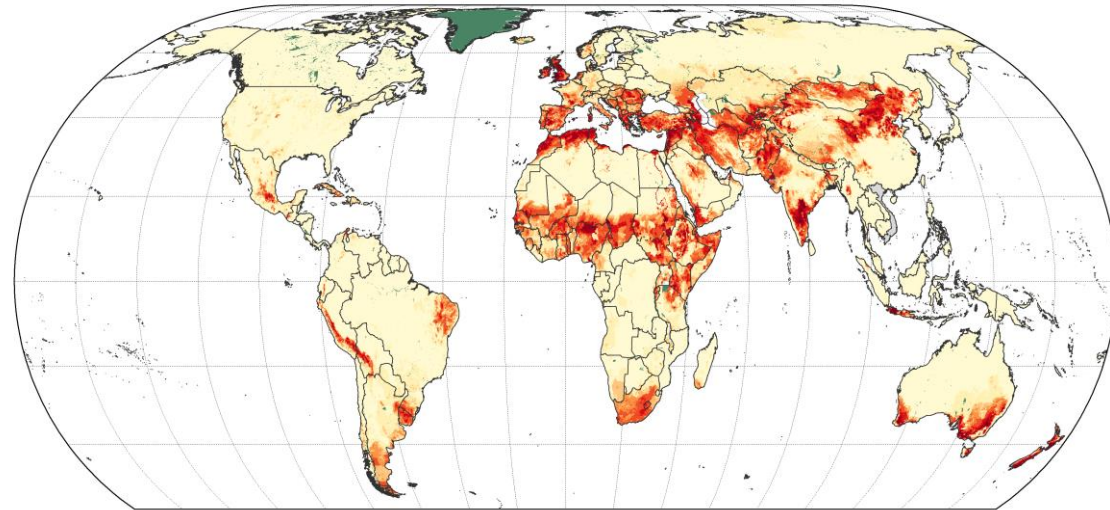
Contenido:

- Contexto productivo
- Conceptos detrás de las palabras
- Características potenciales MG
- Consideraciones



Contexto de producción ovina

Gilbert et al. 2022. Global sheep distribution in 2015, Harvard Dataverse, V1
WWF. 2018. Living Planet Report - 2018: Aiming Higher. 75 p
Mottet et al. 2017. Global Food Security 14, 1–8.
Joy et al. 2020. Animals 10, 867



Desde regiones húmedas a áridas
Acceso variable al alimento (cantidad y calidad) y al agua
Sistemas al aire libre en pastoreo sobre suelos marginales hasta sistemas intensivos indoors muy controlados

Desafíos globales:

Competición comida/alimento
Uso de tierras arables
Contribución a emisiones de GEI
Coexistencia con la vida salvaje
Mano de obra

Es:

Fuente de fibra y alimento
Relevancia socio-económica (ingreso, seguridad alimentaria, bienestar de las personas, inclusion de género)
Potencia rol en el ciclo de C biogénico
Servicios ecosistémicos (reciclado, biodiversidad,...)

Contexto de producción ovina

Mayor temperatura
Cambios en lluvias (cantidad, estacionalidad, variabilidad)
Eventos climáticos más extremos
Más fuerte en áreas tropicales y sub-tropicales
Henry et al. 2018. *Animal*, 12, S445–S456.



Fisiología, bienestar,
comportamiento,
producción (crecimiento,
leche, lana, reproducción)



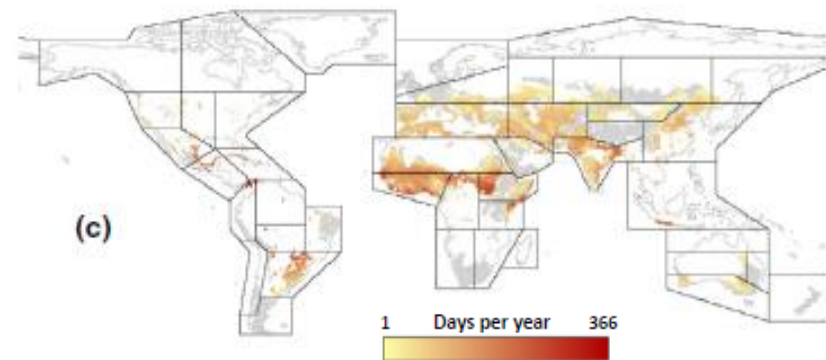
Alimento: disponibilidad,
composición, calidad
Disponibilidad agua

Cambios en
pestes/enfermedades

Cambios/desafíos esperados vinculados a cada región

Pueden ser negativos o positivos

Estrés calórico extremo (THI).
Modificación potencial sobre lo
actual en el peor escenario
Thornton et al. 2021. *Global Change
Biology* 27, 5762–5772



Población de ovinos (%) con al menos 1 día de EC

	2090	
2000	Mejor escenario	Peor escenario
10.7	19.9	63.2

Futuro

- **Menos alimento para humanos destinado a ovinos**
- **Menos acceso a tierras arables**
 - **Comida de peor calidad**
 - **Comida más variable**
 - **Áreas marginales**
- **Perturbaciones ambientales**
- **Condiciones ambientales heterógeneas**
- **Condiciones climáticas más complejas**
- **Pestes, enfermedades**

Friggens et al. 2017. *Animal*, 11(12), 2237–2251.

**Robustez
Resiliencia**



**Animales seleccionados
por alta producción**

Definiciones (nivel animal)

- **Robustez**
 - **La habilidad, frente a restricciones ambientales, de seguir haciendo las diversas cosas que el animal necesita hacer para favorecer su capacidad futura de reproducirse.** (Friggens et al., 2017)
 - **Combinación de mecanismos múltiples e interactivos**
 - **Supervivencia (muerte, descarte), crecimiento, reproducción**
 - **Longevidad productiva, consecuencia de la capacidad de toda la vida del animal para superar desafíos (entornos similares + medida al final de la vida, general)**

Definiciones (nivel animal)

- **Robustez**

- La habilidad, frente a **restricciones ambientales**, de seguir haciendo las diversas cosas que el animal necesita hacer para favorecer su capacidad futura de reproducirse.



Severidad

Factores estables:

Nutrición, Sistema, Ambiente



Mecanismos de adaptación



Perturbaciones



Mecanismos de resiliencia

Animal robusto:

cantidad y calidad de producto

uso de los recursos nutricionales

(adquisición, utilización, distribución)

coincide con ambiente

reproducción regular/adecuada

salud (resistencia/resiliencia)

comportamiento con el entorno

Definiciones (nivel animal)

- **Resiliencia** (Friggens et al. 2022. Peer Community Journal 2, e38)
 - **Apuntala a la robustez**
 - **Capacidad de un animal para responder a las perturbaciones ambientales** (Sheffer et al., 2018)
 - **La capacidad de un animal para verse mínimamente afectado en su funcionamiento por una perturbación externa, o para volver rápidamente al estado que tenía antes del desafío** (Colditz and Hine, 2016)

Ambiente	Bueno	Pobre
Estable		Robustez
Variable	Resiliencia	Ambas

Resiliencia general

Hine et al. 2014. Breeding
Focus 2014, 49-64



Resiliencia a enfermedades
(desafíos de salud)

Resiliencia dinámica

Variables indirectas

Knap and Doeschl-Wilson. 2020. Genetics
Selection Evolution, 52, 1–18

Resiliencia a las enfermedades

- Capacidad de un animal para mantener un nivel razonable de productividad cuando se enfrenta a una infección
- Respuesta en desempeño frente a diferentes desafíos de patógeno

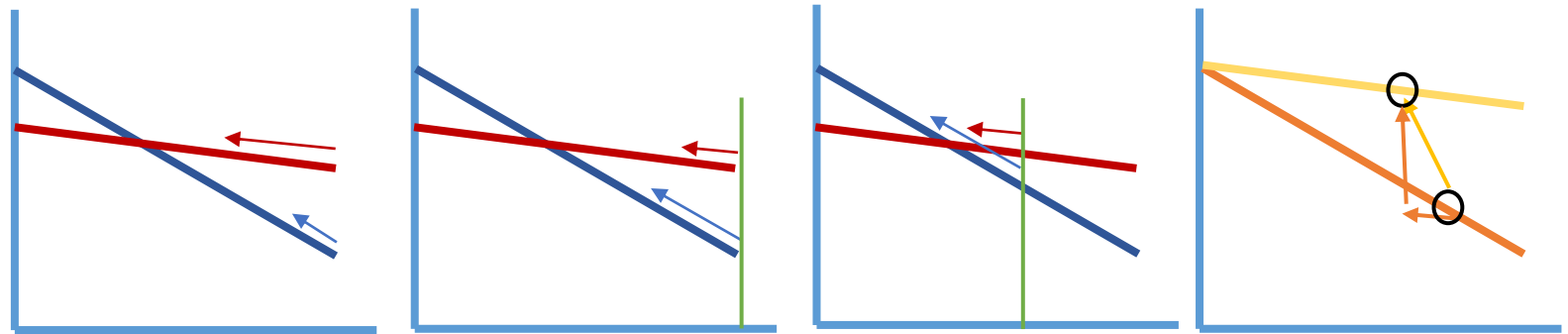
Resiliencia a enfermedades



Resistencia

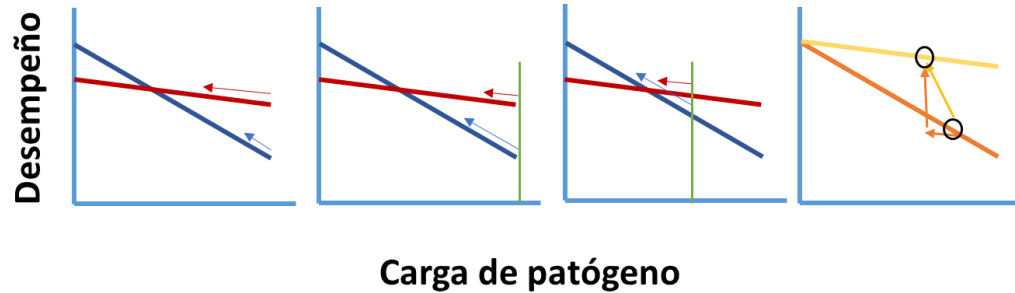
Tolerancia

Desempeño



Carga de patógeno

Resiliencia a las enfermedades



Difícil (\$, tecn) para medir los diferentes parámetros (PLw, PLe, PL0)

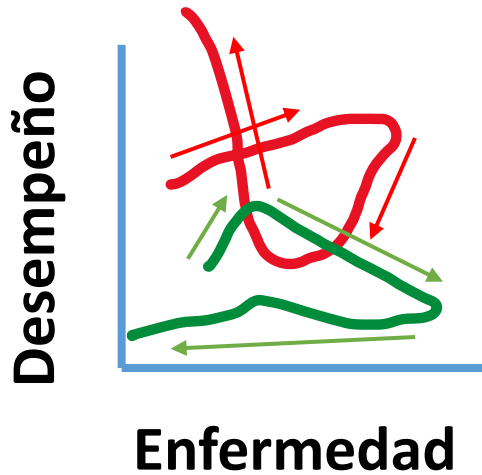
Correlation between R and T

↓
QTLs, Genómica
Genes mayores
o

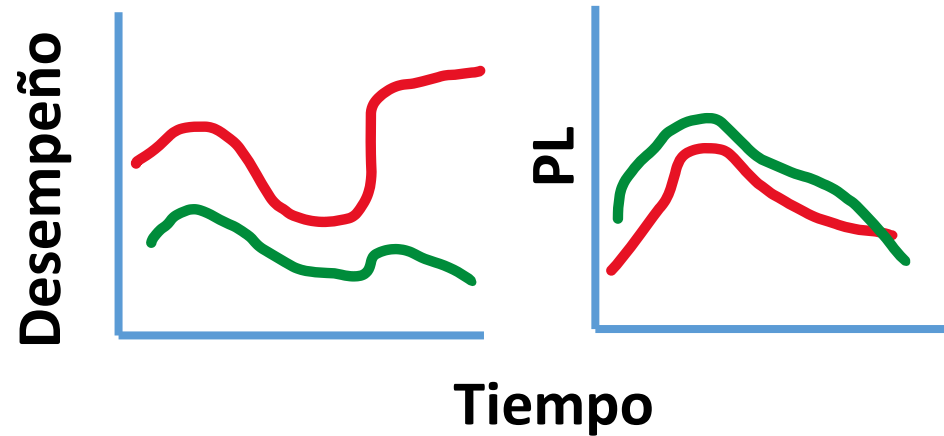
Resiliencia dinámica

Los eventos desafiantes a menudo no se registran o son de origen desconocido (Friggens et al., 2017)

2-dimensiones



1-dimensión



Resiliencia dinámica

- Mayor disponibilidad de datos registrados con mucha frecuencia (vinculados a desempeño)
- No se necesita un rendimiento de producción esperado
 - Desafío ambiental - No registrado
 - Los desafíos tienen consecuencias en desempeño
 - Mayor variación en el desempeño cuando se produce un desafío
- Trabajo (ingesta diaria de alimento en ovejas):
- Estimar la P por cada día de ser un día estresante (desafío ambiental no registrado)
- Estimar parámetros genéticos de la resiliencia

Resiliencia dinámica

- Ajuste a un modelo mixto, variaciones más grandes = día estresante
- Incluir la probabilidad (continua) de pertenecer al componente "estresante" como covariable en un modelo animal de norma de reacción (DFI y P por día)
- 8 años, >50,000 Registros diarios, >5,000 pedigree, 951 corderos probados . INRA RFI test.
- Fue posible calcular la P de cualquier día dado de ser un día CV alto (desafío ambiental), 3,88% de los días >0,5
- h^2 para DFI cambia de acuerdo al día
- Correlación genética DFI DEP en desafío o no varía ($G \cdot E$)(0.97-0.21)
- El mejor animal en un ambiente no necesariamente lo será en otro
- Enfoque simple y práctico

Contenido

- Contexto de la producción ovina
- Definiciones y conceptos detrás de las palabras
- **Rasgos**
 - **(Enfoque directo/indirecto)(Consecuencias de la resiliencia)**
- **Comentarios finales**

Rauw, Gomez-Raya. 2015. *Frontiers in Genetics* 6, 1–15



Resiliencia y eficiencia: parámetros genéticos

Mucha et al. 2022. Animal 16, 100456

- Resistencia a enfermedades: mastitis, parásitos gastrointestinales, footrot
- Impacto económico, potencial zoonótico y bienestar animal
- Ovinos para leche (26/12) y carne (118/50)

Lechería

Rasgo	Pooled h ²
Recuento de huevos fecales	0.14 ±0.04
Escore de células somáticas	0.13 ±0.02
Producción de leche	0.24 ±0.02
Producción grasa	0.21 ±0.06
Producción proteína	0.22 ±0.04
Contenido de grasa	0.28 ±0.11
Contenido de proteínas	0.33 ±0.07

Carne

Trait	Pooled h ²
Supervivencia cord	0.13 ±0.04
Longevidad	0.08 ±0.04
Mastitis	0.07 ±0.02
Footrot	0.15 ±0.03
Breech strike	0.50 ±0.10
Diarrea	0.30 ±0.06
HPG	0.29 ±0.03
Hematocrito	0.32 ±0.14

Trait	Pooled h ²
Peso corporal	0.32 ±0.04
GMD	0.20 ±0.03
CC	0.21 ±0.11
Grasa	0.28 ±0.03
POB	0.29 ±0.02
Consumo	0.26 ±0.04
RFI	0.32 ±0.15
EC	0.12 ±0.03
Metano	0.17 ±0.04
Prolificidad	0.09 ±0.02

Resiliencia y eficiencia: parámetros genéticos

Mucha et al. 2022. Animal 16, 100456

Lechería

Rasgo	Pooled r_g
Célula somática - Producción de leche	-0.05 ±0.10
Célula somática - Contenido de grasa	0.04 ±0.05
Célula somática - Contenido proteico	0.12 ±0.03
Célula somática - Rendimiento graso	0.11 ±0.15
Célula somática - Rendimiento proteico	0.17 ±0.10

Cerca de cero
Excepto CP-CS
Alta y positiva R_g entre rendimiento, pero
Grasa y Proteína negativa con Producción
de leche

Carne

Rasgo	Pooled r_g
Peso corporal - HPG	-0.16 ±0.14
Peso corporal - Diarrea	0.01 ±0.07
GMD- HPG	-0.28 ±0.11
GMD- Diarrea	-0.33 ±0.13

Proxies para la misma enfermedad,
presentaron correlaciones medias a altas
(diarrea/consistencia fecal) (HPG/Ig)

R_g entre los rasgos de eficiencia fueron positivos
(excepto prolificidad - PC, PC - RFI, no significativas)

Resiliencia y eficiencia: parámetros genéticos

Mucha et al. 2022. Animal 16, 100456

Lechería

- Producción, h2 aceptable para ser incluido en PS
- Menor en rasgos de salud y eficiencia, pero posible progresar
- -Rg con CS, implica que CS debe incluirse en el PS, de lo contrario, la salud de la ubre se vería afectada negativamente si la selección solo se basa en el rendimiento y el contenido.

Carne

- No hay evidencia clara de compensaciones entre el crecimiento y HPG
- Se pueden usar diferentes rasgos para la resistencia a GIN o Fly strike
- Pueden existir antagonismos, ambiente y poblaciones específicas

Posibilidad de mejora simultánea si se incluyen rasgos R+E en el objetivo de selección (Índice)
Grandes variaciones, consideraciones ambientales (compensaciones en condiciones difíciles)
Resiliencia: resistencia/supervivencia a las enfermedades

Merino - Rasgos de resiliencia y resistencia

Walkom and Brown. 2014. Breeding Focus 2014, 141–156

- Explorar las consecuencias del uso de los índices de Merino en los rasgos de resiliencia y resistencia
- Condición corporal y cambio de peso: reservas de energía y estrés nutricional
- Conteo de huevos de lombriz y Fly strike - resistencia a enfermedades
- Reproducción: bienestar o aptitud animal (la reproducción ocurre cuando se cumple con el mantenimiento)

CC

- $h^2 = 0.19$
- Alta r_g en el ciclo
- $r_g \text{ pc} = 0.7$
- $r_g \text{ grasa} = 0.8$
- $r_g \text{ aob} = 0.68$
- $r_g \text{ n cord} = 0.10$

Cambio

- PC cambio $h^2 = 0.02-0.11$
- CC cambio $h^2 = 0.02-0.08$

Merino - Rasgos de resiliencia y resistencia

Walkom and Brown. 2014. Breeding Focus 2014, 141–156

- Explore las consecuencias del uso de los índices de Merino en los rasgos de resiliencia y resistencia
- Condición corporal y cambio de peso: reservas de energía y estrés nutricional
- Conteo de huevos de lombriz y Fly strike - resistencia a enfermedades
- Reproducción: bienestar o aptitud animal (la reproducción ocurre cuando se cumple con el mantenimiento)

CC

- $h^2 = 0.19$
- Alta r_g en el ciclo
- r_g pc = 0.7
- r_g grasa = 0.8
- r_g aob = 0.68
- r_g n cord = 0.10

Cambio

- PC cambio $h^2 = 0.02-0.11$
- CC cambio $h^2 = 0.02-0.08$

Cambio - Ovinos carne

- PC cambio $h^2 = 0.13-0.18$
- CC cambio $h^2 = 0.04-0.16$
- Alto r_g entre movilización y deposición RC

Macé et al. 2018. Journal of Animal Science
96, 4501–4511

Más acumulación y movilización de RC
Mejora la producción y la longevidad
productiva

Vialoux. 2020. PhD thesis. Massey University.

Merino - Rasgos de resiliencia y resistencia

Walkom and Brown. 2014. Breeding Focus 2014, 141–156

- Explore las consecuencias del uso de los índices de Merino en los rasgos de resiliencia y resistencia
- Condición corporal y cambio de peso: reservas de energía y estrés nutricional
- Conteo de huevos de lombriz y Fly strike - resistencia a enfermedades
- Reproducción: bienestar o aptitud animal (la reproducción ocurre cuando se cumple con el mantenimiento)

CC

- $h^2 = 0.19$
- Alta r_g en el ciclo
- r_g pc = 0.7
- r_g grasa = 0.8
- r_g aob = 0.68
- r_g n cord = 0.10

Cambio

- PC cambio $h^2 = 0.02-0.11$
- CC cambio $h^2 = 0.02-0.08$

Fly strike

- $h^2 = 0.51$
- Bajo, negative r_g
- PC, CC, N cord, PCc

HPG

- $h^2 = 0.20$
- r_g bajo a insignificante
- Grasa, músculo
- N cord

N cord/OE

- $h^2 = 0.06$
- + r_g grasa, músculo, CC, PC, cambios

Merino - Rasgos de resiliencia y resistencia

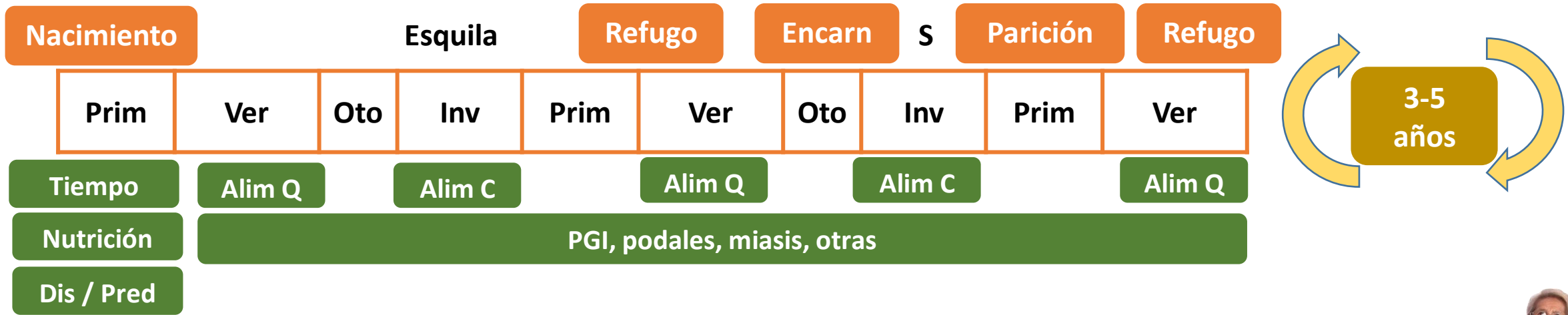
Walkom and Brown. 2014. Breeding Focus 2014, 141–156

- Evaluaron los índices MERINOSELECT (FP, MP, DP). Relevancia en PVL, DF, HPG, corderos
- Crearon valores económicos para: CC, fly strike, cambio de CC y PC
- **Selección en los índices de 2014, pequeñas consecuencias desfavorables solo en 1 rasgo de R&R (Breech wrinkle)**
- **Incluir rasgos de R&R no dañó significativamente los rasgos de producción**
- **Del 3 al 14% de aumento en la ganancia económica, dependiendo del índice**
- **Subestimación potencial de la resiliencia y el rasgo de resistencia**
- **Necesidad de datos más específicos sobre diferentes entornos (G*E), condiciones comerciales extremas. La genómica ayudará.**
- **Ovejas y cabras lecheras:**

Ramón et al. 2021. Breeding Strategies for Weather Resilience in Small Ruminants in Atlantic and Mediterranean Climates. Front. Genet. 12:692121

Reproducción a lo largo de la vida

Ramos et al. 2023. Journal of Animal Science, skad071



- **Rasgos de reproducción, Baja heredabilidad** (Fertilidad: 0.14 ± 0.03 , Parición: 0.11 ± 0.02 , Habilidad materna: 0.04 ± 0.01 and NCOE: 0.08 ± 0.02)
- Lana más fina / no afecta negativamente la reproducción
- **Vellones más pesados / desfavorable en la reproducción (PVS/PC, medio ambiente) - trade off**
- Animales más pesados / efecto positivo en reproducción

Rasgo	NC/OE	NCT	PCT
A_DF	-0.04 ± 0.10	-0.09 ± 0.09	-0.03 ± 0.09
A_PVS	-0.18 ± 0.11	-0.30 ± 0.09	-0.30 ± 0.08
PCenc	0.06 ± 0.11	-0.03 ± 0.08	0.21 ± 0.09
PCpp	0.18 ± 0.11	0.15 ± 0.09	0.36 ± 0.08

Tendencias genéticas?



Inmuno competencia

- **Protocolo para evaluarlo (ganado vacuno)**
- **Proxy de la resistencia general a las enfermedades (parte de una resiliencia general)**
- **Ser complementario con otros rasgos**
- **Basado en:**
 - Respuesta inmune apropiada y efectiva a patógenos
 - Respuesta inmune mediada por células y anticuerpos a la vacunación
 - Vacuna clostridial al destete (estrés)
 - Grosor de los pliegues cutáneos y anticuerpos IgG1 del toxoide antitetánico en Suero
 - Los valores de residuos estandarizados para Ab-IR y Cell-IR se promediaron para generar un solo rasgo de CI

Hine et al. 2014. Breeding Focus 2014, 49-64
Hine et al. 2022. Animal 16, 100544

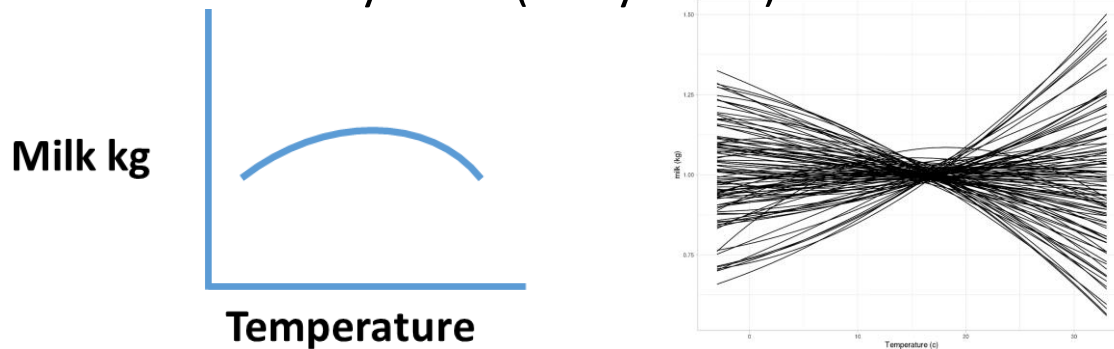
Resistencia a enfermedades
Tolerancia a los factores estresantes
Robustez social

Rasgo	h^2
IC-Comb	0.49 ±0.14
Ab-IR	0.52 ±0.14
Cell-IR	0.36 ±0.11

Rasgo	IC-Comb r_g
Flystrike	-0.44 ±0.39
HPG	-0.19 ±0.23
Diarrea	-0.26 ±0.31
Fleece rot	0.17 ±0.23
Compromiso de aptitud física	-0.35 ±0.24

Temperatura ambiental

- Raza ovina Chios (15 años, >10.000 registros, >500 animales)
- Resistencia de la producción de leche a la temperatura
- Umbral de frío y calor (10° y 25° C)



Rasog	R10	R25	LV	VP
Resiliencia 10° C	0.03 ±0.08	0.87 ±0.29	-0.92 ±0.67	-0.70 ±0.95
Resiliencia 25° C		0.20 ±0.09	-0.94 ±0.07	0.76 ±0.24
Leche vida			0.26 ±0.01	-0.35 ±0.80
Vida productiva				0.05 ±0.07

Tsartsianidou et al. 2021. Genetic selection evolution, 53: 90
 Joy et al. 2020. Animals 10, 867

Adaptación: morfología, comportamiento, fisiología, celular y molecular, endocrino, metabólico



Tipo de piel y fibra, capacidad de las glándulas sudoríparas, tasa reproductiva, tolerancia a enfermedades y sequías, producción metabólica de calor, ingesta de agua, rasgos fisiológicos (RR, SR, RT), hormonas, genes, regiones G, eficiencia de conversión alimenticia

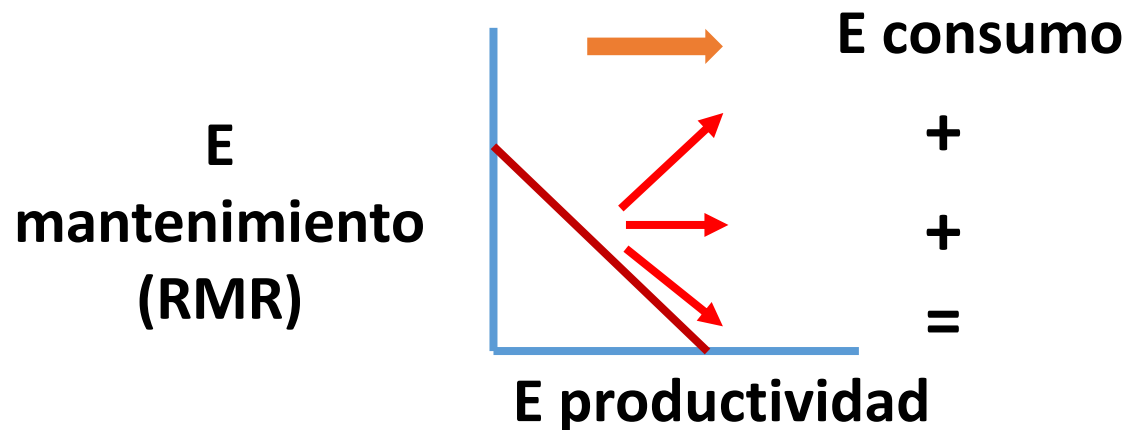
Eficiencia alimenticia

Douhard et al. 2022. Proceedings of the 12th WCGALP. 264-267
Douhard et al. 2022. Evolutionary Applications 00, 1-16
Douhard et al. 2021. Evolutionary Applications 14, 2726-2749

- Recursos de alimentación más limitados
- Selección para la eficiencia alimenticia

Allocation constrains

Trade off: producción, reproducción, salud



La selección para EA conduce a una disminución en RMR

Poca evidencia sobre las consecuencias negativas en los rasgos de salud / reproducción

RFI y líneas resistentes PGI fueron probadas con desafío PGI - no trade off

Trade offs

		HPG		
		Resistente	Susceptible	p
PGI free	RFI (kgDM/d)	0,02	-0,02	0,116
	Consumo (kgDM/d)	0,97	0,98	0,969
	FCR	9,0	7,6	0,161
	GMD (g/a/d)	123	143	0,168
PGI	RFI (kgDM/d)	0,01	-0,01	0,334
	Consumo (kgDM/d)	1,13	1,12	0,849
	FCR	8,0	11,1	0,074
	GMD (g/a/d)	144	123	0,144

Navajas et al. 2022. Proceedings of the 12th WCGALP. 195-198
 Ferreira et al. 2021. Animal Production Science, 61, 754–760



Coeficientes de correlación de Pearson de eficiencia alimenticia y emisiones de GEI con EPD de rasgos de producción y HPG

	Diferencia de progenie esperada			
	Peso destete	Peso recría	PGI	PVS
RFI	-0,05	-0,04	0,08	0,10
Consumo	0,19	0,20	0,07	0,23
Metano	0,15	0,16	0,05	0,07
CO ₂	0,24	0,24	0,04	0,07

Salud
(Nematodos)



Emisiones de GEI

Eficiencia
alimenticia

Lana y
crecimiento

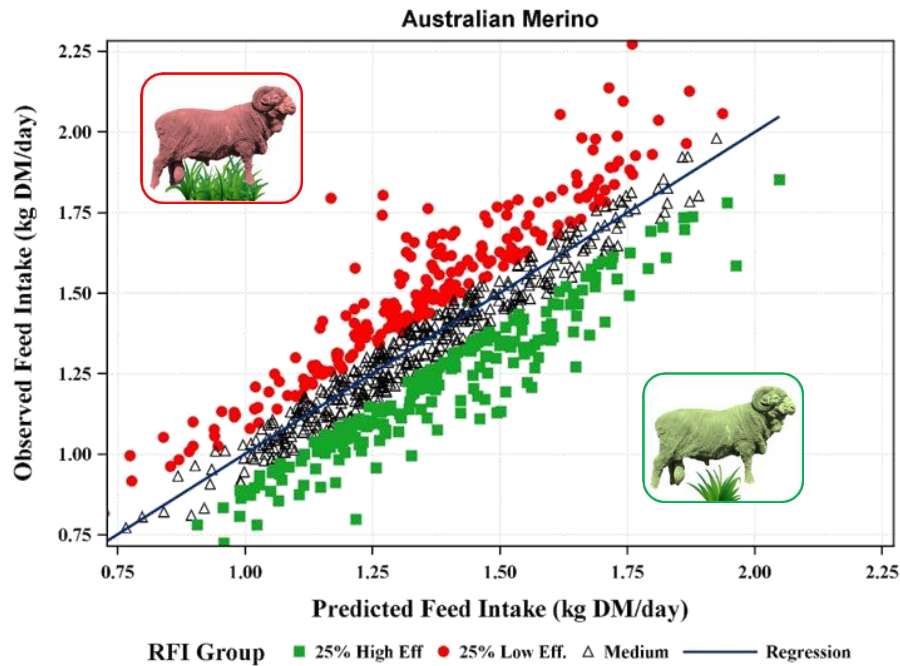
Trade off

261 borregas

Nacidas en 2018 & 2019

Encarneradas a 17 meses de vida

$y = \text{RFI group} + \text{year} + \text{pregnancy rank} + e$



De Barbieri et al. 2022. EAAP Book of abstracts 73, 674



Producción:

- ✓ Peso corporal (ciclo)
- ✓ CC
- ✓ Lana: DF y PVS

Reproducción:

- ✓ Fertilidad. Prolificidad. Parición
- ✓ kg de corderos destetados/ovejas enc-par

	Alta eficiencia	Baja eficiencia
Cordero (kg CD/OE)	20.8	19.1
Peso corporal enc (kg)	45.6	44.3
Peso vellón sucio (kg)	2.8	2.8
Diámetro de la fibra (µm)	15.5	15.7
Fertilidad (%)	91	79
Prolificidad (%)	120	110
Destete (%)	100	79

Casos de estudio

B+LNZ Genetics Low Input Sheep, Public Report, 2021

Low input flock, New Zealand:

- **Bienestar animal:** corte cola, diarrea, fly strike
- **Resistente a enfermedades:** parásitos, neumonía, no toma
- **Ambientalmente eficiente:** emisión de metano, eficiencia de conversión

Primera progenie 2019

Trabajo conjunto: criadores, B+LNZ, socios de la industria, MPI

Rasgos importantes + ADN (parentesco + genómica)

SGMFD, GMFD, DPS, DPG, DPM, DPD, DPF, TL, TS, NZGE



Supervivencia,
Diarrea, HPG



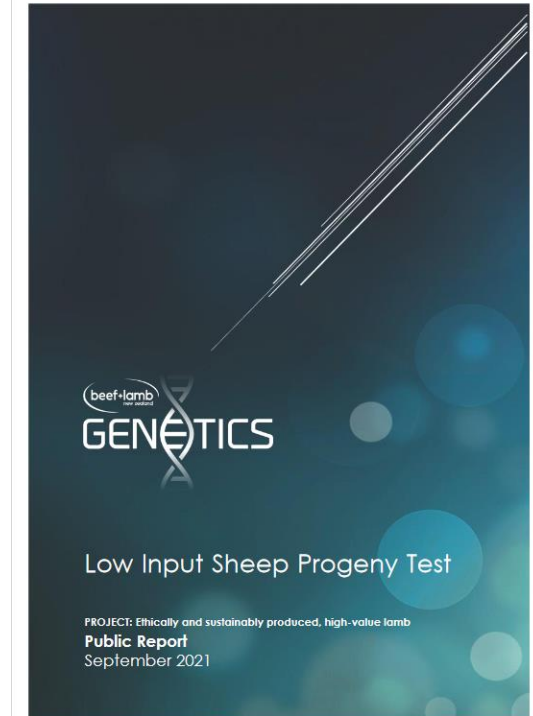
Supervivencia



HPG



Metano



Genómica

Z. Ramos reviewed

Traits	Candidate genes / genomic regions
Reproduction	Ramos et al. 2023 , Zhang et al. 2022, Wang et al. 2020
Resilience (Heat)	Tsartsianidou et al. 2021
Faecal egg count	Benavides et al. 2016, Berton et al. 2017, Raschia et al. 2020, Carracelas et al. 2022
Dagginess	Pickering 2013, Pickering et al. 2015
BCS	Ramos et al. 2023 , Macé et al. 2022
BW/BCS change	Macé et al. 2022, Waters et al. 2022
Longevity (Cattle)	Zhang et al. 2016, Steri et al. 2018, Hamidi and Roberts 2017, Zhang et al. 2021
Fly strike	Pickering 2013, Bolormaa et al. 2021
Footrot	Mucha et al. 2015, Niggeler et al. 2017, Raadsma et al. 2018
SCS/Mastitis	Sutera et al. 2021, Oget et al. 2019

Comentarios finales

- **Importancia de la resiliencia y la robustez**
- **Dificultades para medir, definir (resultados/mecanismos), analizar, programa de mejoramiento**
- **h², rg, genes, EBVs, gEBVs, fenotipado en curso**
- **Compensaciones (Y/N), G*E (sistemas/entornos de producción local)**
- **Visión más amplia que incluye diferentes niveles: animal (comportamiento, microbioma), rebaño (edad, fisiología), predio (todos los animales, recursos), regional (enfermedades, nutrición, clima, recursos)**
- **Combinación de genética, prácticas (nutrición, manejo, salud) (Adaptherd)**
- **Conocimiento local, esfuerzos internacionales**



Reconocimientos y agradecimientos a:

Elly Navajas

Frederic Douhard

Joanne Conington

Zully Ramos

Gabriel Ciappesoni

Gracias por su
tiempo y atención



SMALL RuminanTs breeding for Efficiency and Resilience



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Grant Agreement 1010772297.

www.smarterproject.eu

