https://www.emol.com/noticias/Tendencias/2022/04/29/1059433/raza-perros-no-determina-comportamiento.html

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas
Depto. Producción Animal

Fundamentos de la Producción Animal

Bases del Mejoramiento Genético Animal

Prof. Héctor Uribe

Conceptos que ya conocen

- Genoma
- Gen
- Alelo
- Locus (loci)
- Diploide (haploide)
- Genotipo
- Fenotipo

Conceptos a Manejar

- Gametos (son haploides)
- Migración
- Mutación
- Equilibrio Hardy-Weinberg
- Homocigotos
- Heterocigoto

Las características de una población pueden modificarse a través de:

1) Selección → Cambio Genético

Siempre se pregunta en pruebas o controles

Repaso

Genética Mendeliana

Genética Mendeliana

- **Arvejas: Altas y Enanas** (lisas y rugosas)
- Al cruzarlas (F1) obtuvo solo arvejas altas
- Al cruzar: F1xF1:

F2 = ¿$\frac{3}{4}$ altas, $\frac{1}{4}$ enanas?

¿Qué pasó en la F1 con las enanas?

Genética Mendeliana

Altas: TT x Enanas: tt

	Altas		
Enanas		T	T
	t	Tt	Tt
	t	Tt	Tt

F1 = 100 % Altas

T = ¿alelo alto? ¿enmascara o domina a *t*?
t = ¿alelo enano?

¿Y si se cruza la F1?

Genética Mendeliana

Cruzamiento F1

Altas: Tt x Altas: Tt

	Altas		
Altas		T	t
	T		
	t		

F2 = 75 % Altas
25 % Enanas

T = ¿alelo dominante?
t = ¿alelo recesivo?

Genética Mendeliana

Genotipo = NN ó Nn

Genotipo = nn

Color negro dominante sobre el color rojo

Ejemplos de Características Reguladas por un gen con dos alelos:

- *Color negro y rojo Bovinos*
- *Presencia de cuernos en Bovinos*
- *Albinismo*
- Hemofilia
- Prolificidad en Ovinos
- Doble musculatura en bovinos

Doble musculatura en bovinos

Raza= Blanco azul belga

- **¿Pero lo de Mendel no siempre se observaba en otras características?**

- **¿qué pasa si hay más de un par de alelos regulando una característica?**

- **¿Puede afectar la presencia o ausencia de un alelo en la expresión de otro?**

Epistasis

Dos genes con dos alelos cada uno

Dos Genes (epistasis)

Perros Labradores: Negros, Amarillos, Chocolates

Dos genes con 2 alelos cada uno, en diferentes loci

Alelo B: color negro o chocolate

BB= negro, Bb= negro, bb = chocolate

Alelo E: codifica para presencia o ausencia del color

EE=presencia color, Ee=presencia color, ee= no hay color (amarillo)

B?/E? = Negro
bb/E? = Chocolate
??/ee = Amarillo

B?/E? = Negro
bb/E? = Chocolate
??/ee = Amarillo

Dos Genes (epistasis)

9 Genotipos (solo 3 fenotipos)

BBEE – Negro
BbEE – Negro
bbEE – Chocolate
BBEe – Negro
BbEe – Negro
bbEe – Chocolate
BBee – Amarillo
Bbee – Amarillo
bbee - Amarillo

B?/E? = Negro
bb/E? = Chocolate
??/ee = Amarillo

Dos Genes (epistasis)

- **Epistasis:**
  interacción entre dos genes en distintos loci

- **Si se cruzan dos labradores negros:**

BbEe x BbEe

¿De qué color es la F1?

BbEe x BbEe

Black (*BbEe*)

(*a*)

♂ \ ♀	*BE*	*Be*	*bE*	*be*
BE				
Be				
Black (*BbEe*)				
bE				
be				

Chocolate (*bbEe*)

(*b*)

♂ \ ♀	*bE*	*be*
bE		
Chocolate (*bbEe*)		
be		

Yellow (*Bbee*)

(*c*)

♂ \ ♀	*Be*	*be*
Be		
Yellow (*Bbee*)		
be		

FIGURE 3.16 Punnett squares showing a sampling of Labrador matings: (*a*), black (*BbEe*) × black (*BbEe*); (*b*), chocolate (*bbEe*) × chocolate (*bbEe*); and (*c*), yellow (*Bbee*) × yellow (*Bbee*). Only yellow Labs breed true.

9/16 negros
3/16 chocolate
4/16 amarillos

B?/E? = Negro
bb/E? = Chocolate
??/ee = Amarillo

Dos Genes (epistasis)

- **Si se cruzan dos labradores negros:**

BBEE x BBEE

¿De qué color es la F1?

Todos son negros

1 gen con dos alelos = 3 genotipos (color rojo o negro bovinos)
2 genes con dos alelos = 9 genotipos (color labradores)

Genética Cuantitativa

Genética Cuantitativa

- Gran número de genes que influyen en una característica

- Sigue también principios mendelianos dentro de cada gen

1 par de alelos = 3 genotipos (color rojo o negro bovinos)

n pares de alelos = 3^n genotipos

Número de pares de alelos	3^n	Genotipos posibles
1	3^1	3
2	3^2	9
3	3^3	27

Ejemplo

Black (*BbEe*) ♀ × Black (*BbEe*) ♂

(a)

♂ \ ♀	*BE*	*Be*	*bE*	*be*
BE	Black *BBEE*	Black *BBEe*	Black *BbEE*	Black *BbEe*
Be	Black *BBEe*	Yellow *BBee*	Black *BbEe*	Yellow *Bbee*
bE	Black *BbEE*	Black *BbEe*	Chocolate *bbEE*	Chocolate *bbEe*
be	Black *BbEe*	Yellow *Bbee*	Chocolate *bbEe*	Yellow *bbee*

9/16 negros
3/16 chocolate **= 3 Fenotipos**
4/16 amarillos

BBEE = negro
BBee = amarillo
bbEE = chocolate
bbee = amarillo **= 9 Genotipos**
BBEe = negro
BbEE =negro
BbEe = negro **3^n**
Bbee = amarillo
bbEe = chocolate

Bourdon, 2000

Número de pares de alelos	3^n	Genotipos posibles
1	3^1	3
2	3^2	9
3	3^3	27
4	3^4	81
5	3^5	243
10	3^{10}	59.049
15	3^{15}	14.348.907

- **Características cuantitativas, ej. producción de leche, están reguladas por cientos de pares de alelos.**

- **Millones de genotipos (variación continua)**

- **Hay que usar técnicas matemáticas**

- **Características Cuantitativas = se miden**

Ej. Leche, peso, velocidad, inteligencia

- **Características Cualitativas (pocos genes) = se clasifican** **Ej. Color en Labradores**

- *Color negro y rojo Bovinos*
- *Presencia de cuernos en Bovinos*
- *Albinismo*
- Hemofilia
- Doble musculatura en bovinos
- Prolificidad en Ovinos

Genética Cuantitativa

FENOTIPO = **Genética** + **Ambiente**

Nota Examen = **Genética** + **Ambiente**

¿Cuanto del fenotipo es atribuible a genética?

¿y cuanto de esa genética se pasa a los hijos?

FENOTIPO = Genética + Ambiente

Aditiva + Dominante + Epistática

22-11-2023

30

Mérito Genético Aditivo

= Genética + Ambiente

Aditiva + Dominante + Epistática

Pregunta de prueba

Estos componentes no se pasan a la progenie
se forman en la nueva generación

- **¿Por qué los hijos/as de los animales mas productivo no siempre son genéticamente los mejores?**

- **Selección fenotípica es lo mas usado**

  - **¿es esto efectivo?**
  - **¿existen herramientas mas precisas?**

- **¿Por qué los hijos/as de los animales mas productivo no siempre son genéticamente los mejores?**

Lo que se mide = genotipo más ambiente

Ejemplo: Peso al destete = genotipo + ambiente

Fenotipo = Genotipo + ambiente

Fenotipo = Genotipo + ambiente

Fenotipo = **G. Aditiva + G. Dominante + G. Epistática** + ambiente

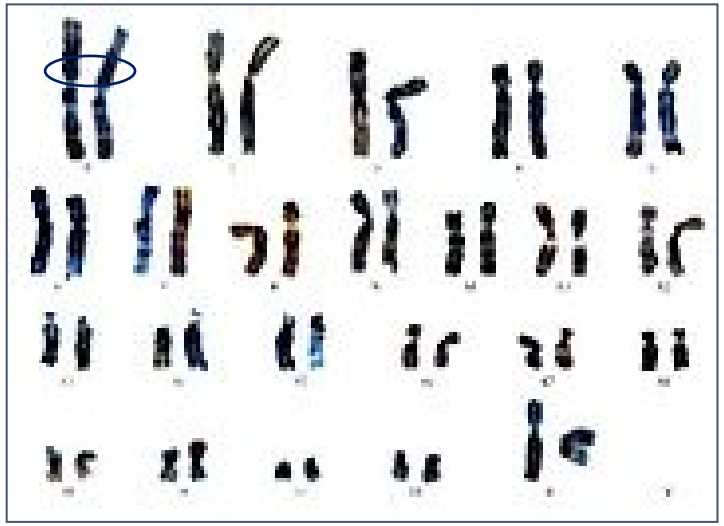
Los genes se encuentran en pares, uno viene de la madre y el otro del padre

Fenotipo = G. Aditiva + G. Dominante + G. Epistática + ambiente

Genética Aditiva: efecto individual de cada gen (alelo)

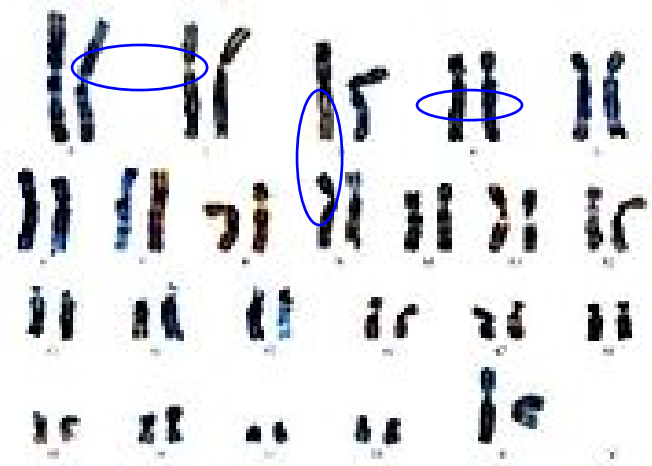
Fenotipo = G. Aditiva + G. Dominante + G. Epistática + ambiente

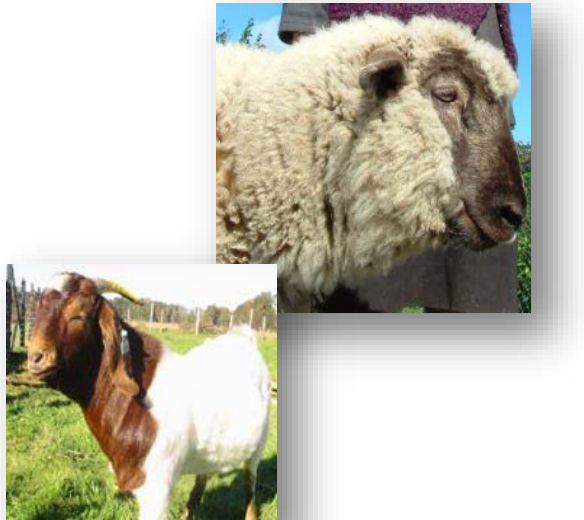
Genética Dominante: efecto de la interacción de los dos alelos en una misma posición (genes homólogos)



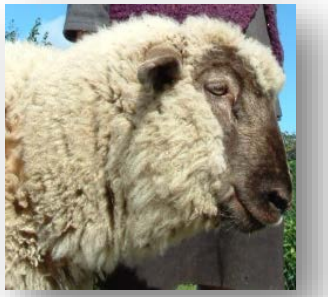
Fenotipo = G. Aditiva + G. Dominante + G. Epistática + ambiente

Genética Epistática: efecto de la interacción de dos o mas genes en distintas posiciones del genoma (Ej. Labradores)

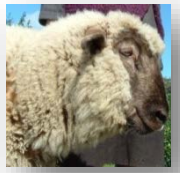




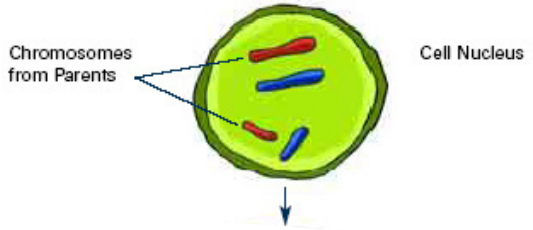
¿Que pasa en la reproducción?



Tomemos solo dos pares de cromosomas



Meiosis



Óvulos o espermatozoides

En reproducción sexual se forman espermatozoides y óvulos: los genes y cromosomas no se traspasan en pares!!!

Entonces: Genética Dominante y Genética Epistática no se traspasa a los hijos.

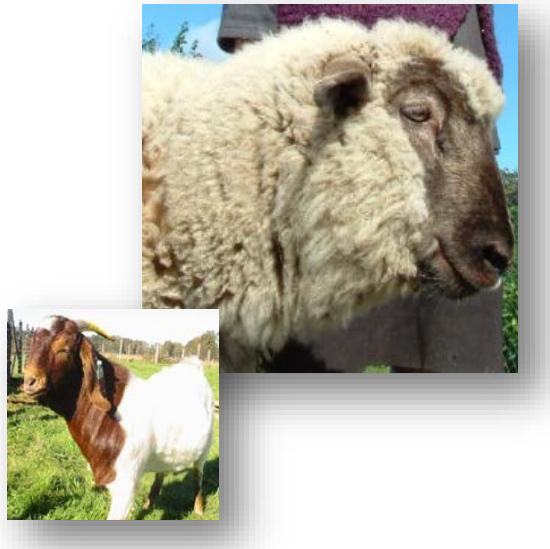
Solo se traspasa el efecto genético aditivo

Fenotipo = **G. Aditiva** + G. Dominante + G. Epistática + ambiente

¿Por qué los animales mas productivo no siempre son genéticamente los mejores?

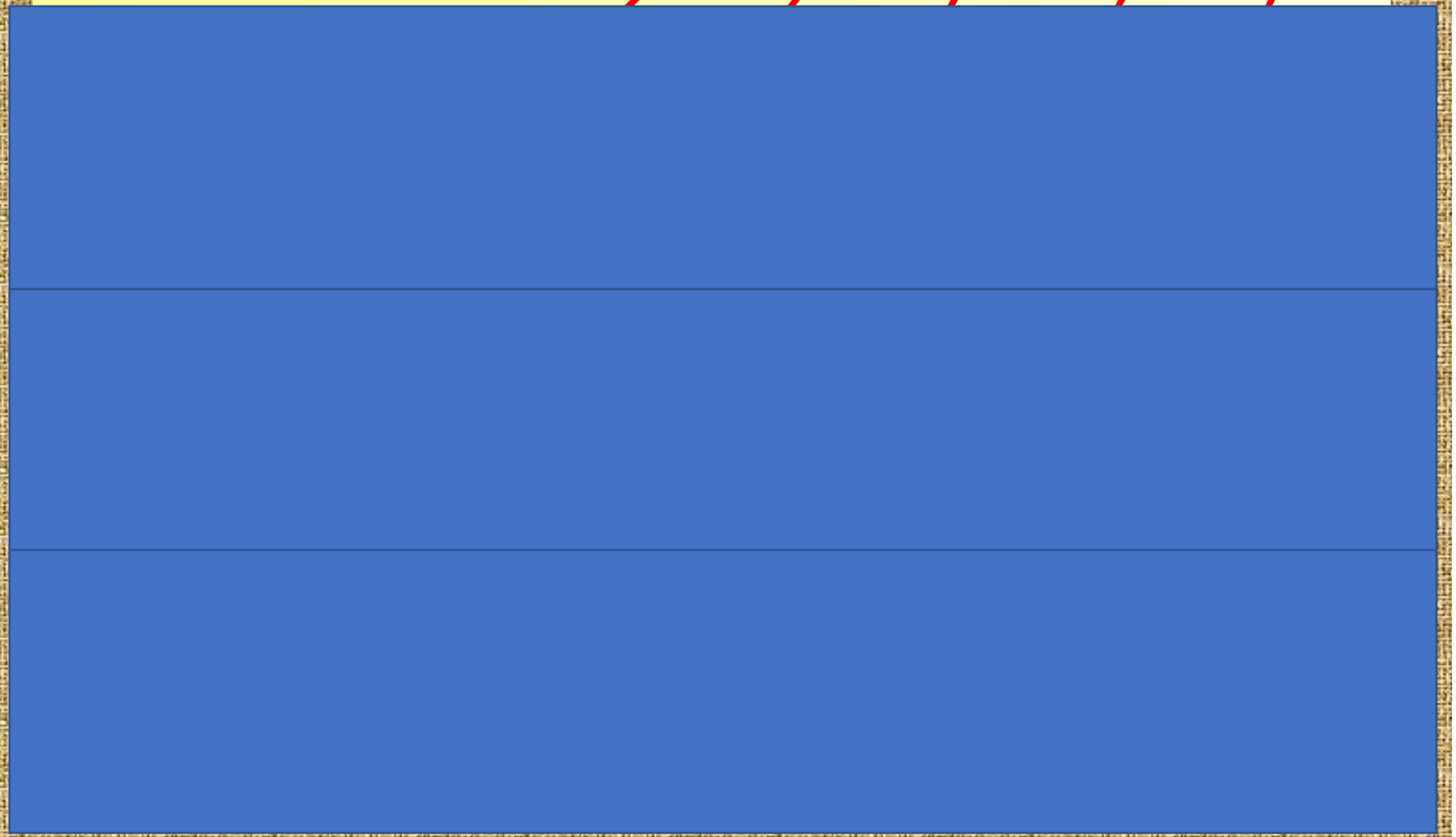
Porque un padre/madre solo traspasa el efecto genético aditivo.

Los nuevos genotipos se forman en cada generación con el aporte de ambos padres



Ejemplo

$$Peso_Destete = G_A + G_D + G_E + A_T + A_P$$



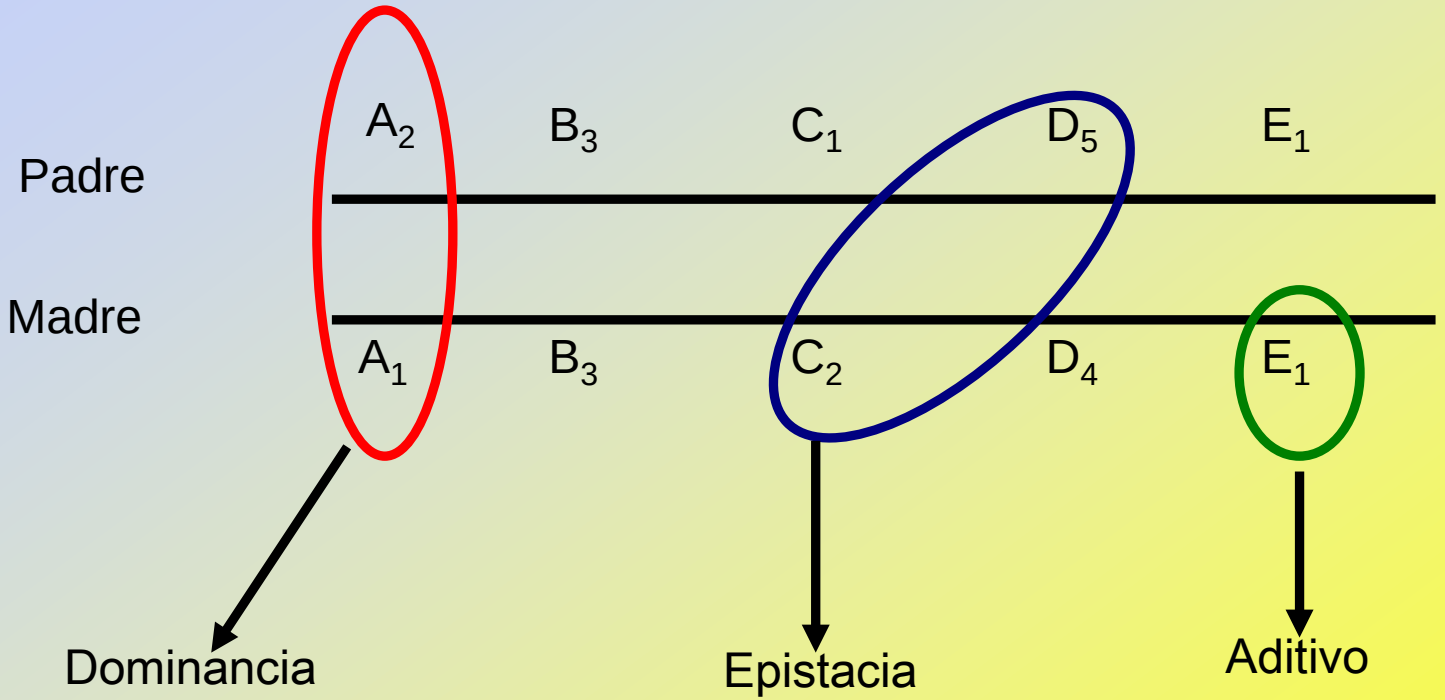
- **Si seleccionamos por fenotipo nos quedaríamos con el animal 1**

Fenotipo = G. Aditiva + G. Dominante + G. Epistática + ambiente

Uno de los trabajos de los genetistas cuantitativos es estimar la genética aditiva para seleccionar reproductores basado en mérito genético aditivo.

Repitiendo:

$$\text{Peso Dest.} = G_A + G_D + G_E + Ambiente$$

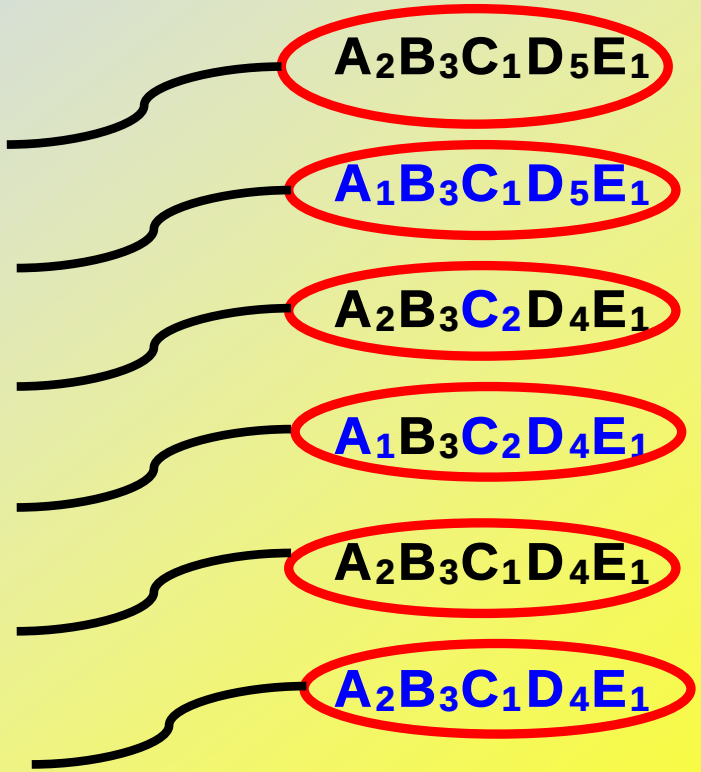


¿Que pasa al reproducirse?

A_2 B_3 C_1 D_5 E_1

A_1 B_3 C_2 D_4 E_1

Óvulos o espermatozoides



¿Que pasa al reproducirse?

- Animales no pasan Genotipos pasan genes
- Genotipos de forman en la próxima generación
- Genética dominante y epistática no se pasa

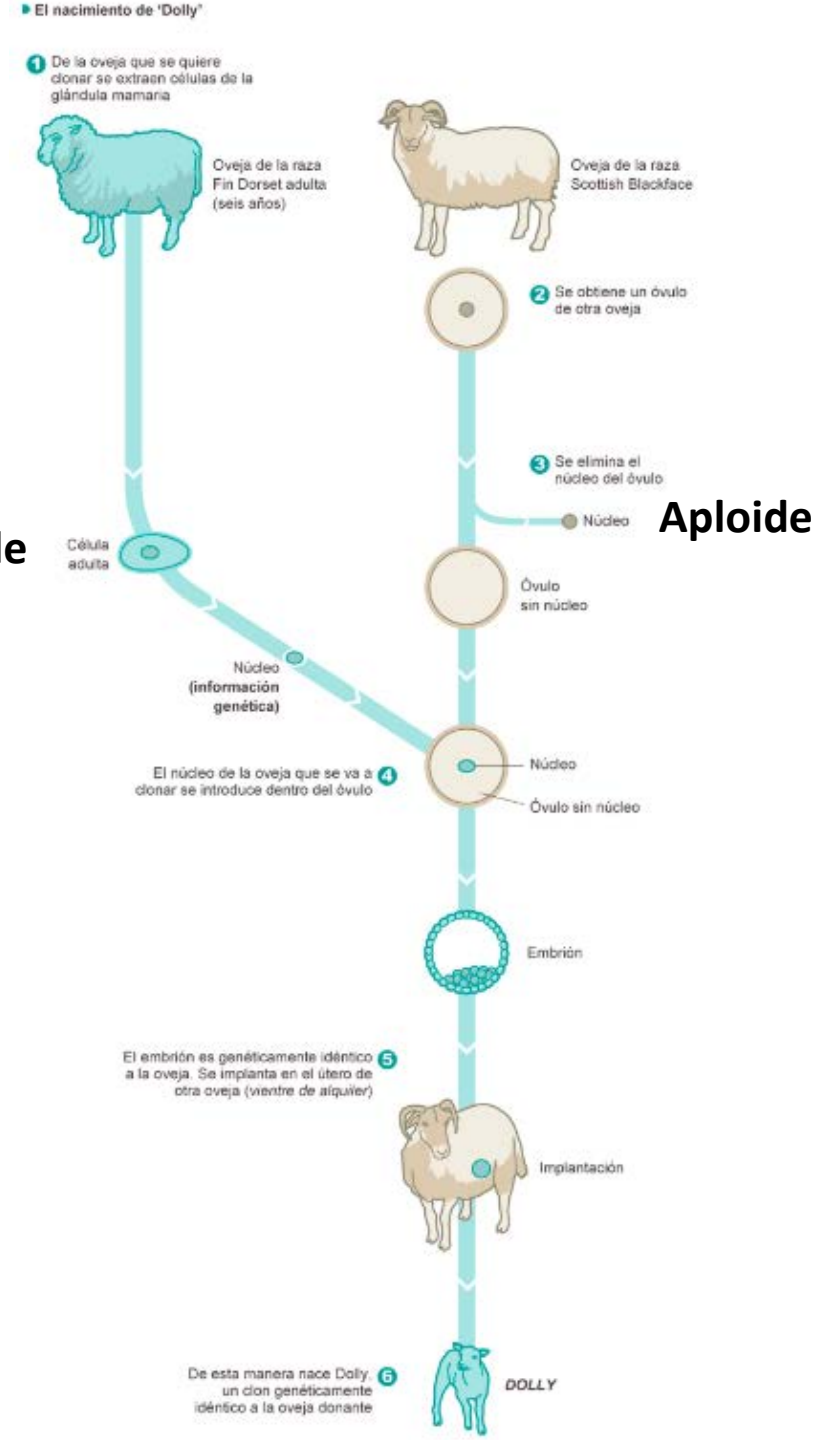
¿Clonación?

Polo

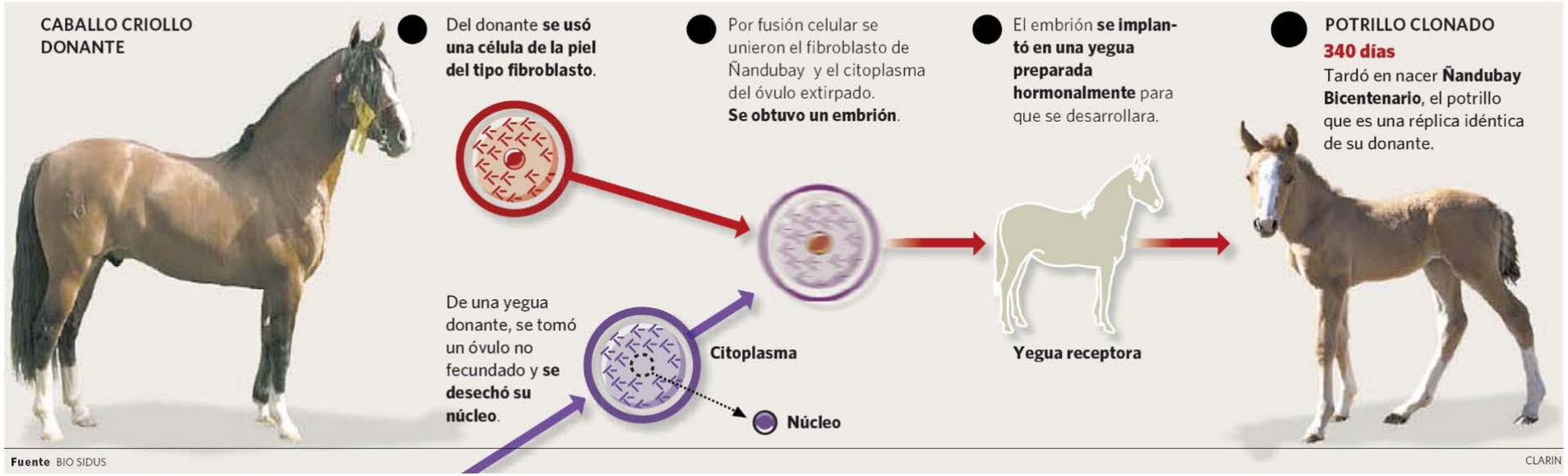
Clones

Clones

CLONACIÓN

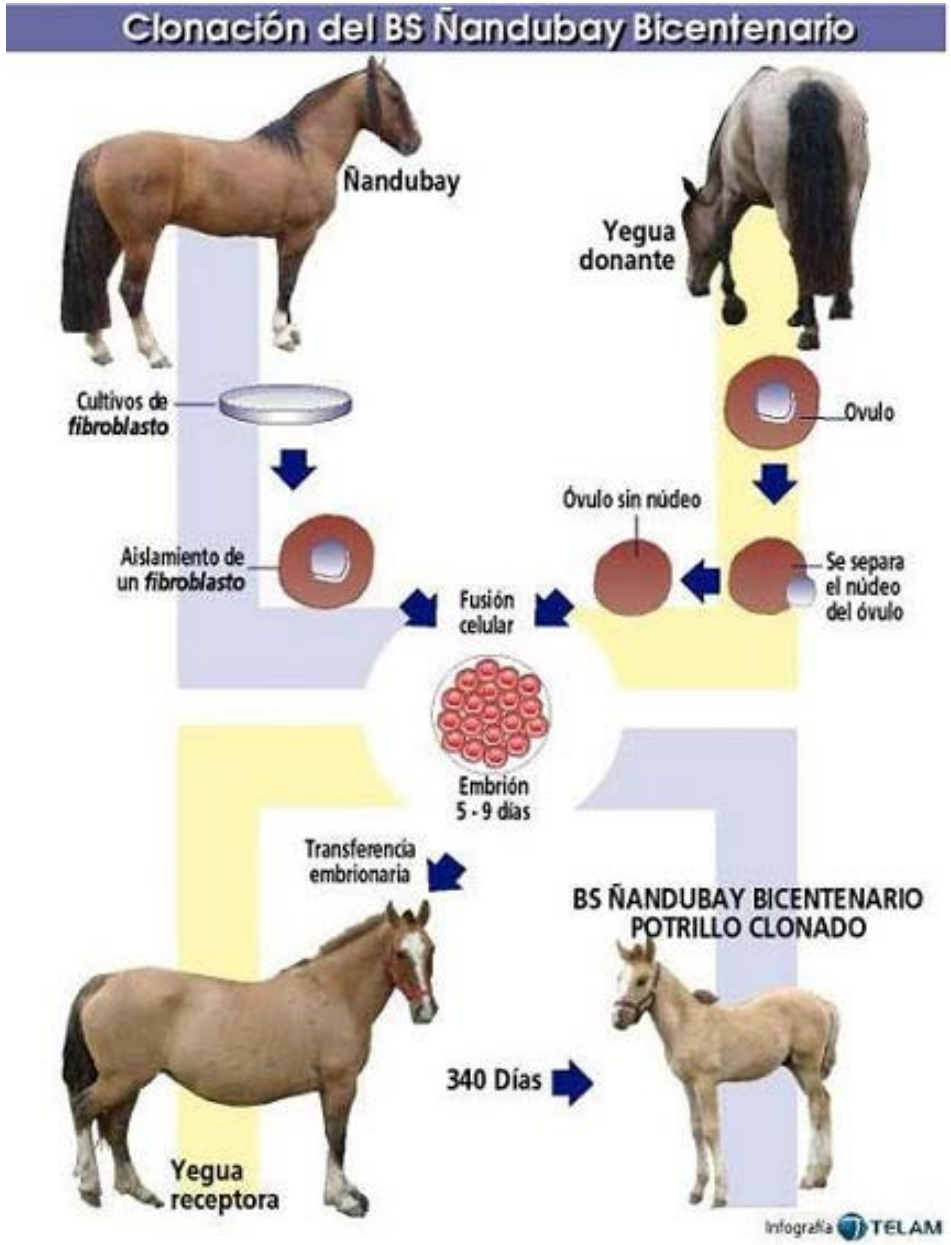

El nacimiento de 'Dolly'
1 De la oveja que se quiere clonar se extraen células de la glándula mamaria
Oveja de la raza Fin Dorset adulta (seis años)
Oveja de la raza Scottish Blackface
2 Se obtiene un óvulo de otra oveja
3 Se elimina el núcleo del óvulo
Núcleo
Aploide
Diploide
Célula adulta
Óvulo sin núcleo
Núcleo (información genética)
El núcleo de la oveja que se va a clonar se introduce dentro del óvulo 4
Núcleo
Óvulo sin núcleo
Embrión
El embrión es genéticamente idéntico a la oveja. Se implanta en el útero de otra oveja (vientre de alquiler) 5
Implantación
De esta manera nace Dolly, un clon genéticamente idéntico a la oveja donante 6
DOLLY

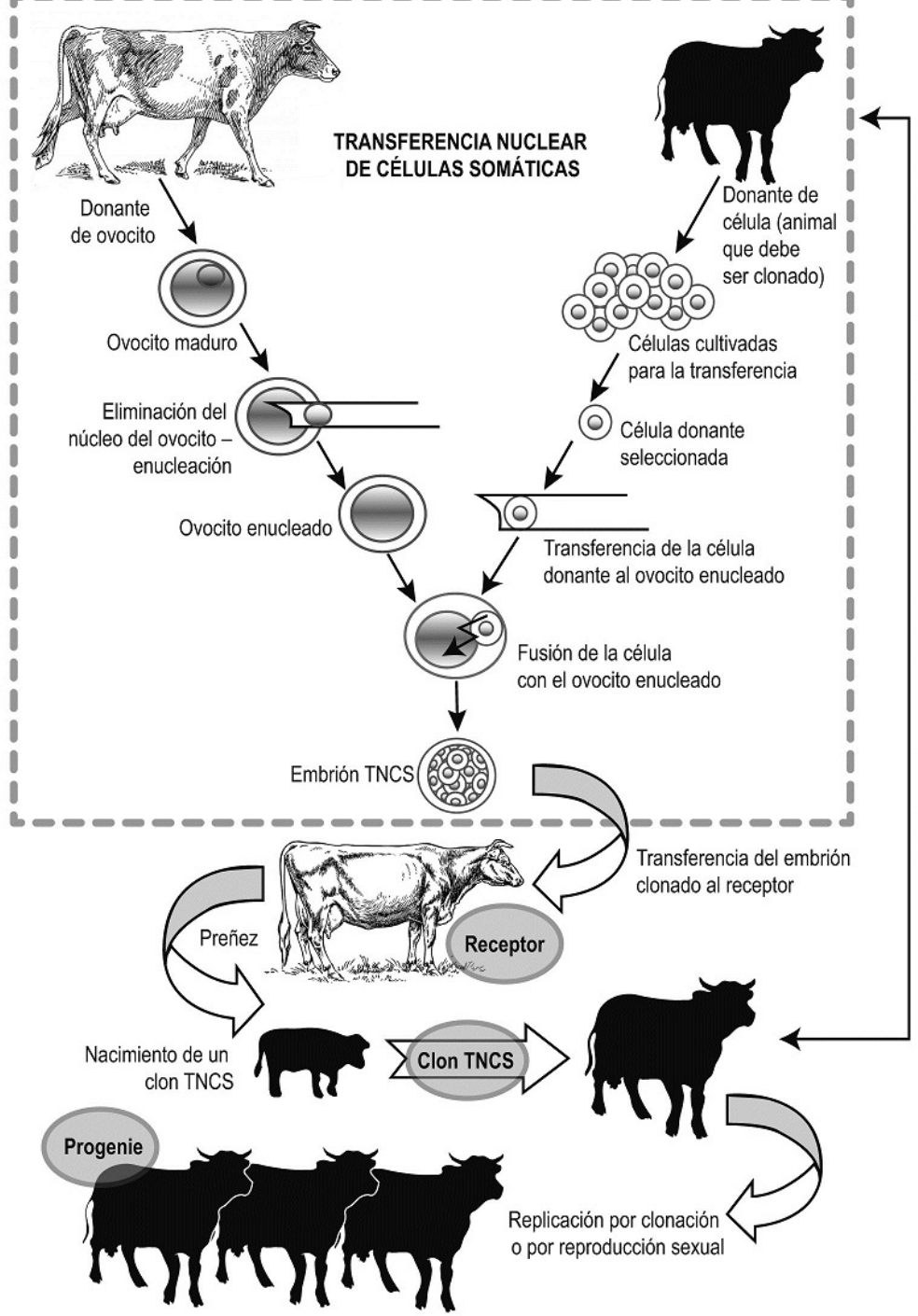
Cómo hicieron la clonación

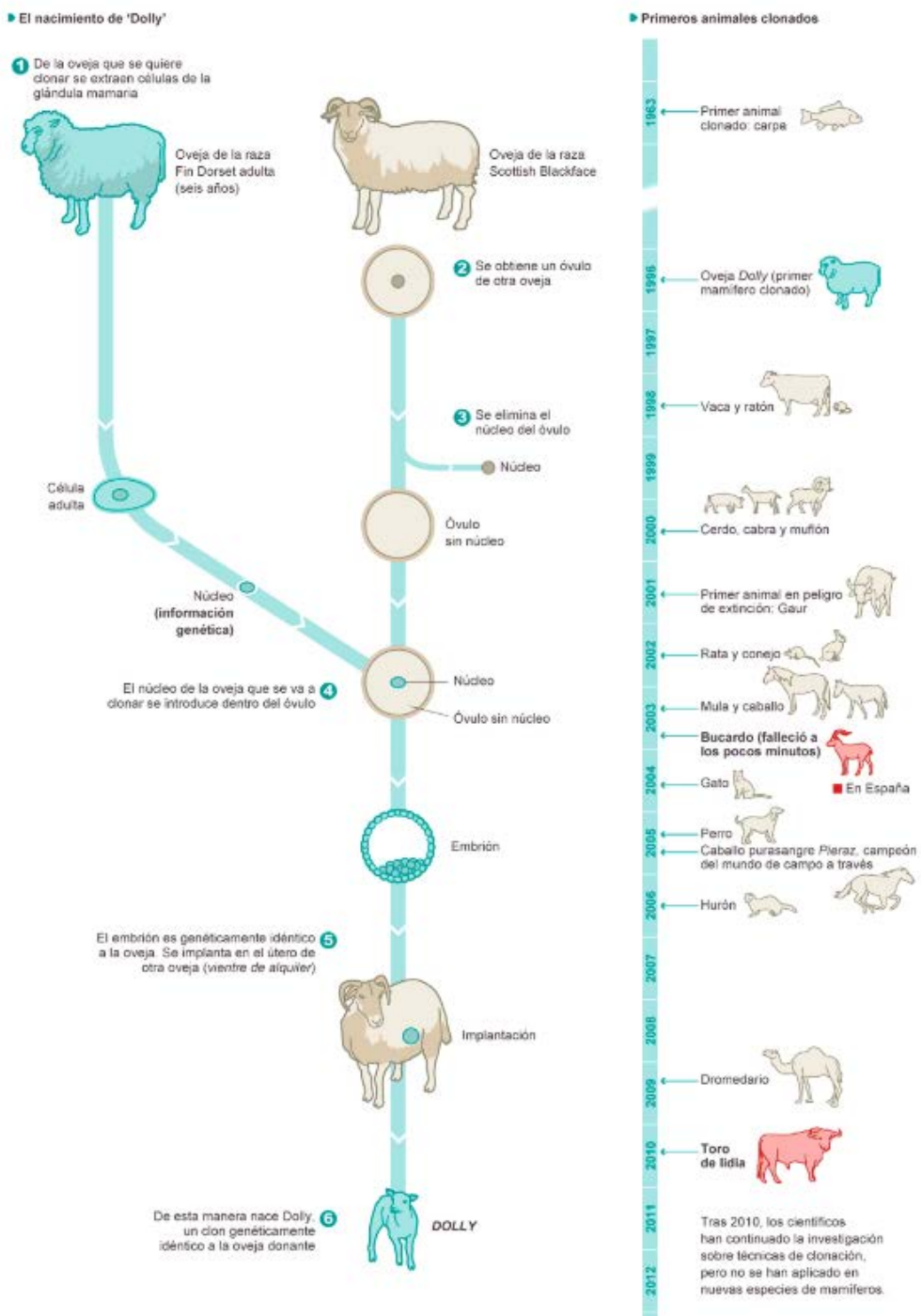


Fuente BIO SIDUS

CLARIN


Clonación del BS Ñandubay Bicentenario
Ñandubay
Yegua donante
Cultivos de fibroblasto
Ovulo
Óvulo sin núdeo
Aislamiento de un fibroblasto
Se separa el núdeo del óvulo
Fusión celular
Embrión 5 - 9 días
Transferencia embrionaria
BS ÑANDUBAY BICENTENARIO
POTRILLO CLONADO
340 Días
Yegua receptora
Infografía TELAM


TRANSFERENCIA NUCLEAR
DE CÉLULAS SOMÁTICAS
Donante
de ovocito
Donante de
célula (animal
que debe
ser clonado)
Ovocito maduro
Células cultivadas
para la transferencia
Eliminación del
núcleo del ovocito –
enucleación
Célula donante
seleccionada
Ovocito enucleado
Transferencia de la célula
donante al ovocito enucleado
Fusión de la célula
con el ovocito enucleado
Embrión TNCS
Transferencia del embrión
clonado al receptor
Preñez
Receptor
Nacimiento de un
clon TNCS
Clon TNCS
Progenie
Replicación por clonación
o por reproducción sexual


El nacimiento de 'Dolly'
1 De la oveja que se quiere clonar se extraen células de la glándula mamaria
Oveja de la raza Fin Dorset adulta (seis años)
Oveja de la raza Scottish Blackface
2 Se obtiene un óvulo de otra oveja
3 Se elimina el núcleo del óvulo
Núcleo
Célula adulta
Óvulo sin núcleo
Núcleo (información genética)
El núcleo de la oveja que se va a clonar se introduce dentro del óvulo 4
Núcleo
Óvulo sin núcleo
Embrión
El embrión es genéticamente idéntico a la oveja. Se implanta en el útero de otra oveja (vientre de alquiler) 5
Implantación
De esta manera nace Dolly, un clon genéticamente idéntico a la oveja donante 6
DOLLY
Primeros animales clonados
1963
Primer animal clonado: carpa
1996
Oveja Dolly (primer mamífero clonado)
1997
1998
Vaca y ratón
1999
2000
Cerdo, cabra y mufión
2001
Primer animal en peligro de extinción: Gaur
2002
Rata y conejo
2003
Mula y caballo
Bucardo (falleció a los pocos minutos)
En España
2004
Gato
2005
Perro
Caballo purasangre Pleraz, campeón del mundo de campo a través
2006
Hurón
2007
2008
2009
Dromedario
2010
Toro de lidia
2011
2012
Tras 2010, los científicos han continuado la investigación sobre técnicas de clonación, pero no se han aplicado en nuevas especies de mamíferos.

¿Cómo ven el problema de cambio genético los genetistas cuantitativos?

Genética Molecular

Nombre de algunos Genes

Simbolo	Nombre	Simbolo anterior	Sinonimo	Cromosoma
AGPAT1	1-acylglycerol-3-phosphate O-acyltransferase 1		LPAAT-alpha	6p21.3
AGPAT2	1-acylglycerol-3-phosphate O-acyltransferase 2	BSCL	LPAAT-beta	9q34.3
AGPAT3	1-acylglycerol-3-phosphate O-acyltransferase 3		LPAAT-gamma	21q22.3
AGPAT4	1-acylglycerol-3-phosphate O-acyltransferase 4		LPAAT-delta, dJ473J16.2	6q25.3
AGPAT5	1-acylglycerol-3-phosphate O-acyltransferase 5		FLJ11210, LPAAT-e, LPAAT-epsilon	8p23.1
GPAT4	glycerol-3-phosphate acyltransferase 4	AGPAT6	DKFZp586M1819, LPAAT-zeta, TSARG7	8p11.21
LPCAT4	lysophosphatidylcholine acyltransferase 4	AGPAT7, AYTL3	FLJ10257, LPAAT-eta, LPEAT2	15q14
LCLAT1	lysocardiolipin acyltransferase 1	LYCAT	ALCAT1, AGPAT8, FLJ37965	2p23.1

¿Cómo ven el problema de mejoramiento los genetistas cuantitativos?

- **Aumentar, en la población, frecuencia de genes “deseables”**
- **Evitando el aumento de endogamia**
- **Cambiar la frecuencia génica de la población**

¿Pero cómo lo hacen si no saben cuales son los genes deseables?

- **Considerar el genoma como una "caja negra"**

- **Identificar los "mejores" animales**

(serían los portadores de la "mejor" genética aditiva)

- **Usar a los animales identificados como reproductores** **(padres de la próxima generación)**

La caja negra

FENOTIPO DE LOS PADRES

[redacted]

FENOTIPO DE DESCENDIENTES

R. Neira

Heredabilidad

$$\text{Fenotipo} = G_A + G_D + G_I + E_p + E_t$$

$$V_F = V_A + V_D + V_I + V_{Ep} + V_{Et}$$

Asume que no hay interacción entre la genética y el ambiente

$$h^2 = \frac{V_A}{V_F}$$

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_F^2}$$

Heredabilidad

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_F^2}$$

¿Qué indica una heredabilidad de 0,2?

Que el 20% de las diferencias entre animales son de origen genético aditivo

Pregunta de prueba

Heredabilidad

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_F^2}$$

¿Qué indica una heredabilidad = 0?

- **Que la varianza genética aditiva es cero**
- **Que el 100% de las diferencias entre animales no son de origen genético aditivo**
- **Que no se puede hacer selección ya que genéticamente (aditiva) todos los animales son iguales**

Heredabilidad

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_F^2}$$

¿Qué indica una heredabilidad = 1?

- **Que la varianza genética aditiva es igual a la varianza fenotípica**
- **Que el 100% de las diferencias fenotípicas entre animales son de origen genético aditivo**
- **Que se puede hacer selección solo en base a fenotipo**

Heredabilidad

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_F^2}$$

¿Cuál será la heredabilidad del número de patas de los perros del *campus* Antumapu?

Índice de selección

¿Podemos seleccionar por mas de una característica?

Ejemplo Bovinos Leche:

- **Producción de leche**
- **Materia Grasa**
- **Proteína**

Ejemplo Ovinos:

- **Ganancia de peso**
- **Diámetro de fibra de lana**

Selección por varias características

Una solución, cuando interesa mejorar varias características en un rubro dado es la construcción de un Índice de selección.

$$I = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \ldots\ldots + b_nx_n$$

Donde:

X_i = fenotipo corregido de característica i

b_i = ponderación óptima de la característica i

$$I_s = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \ldots\ldots + b_nx_n$$

- **El índice pondera cada carácter con el objeto de maximizar el retorno económico.**
- **Considera correlaciones genéticas entre características**
- **Se expresa en unidades monetarias**

$$$$$$$$$$$

Información requerida para construir un índice de selección

$$I_s = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \ldots\ldots + b_nx_n$$

- Evaluación de la importancia económica de las características.
- Correlaciones genéticas entre las características.
- Correlaciones fenotípicas entre las características.
- Heredabilidad de cada característica.

Utilidad de un índice de selección

- **Jerarquizar reproductores de acuerdo a mérito genético-económico total**
- **Es lo que se indica en catálogos de reproductores**

Se expresa en unidades monetarias

$$$$$$$$$$

Mint-Edition

BW$/Confiabilidad
254/97%

Índice

- El toro top de BW
- Vacas moderadas con ubres sobresalientes
- Producción excepcional de sólidos totales
- Facilidad de parto

Holando Neocelandés

Mint-Edition

105038 Fairmont Mint Edition

Padre	Top Deck KO Pierre
Madre	SRD Fairmont VP Mindy
# de lactancias (Madre)	5
Promedio de Grasa %	4.03
Promedio de Proteína %	3.26

Valores genéticos aditivos

NZ VALORES ECONOMICOS

Número de hijas en prueba: 85
Beta Caseína: A1A2

BV Proteína (kg)	42	BV Fertilidad*	6.3
BV Grasa (kg)	40	Longevidad Total (dias)	174
% de Proteína	3.7	BV Celulas Somáticas	-0.18
% de Grasa	4.5	Dificultad del parto %	0.1 Fácil
BV Leche* (l)	391	Largo de gestación (dias)	-6
BV Peso Vivo* (kg)	-11		

EVALUACION ANIMAL DE NUEVA ZELANDIA

Rasgos no Prodcutivos

MANEJO	BV	-1.0 -0.5 0 0.5 1.0	
Adap Ordeño	0.01	Lenta	Rápida
Temp. Sala	0.01	Indeseable	Deseable
Veloc. Ordeño	-0.06	Lenta	Rápida
Opin. Global	0.23	Indeseable	Deseable

Repaso: Algunos Conceptos

- Valor genético aditivo:
  - Efecto promedio, de una muestra aleatoria de la mitad del genoma de un reproductor en una población específica, esto no considera interacciones (dominancia, epistasis).

- Estimación solo aplicable a la población donde se obtienen los datos fenotípicos

- Por eso los catálogos de reproductores de otras poblaciones no son muy útiles

Algunos Conceptos

- Valor genético aditivo:
  - Efecto promedio, de una muestra aleatoria de la mitad del genoma de un reproductor en una población determinada.

- Entonces hay que esperar progenie
- Es un proceso largo (5 años en bovinos de leche)
- Selección por VGA es un proceso lento

Selección y Cruzamientos

- **Son dos herramientas genéticas**
- **No son antagónicas**
- **Son complementarias**
- **Selección es lento, a nivel poblacional**
- **Cruzamientos: es mas rápido (predial)**

Cruzamientos Interraciales (exogamia)

Cruzamientos

- **Apareamiento de animales de distinta raza**

- **Usa el Vigor Híbrido o heterosis**

- **Esto es la superioridad de producción de la progenie o F1 en relación al promedio de las razas puras de padres.**

Heterosis

- **Efecto opuesto a endogamia**

  ¿qué es endogamia?

  Endogamia: es apareamiento de animales que son parientes.

  ¿consecuencias?

¿Por qué se produce la Heterosis?

¿Por qué se produce la Heterosis?

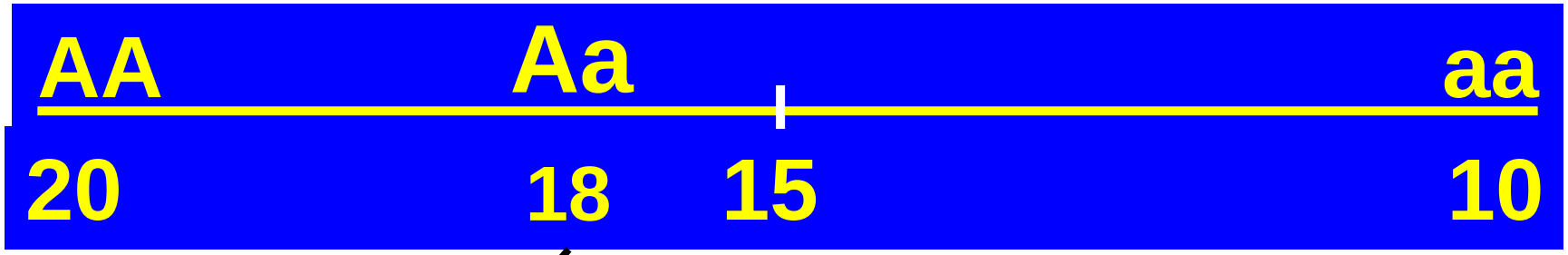
Repaso

Fenotipo = Genotipo + ambiente

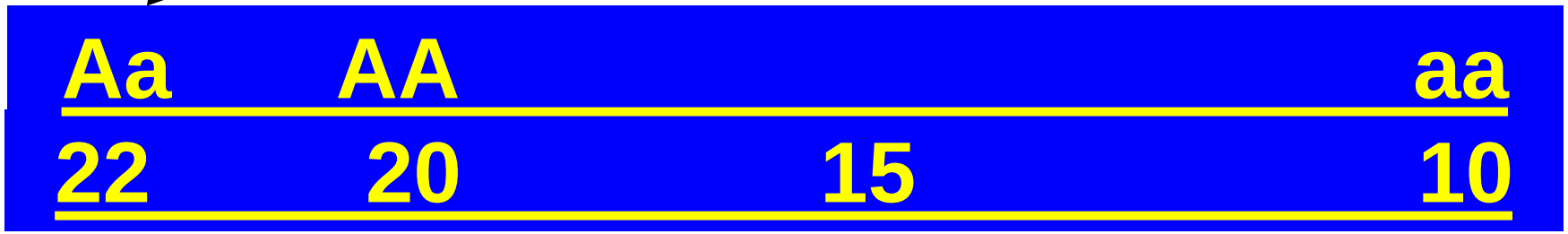
Fenotipo = G. Aditiva + G. Dominante + G. Epistática + ambiente

Heterosis se produce por efectos de dominancia

¿Cuándo hay Dominancia?



Sobre Dominancia



¿Por qué se produce la Heterosis?

Fenotipo = G. Aditiva + G. Dominante + G. Epistática + ambiente

Entonces si heterosis o vigor híbrido se produce por

G. Dominante

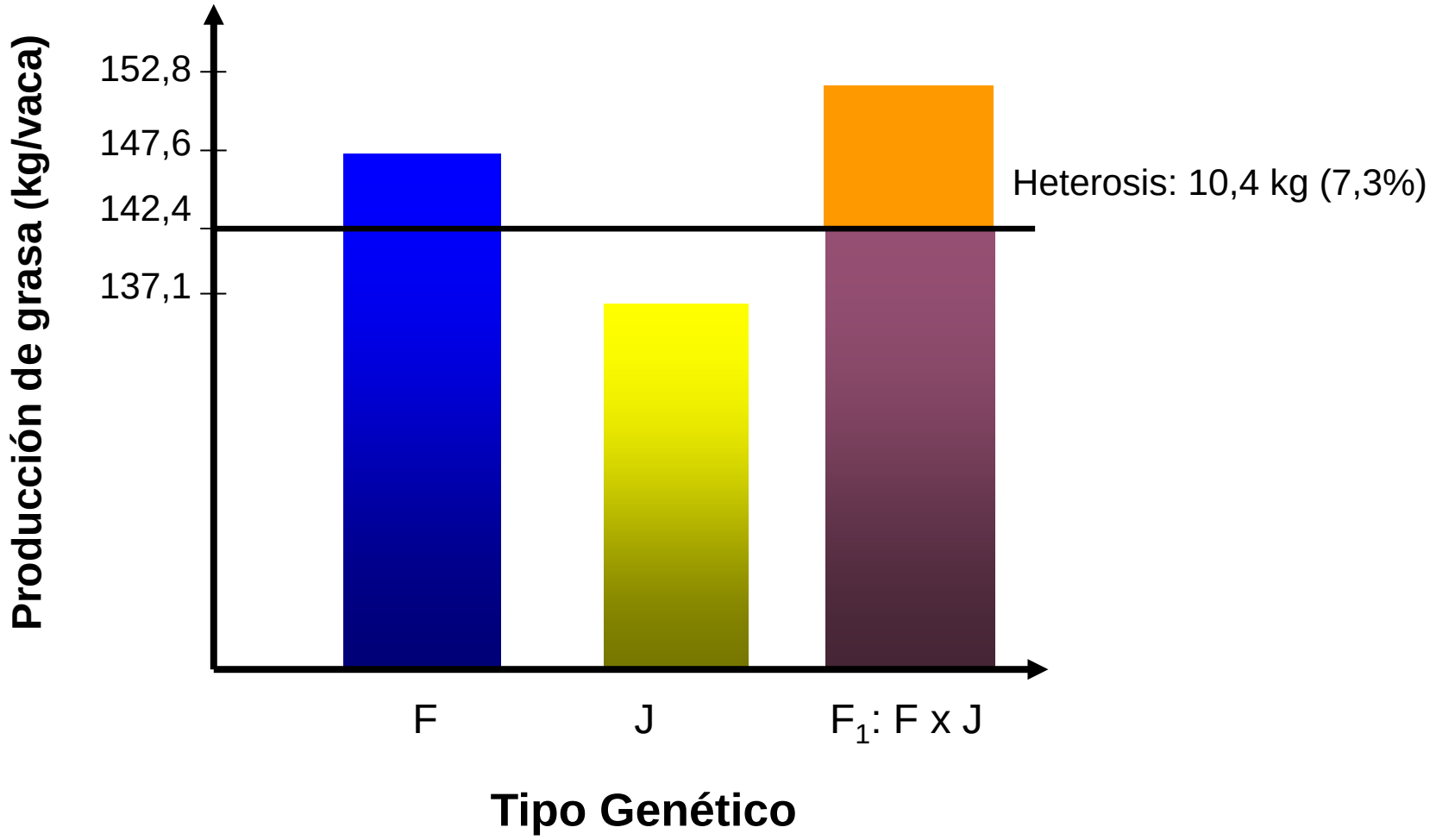
¿se pasa la heterosis a la progenie??????

Cruzamientos

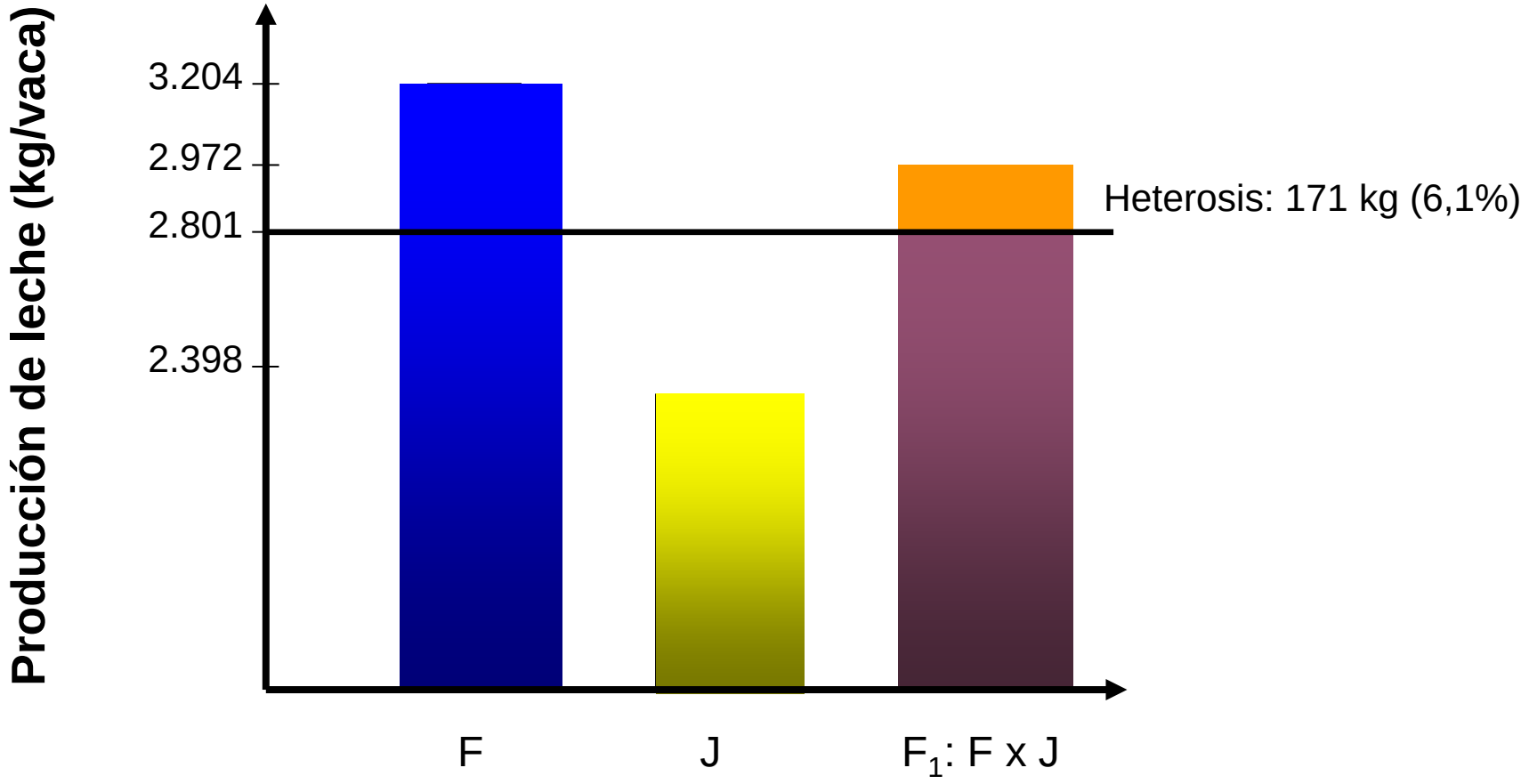
- **Ventajas:**
  - **Solución a corto plazo**
  - **Respuesta rápida (F1)**
  - **Se puede implementar a nivel predial**

- **Desventajas:**
  - **Tiene límite de mejoramiento**
  - **Requiere un esquema claro y muy ordenado**
  - **El avance que se logra no es permanente**

Ejemplo: Heterosis para Producción de Grasa en un Cruzamiento Frisón-Jersey

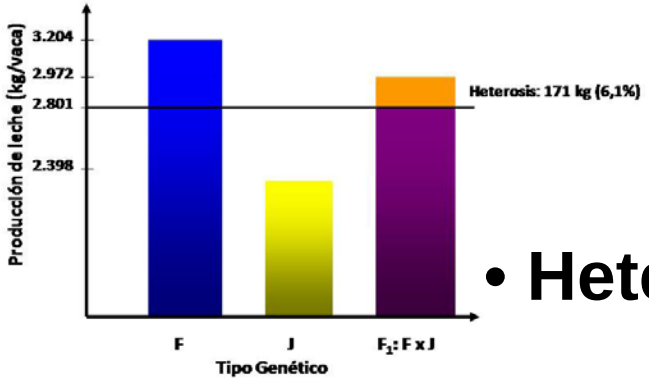


Heterosis para Producción de Leche en Cruzamiento Frisón-Jersey



Prof. H. Gonzáles, 2003- UCH

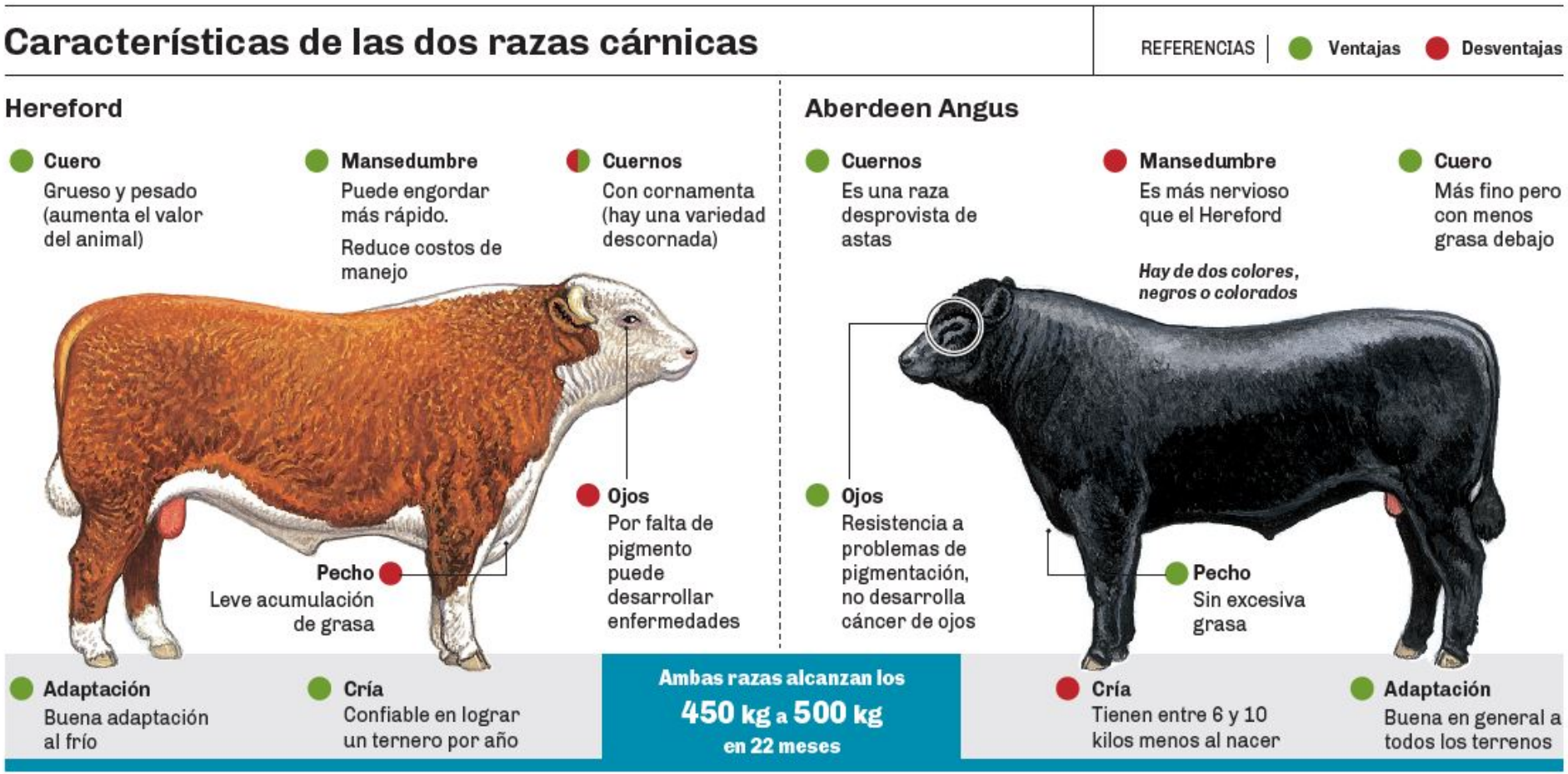
Heterosis



- **Heterosis mejora varias características**
  - **Sólidos (grasa y proteína)**
  - **Fertilidad**
  - **Longevidad**
  - **Rusticidad**
  - **Disminuye la eliminación de animales**

•Su importancia económica la hace la sumatoria de estos pequeños cambios (5-10%).

Heterosis en Bovinos de Carne



Heterosis en Bovinos de Carne

Angus x Hereford

Heterosis en Bovinos de Carne

15/10/2012

05.09.2008

Heterosis en Aves

Heterosis es muy usada en producto final

Heterosis en Aves

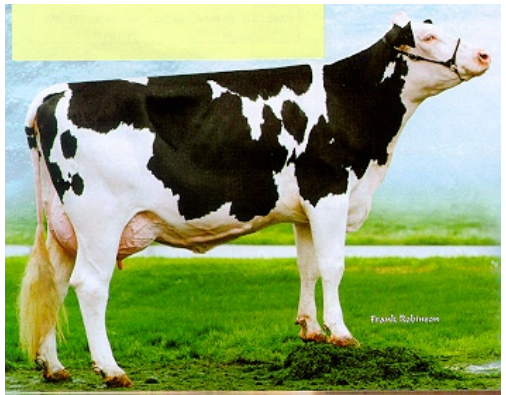
Heterosis en vacas de leche

· **Pero el 100% de heterosis solo se observa en la F1. ¿Qué pasa después?, ¿Qué hacemos con la F1?**

Holstein

x

Montbeliarde



F1 = 100% heterosis

Heterosis

- **En bovinos de carne F1 es terminal.**
- **En aves y cerdos F1 es terminal**

- **Si cruzamos F1 con F1 solo obtenemos un 50% de heterosis.**

- **Esta podría ser una “nueva raza” pero luego de algunas generaciones se conserva menos heterosis.**

Heterosis

- **F1= Esta puede ser una nueva raza pero se conserva menos heterosis.**

¿Qué pasa cuando se cruza la F1?

Raza Negra Raza Azul

AABB aabb

AB ab Gametos

F1 (100% heterosis) AaBb x AaBb

Padres	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

AABB = 1
AABb = 2
AaBB = 2
AaBb = 4
AAbb = 1
Aabb = 2
aaBB = 1
aaBb = 2
aabb = 1

Total = 9 genotipos y solo un 4/16 (25%) igual a la F1

AABB = 1
AABb = 2
AaBB = 2

AaBb = 4

AAbb = 1
Aabb = 2
aaBB = 1
aaBb = 2
aabb = 1

Entonces:

- Cruzar F1 con F1 no es una buena decisión
- Obtenemos de todo

Mejor usar un Sistema de Cruzamientos

Sistemas de Cruzamientos

- **Existen maneras de usar cruzamientos**

1) **Absorventes:**
    - **Raza A se cruza con Raza B**
    - **F1 se sigue cruzando con raza B**
    - **Luego de cuatro generaciones tenemos raza B (98%)**

Esto es un cambio de raza……
Luego de 4 generaciones no hay heterosis

Sistemas de Cruzamientos

2) Rotacionales (bovinos, ovinos)

- **Consiste en rotar la raza paterna en cada generación**
- **Pueden participar 2 o mas razas**
- **Requiere un manejo de registros e identificaciones**
- **No usa el 100% del vigor híbrido**
- **Las madres de reemplazo se generan en el rebaño**

Sistemas de Cruzamientos

2) Rotacionales (ej. Bovinos)

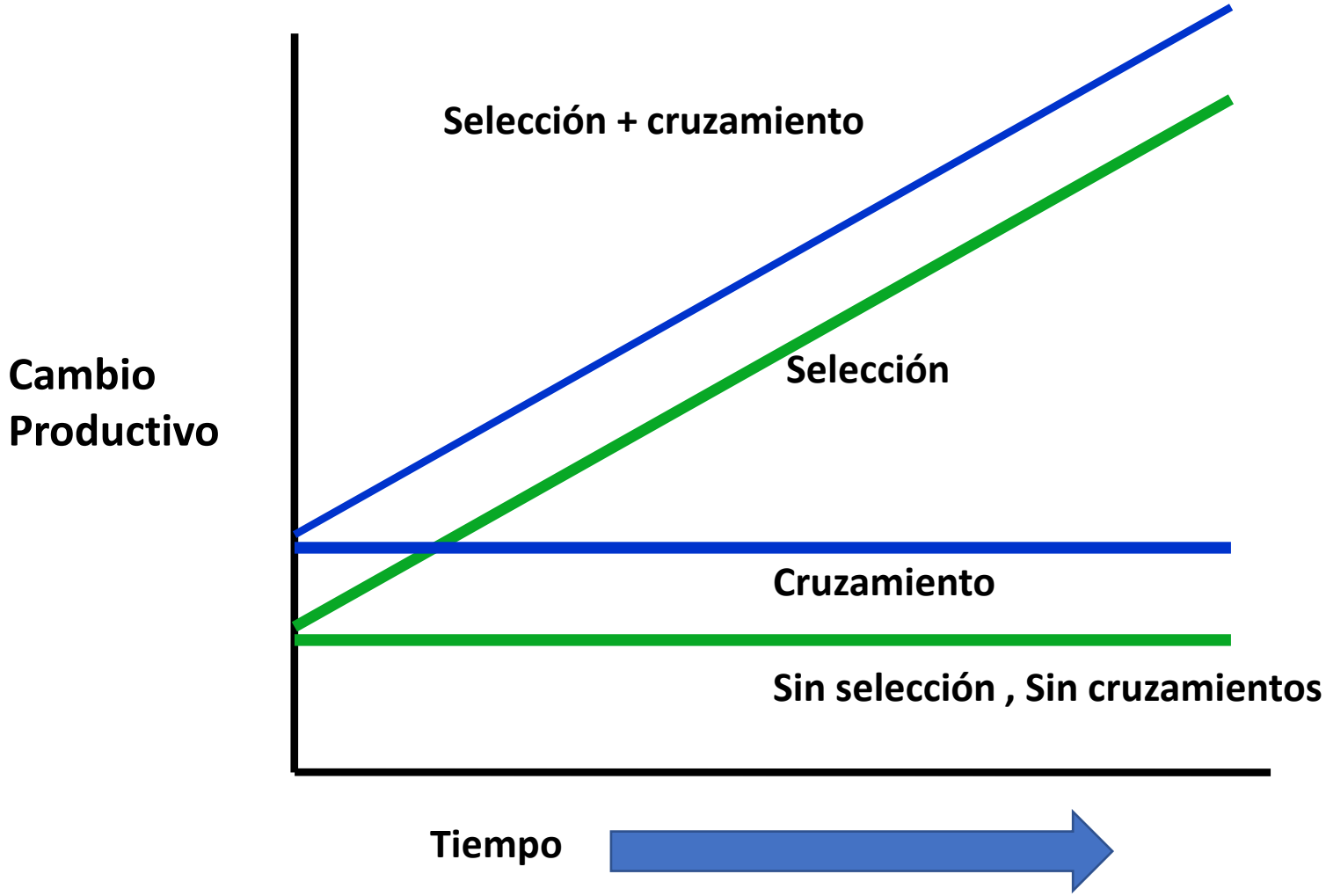
Generación	Raza Madre	Raza Padre	Progenie (F.)	Heterosis Directa
0	Frisón	Jersey	50 F- 50 J	100 %
1	50F-50J	F	75 F- 25 J	50 %
2	75 F- 25 J	J	37,5 F - 62,5 J	75 %
3	37,5 F - 62,5 J	F	68,75 F - 31,25 J	62,5 %
4	68,75 F - 31,25 J	J	34,375 F- 65,625 J	68,75
5				
6	67,1875 F 32,8125 J	J	33,5957 F - 66,40625 J	67,1875 %
7	33,596 F - 66,4063 J	F	66.798 F - 33.202 J	66,404
8	66.798 F - 33.202 J	J	33,40 F - 66,601 J	66,80

- **Se estabiliza en mas menos 66 % de Heterosis**

- **Con 3 razas se estabiliza con 86 % de heterosis**

elección y Cruzamientos

Genética de aves y cerdos



https://www.emol.com/noticias/Tendencias/2022/04/29/1059433/raza-perros-no-determina-comportamiento.html