



Universidad Autónoma de Zacatecas  
Unidad Académica de Medicina  
Veterinaria y Zootecnia

# SELECCIÓN

Mejoramiento  
Genético

Dr. Marco Antonio  
López Carlos



# DEFINICIÓN:

- ⦿ Es el proceso biológico mediante el cual cierto tipo de individuos producen más descendientes que otros.
- ⦿ Procedimiento mediante el cual ciertos individuos en una población son preferidos sobre otros para la producción de la siguiente generación.

# SELECCIÓN

- La selección es el mecanismo más importante para llevar a cabo el mejoramiento genético animal, ya que podemos dirigirlo y predecir con que intensidad se obtendrá la respuesta a la selección que se haga.

# TIPOS DE SELECCIÓN:

- ◉ Selección natural: Es aquella en la que los individuos mas capacitados o adaptados al medio ambiente sobreviven y se reproducen, transmitiendo sus características a las siguientes generaciones.
- ◉ Selección Artificial: Es aquella en la cual el hombre decide que individuos se aparearan entre sí, de acuerdo a los fines específicos que se persigan.

# SELECCIÓN ARTIFICIAL:

- ◉ Es decir, a algunos individuos con características especiales se les permite producir más progenie que a otros.
- ◉ Se considera la principal herramienta para obtener un cambio y utilizar la variación genética en una población a través del tiempo.
- ◉ Esta ha sido utilizada por el hombre desde el inicio de la domesticación de los animales, creándose así las diferentes razas y líneas que existen en la actualidad.

# OBJETIVO:

- ◉ Cambiar las frecuencias génicas de tal forma que las combinaciones genotípicas producidas cumplan con las metas establecidas por el criador en un periodo de varias generaciones.
- ◉ Nota: La selección no crea nuevos genes, sino que se tiende a reducir la frecuencia de los alelos indeseables y aumentar la frecuencia de los alelos deseables.

# CARACTERÍSTICAS A SELECCIONAR

- ◉ Las características por las cuales el criador seleccionará serán aquellas para las cuales exista un interés productivo o estético, los cuales en general poseen importancia económica.
- ◉ Pueden ser: cualitativas o cuantitativas.
- ◉ Deben poder ser medidas en forma precisa
- ◉ Se prefieren las características correlacionadas positivamente con la producción.

# RESPUESTA A LA SELECCIÓN:

- ◉ El progreso genético ( $\Delta G$ ) a esperar dependerá de:
  - La heredabilidad de la característica o variabilidad debida a efectos genéticos.
  - La exactitud en la selección de individuos superiores.
  - La intensidad de selección (presión o diferencial de selección).
  - El intervalo generacional o tiempo transcurrido entre la producción de una generación y la siguiente.



# RESPUESTA A LA SELECCIÓN

⦿ Fórmula simple:

⦿  $\Delta G = h^2 \cdot DS$ , donde:

- $\Delta G$  = Respuesta a la selección o progreso genético
- $h^2$  = Heredabilidad de la característica
- $DS$  = Diferencial de selección

⦿  $DS = \frac{(\mu_{MS} - \mu_{MH}) + (\mu_{HS} - \mu_{HH})}{2}$

- $\mu_{MS}$  = Promedio de los machos seleccionados
- $\mu_{MH}$  = Promedio de los machos en el hato
- $\mu_{HS}$  = Promedio de las hembras seleccionados
- $\mu_{HH}$  = Promedio de las hembras en el hato

⦿ Comportamiento de la próxima generación =  $\mu_{\text{hato}} + \Delta G$

# EJEMPLO

- Se desea conocer el progreso genético en un rebaño donde se quiere incrementar el peso al destete a los 90 días.
- Datos:
  - $h^2 = 0.25$
  - Peso promedio de machos seleccionados = 25 kg
  - Peso promedio de machos del rebaño = 20 kg
  - Peso promedio de hembras seleccionadas = 22
  - Peso promedio de las hembras del rebaño = 19
- Calcule el comportamiento en la descendencia

# RESPUESTA A LA SELECCIÓN

- Considerando una población

- $\Delta G = r_{ap} \cdot \sigma_g \cdot i$ , donde:

- $\Delta G$  = Respuesta a la selección
- $r_{ap}$  = Exactitud de la selección
- $\sigma_g$  = Variabilidad genética
- $i$  = intensidad de selección en términos de varianza

- $\sigma_g = h^2 \cdot \sigma_p$  = Variabilidad genética: donde

- $h^2$  = Heredabilidad de la característica
- $\sigma_p$  = Variabilidad fenotípica de la población

# RESPUESTA A LA SELECCIÓN

## ◉ Valores de $i$ :

- $1\% = 2.66$
- $2\% = 2.42$
- $5\% = 2.06$
- $10\% = 1.755$
- $30\% = 1.16$
- $40\% = .966$
- $50\% = .800$
- $70\% = .497$
- $90\% = .195$
- $100\% = 0$

Nota: Ver libro Genética cuantitativa de Falconer para más valores de  $i$

# EJEMPLO

- Se desea conocer el progreso genético en un rebaño para peso al destete a los 90 días utilizando únicamente los individuos superiores (70% del rebaño) en  $\Delta G = rap * \sigma_g * i$ .
- Datos:
  - $h^2 = 0.25$
- , donde:
  - $rap$  = Exactitud de la selección = 0.5
  - $\sigma_g$  = Variabilidad genética =  $h^2 * \sigma_p$
  - $\sigma_p$  = Varianza fenotípica = 10000 gr
  - $i$  = intensidad de selección = .497
- Calcule el comportamiento en la descendencia
- ¿Cómo es la respuesta a la selección si utiliza el 90% del rebaño?

# RESPUESTA CORRELACIONADA

- ⦿ Es el cambio genético ( $\Delta G$ ) esperado en una característica cuando se aplica selección para otra característica
- ⦿ Puede ser positivo o negativo.
- ⦿ Para esto debe existir una correlación genética entre ambas características.

# EJEMPLOS DE CARACTERÍSTICAS CON CORRELACIÓN GENÉTICA POSITIVA:

- ⊙ (Cerdos) número de lechones nacidos con:
  - Número de lechones destetados
  - Peso de la camada al nacer
  - Peso de la camada al destete
- ⊙ (Todas las especies) Peso al nacimiento con peso al destete.
- ⊙ (Cerdos) Conversión alimenticia con grasa dorsal.

# EJEMPLOS DE CARACTERÍSTICAS CON CORRELACIÓN GENÉTICA NEGATIVA:

- ◉ (Cerdos) número de lechones nacidos con peso individual al nacer
- ◉ (Cerdos) Área del ojo de la chuleta con grasa dorsal
- ◉ (Bov. Leche) Producción de leche con fertilidad.
- ◉ (Bovinos) Circunferencia escrotal con edad a la pubertad
- ◉ (Ovinos) Tamaño de la camada al nacer con sobrevivencia



# FUENTES DE INFORMACIÓN PARA LA SELECCIÓN:

- ◉ Comportamiento o fenotipo del individuo (color, conformación y comportamiento).
- ◉ Pedigree o árbol genealógico.
- ◉ Comportamiento de parientes en línea ascendente (padres y abuelos), descendente (hijos, nietos, etc) y parientes colaterales (hermanos, medios hermanos, tíos y sobrinos).
- ◉ Nota: Cuanto más cercano el parentesco mas valiosa la información proporcionada.

# MÉTODOS DE EVALUACIÓN GENÉTICA:

- Registros propios del animal (Fenotipo) o selección masal
- Pedigree
- Pruebas de progenie
- Pruebas de hermanos
- Pruebas de comportamiento
- EPD's

# REGISTROS PROPIOS DEL ANIMAL

## ⦿ Pros:

- Sencilla
- Económica
- Intervalo generacional relativamente corto
- Útil cuando la característica posee una alta  $h^2$

## ⦿ Contras:

- Baja exactitud su  $h^2$  es baja
- Algunas características son limitadas por el sexo y/o objeto zootécnico.
- Animales con cierto genotipo pueden desempeñarse más satisfactoriamente en un ambiente que otro.

# REGISTROS PROPIOS DEL ANIMAL

## ◉ Aplicación práctica:

- Selección dentro del rancho
- Uso de índices porcentuales o ratios
- Importante definir grupos contemporáneos

# PEDIGREE

- ◉ Es simplemente un registro de los ancestros de un animal.
- ◉ En general debe considerarse que entre más cercanos son los parientes, la influencia es mayor.
- ◉ Registro genealógico ampliado: Es aquel que incluye un mayor número de generaciones o algunos datos de producción.
- ◉ Pedigree sucio: El término indica que alguno de los ancestros es portador de un gen recesivo indeseable.

# PEDIGREE

- ⦿ El pedigree debe considerarse como un auxiliar pero nunca como el único criterio de selección.
- ⦿ Pros:
  - Útil para características de mediana o alta heredabilidad.
  - Selección de animales jóvenes antes de que se conozca su desempeño.
  - Selección de animales con características similares.
- ⦿ Contras:
  - La información es de valor limitado ya que los ancestros se desempeñaron en condiciones ambientales diferentes.
  - El hecho de provenir de ciertos ancestros no asegura la calidad genética de un individuo.

# PRUEBAS DE PROGENIE

- “La individualidad dice lo que el animal parece ser, el pedigrí lo que debería ser, pero las pruebas de progenie dicen lo que en realidad es”.

Legates y Warwick (1992)

# PRUEBAS DE PROGENIE

- ◉ Predicción del valor genético de un individuo en base al comportamiento de su progenie.

- ◉ Pros:

- Realmente representa lo que el semental transmite a su progenie
- Útil para detectar genes recesivos indeseables
- Útiles para características limitadas por el sexo

- ◉ Contras:

- Funcionan solo para machos ya que dejan más descendencia.
- En hembras se requieren métodos especiales (MOET, IVF)
- Intervalo generacional puede alargarse
- Desaprovecha la información de otro tipo de parientes.



# PRUEBAS DE HERMANOS

## ⦿ Pros:

- Reduce intervalo generacional en mediciones directas de características de la canal con respecto a las pruebas de progenie.
- Buena exactitud con el uso de transferencia de embriones.

## ⦿ Contras:

- Alto costo en ganado bovino ya que requiere esquemas especiales de evaluación (TE)
- Desaprovecha la información de otro tipo de parientes

# PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO

## ⦿ Pros:

- Fácil de entender por el productor
- Medio de exhibición y ventas

## ⦿ Contras:

- El comportamiento es influenciado por condiciones previas a la prueba
- Limitado a ciertas características
- Baja exactitud en características de baja heredabilidad
- Condiciones de prueba diferentes a las condiciones de desempeño posterior

# PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO

- ◉ Condiciones de prueba:
- ◉ Corral, jaulas individuales (ovinos), extensivo.
- ◉ Duración de la prueba:
  - Bovinos: 112 a 140 d
  - Ovinos: 60 a 120 d
- ◉ Periodo de adaptación:
  - Mínimo 21 d
- ◉ Lotificación
  - Rangos no mayores a 90 d en bovinos y 60 d en ovinos
- ◉ Alimentación
  - Niveles adecuados de proteína y energía

# PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO

## ◉ Características evaluadas:

- Ganancia diaria durante la prueba
- Ganancia por día de edad
- Circunferencia escrotal
- Altura a la cadera
- Mediciones con ultrasonido
  - ◉ Área del ojo de la costilla
  - ◉ Espesor de grasa dorsal
  - ◉ Grasa intramuscular (marmoleo)
- Pruebas de fertilidad

# PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO

- ◉ Alternativas a ganancia por día de edad:
  - Ganancia diaria durante la prueba
  - Índice porcentual (ratio) para peso al destete
  - Comparación contra grupo contemporáneo para peso al destete

# EPD O DEP (DIFERENCIA ESPERADA EN LA PROGENIE)

- ◉ Modelos estadísticos que permiten comparaciones a través de hatos.
- ◉ Comparaciones dentro y a través de grupos contemporáneos.
- ◉ Mejor herramienta disponible para conocer el mérito genético de los animales.
- ◉ Solo se requiere contar con un programa de control de registros de producción a nivel asociación.
- ◉ Permite incorporación de otro tipo programas de evaluación genética.

# SELECCIÓN PARA CARACTERÍSTICAS MÚLTIPLES

- ◉ Al criador no solo le interesa mejorar una determinada característica, sino varias características a la vez.
- ◉ Una vez que se obtiene la información del animal en base al fenotipo individual o bien complementada con datos de sus parientes, es posible utilizar los métodos de selección para características múltiples.

# MÉTODOS DE SELECCIÓN PARA CARACTERÍSTICAS MÚLTIPLES:

- ◉ Selección tandem o escalonada.
- ◉ Selección por descartes independientes.
- ◉ Índices de selección.



# SELECCIÓN ESCALONADA

- ⦿ La selección se realiza por una característica a la vez hasta obtener un nivel satisfactorio de la misma. Posteriormente se realiza selección por una segunda característica y luego por una tercera y así sucesivamente.
- ⦿ Pros:
  - Efectiva en características correlacionadas positivamente.
- ⦿ Contras:
  - Se lleva mucho tiempo para alcanzar un niveles óptimos en varias características.
  - El progreso alcanzado se pierde si las características se correlacionan de manera negativa.

# SELECCIÓN POR DESCARTES INDEPENDIENTES

- ⦿ Consiste en poner límites mínimos para las características que se desea mejorar.
- ⦿ Si un animal no cumple con el mínimo en cualquier característica es desechado automáticamente.
- ⦿ El criterio para fijar los niveles de desecho debe considerar:
  - La heredabilidad de la característica
  - La importancia económica de las mismas
  - El número de animales disponibles para la selección

# SELECCIÓN POR DESCARTES INDEPENDIENTES

## ⦿ Pros:

- Efectiva en características de alta heredabilidad

## ⦿ Contras:

- Se desechan animales con características superiores aún y cuando la característica en la que no cumple sea de baja heredabilidad.

# ÍNDICES DE SELECCIÓN

- ◉ Consiste en combinar las características de interés, su índice de herencia y el valor económico neto de cada una.
- ◉ Objetivos:
  - Utilizar varias características para seleccionar por una sola.
  - Selección por el valor económico conjunto.
  - Predecir la respuesta correlacionada en cualquier característica.

# ÍNDICES DE SELECCIÓN

- ◉ Para construir un índice de selección se requiere conocer lo siguiente:
  - La varianza fenotípica en la población
  - El índice de herencia de los caracteres
  - Las correlaciones genéticas entre caracteres
  - El valor económico relativo para cada característica

# ÍNDICES DE SELECCIÓN

## ⦿ Pros:

- Elaborado adecuadamente es el mejor método de selección.
- Se selecciona por el valor económico conjunto.
- Relativamente fácil de calcular.
- Es posible incorporar varias fuentes de información

## ⦿ Contras:

- Difícil de generalizar un índice ya que:
  - Los valores económicos pueden variar entre regiones y países.
  - Los objetivos de cría pueden variar entre tipo de explotación, regiones y países.

# EJEMPLO DE ÍNDICES DE SELECCIÓN

- ◉ Índice para ganancia diaria de peso (GDP) y grasa dorsal (GD) en cerdos:
  - ◉  $\text{Indice} = 100 + 286.6(\text{GDP en kg}) - 39.4 (\text{GD en cm})$

# SELECCIÓN ASISTIDA POR MARCADORES (MAS)

## ◉ Importante para :

- Características de baja  $h^2$  (ej: reproductivas)
- Difíciles de medir en el animal vivo (canal)
- Limitadas por el sexo (Producción de leche)
- Medidas en la progenie de los animales a evaluar
- Mediciones a una edad temprana



# SELECCIÓN ASISTIDA POR MARCADORES (MAS)

- ◉ Utilidad relativa de MAS en relación a la selección mediante mediciones del fenotipo ( $P_i$ ) (Peterson *et al.*, 1991):
  - Si  $h^2$  es baja  $\Rightarrow$  MAS es mas efectiva que  $P_i$
  - Si  $h^2$  es media  $\Rightarrow$  MAS igual de efectiva que  $P_i$
  - Si  $h^2$  es alta  $\Rightarrow$  MAS no ayuda en nada

# SELECCIÓN ASISTIDA POR MARCADORES (MAS)

- ◉ Ejemplo de importancia económica:
- ◉ Cuesta \$25,000 dls probar un toro joven
- ◉ Solo 1 de cada 10 toros jóvenes permanece activo en IA
- ◉ ∴ MAS es útil en reducir costos de prueba y acortar el tiempo de evaluación en toros para IA.