

IMPLEMENTACION DE PLANES DE MEJORAMIENTO GENETICO EN OVINOS

I. OBJETIVOS DE MEJORAMIENTO Y CRITERIOS DE SELECCION¹

Joaquín Mueller
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Bariloche

INTRODUCCION

El incremento de la producción de los animales se logra por dos vías, mejorando el ambiente en que viven y mejorando su capacidad genética para producir. La mejora del ambiente permite una mayor producción cuando, por ejemplo, se adecúa la alimentación de los animales, se ajusta el manejo reproductivo, se controla la sanidad, etc. En todo grupo de individuos sometidos a condiciones ambientales similares hay diferencias de producción que en partes son genéticas e independientes del ambiente. Las diferencias genéticas son la herramienta del mejoramiento genético. A través del proceso de selección y apareamiento de animales superiores se van produciendo cambios genéticos pequeños pero acumulativos en la producción de sucesivas progenies.

A los fines de diseñar un plan de mejoramiento genético es necesario distinguir entre lo que constituye un objetivo de mejoramiento y lo que es un criterio de selección. El objetivo de mejoramiento es la meta que se propone el ganadero para su majada. Esta meta puede responder a sus preferencias estéticas o de producción. Aquí vamos a suponer que el objetivo de mejoramiento es: un mayor retorno económico de la producción en la progenie de los animales seleccionados.

El mejoramiento será mayor en la medida en que sea posible detectar con precisión a los individuos con alto valor de cría, y en la medida en que el recambio generacional sea veloz. La posibilidad de acortar el intervalo generacional depende en gran parte del nivel reproductivo de la majada, mientras que la presión de selección depende de la información disponible sobre los candidatos y la eficiencia con que se utiliza esa información.

Se define como criterio de selección a la variable utilizada para ranquear a los animales. Deseamos que esa variable tenga una alta correlación con el valor de cría. El ranqueado no presenta problemas cuando la información se reduce a la medición de una sola variable, por ejemplo el peso de vellón, pero es menos obvio cuando se tiene información sobre otras variables, por ejemplo finura de vellón y peso corporal. Un método de selección para este caso se basa en ranquear a los animales por cada una de las variables y exigir que se cumplan niveles mínimos para cada variable. Este método se denomina "selección por niveles independientes de rechazo".

Otro método se basa en la confección de un criterio único de selección a partir de toda la información disponible. Este criterio único es el "índice de selección genética" que siempre es mejor que el método de selección por niveles independientes de rechazo, acentuándose su superioridad cuanto más mediciones haya y cuanto más relevantes sean.

En este trabajo se pretende explicar la construcción de los índices de selección con propuestas concretas para ovinos en la Patagonia, para lo cual previamente es necesario definir explícitamente el objetivo de mejoramiento.

¹ INTA Bariloche, Comunicación Técnica Nro 6 1985, Area Producción Animal.

OBJETIVO DE MEJORAMIENTO

El modelo

El objetivo de mejoramiento se compone de la o las características de los animales susceptibles de cambios genéticos que contribuyen a proporcionar mayores ingresos al productor. Una definición explícita del objetivo de mejoramiento implica describir un modelo que relacione las características de interés con sus valores económicos. Denominamos Y_1, Y_2, \dots, Y_m a las características; y a_1, a_2, \dots, a_m a los respectivos valores económicos. Entonces el modelo que describe un objetivo de mejoramiento con "m" características es

$$H = a_1 Y_1 + a_2 Y_2 + \dots + a_m Y_m$$

Los valores económicos se refieren al cambio en el valor económico de un animal con el cambio de una unidad (kilogramos, micrones, corderos, etc.) de las respectivas características.

Las características de interés

Típicamente las características de interés en ovinos Merino y Corriedale son el peso de vellón, la finura, el rinde, el número de animales para la venta y su peso corporal. En razas carniceras la velocidad de crecimiento y la calidad de res puede ser de interés económico en algunos sistemas de producción. Las características de peso de vellón sucio y rinde pueden conjugarse en una sola, el peso de vellón limpio. En algunos casos el largo de mecha y la resistencia de la fibra pueden adquirir importancia económica, como así también la resistencia a la podredumbre de las lanas (fleece rot).

El número de animales para la venta se puede referir a la venta de corderos, borregos, capones o carneros sobrantes. En todo caso estas características se refieren al valor que representa una mayor tasa reproductiva medidas en distintas etapas del ciclo. Aún cuando en muchos mercados la venta de ovinos es por "cabeza" el productor que ofrece animales más pesados obtiene precios mayores por "cabeza". El mismo criterio vale para la venta de ovejas viejas.

Los valores económicos

Los valores económicos deben responder preferentemente a las condiciones de mercado durante el período en que se desarrolle el Plan de Mejoramiento. Es decir que se requiere un análisis de tendencia de mercado. Por supuesto que no interesan valores absolutos sino que se requieren valores relativos entre las distintas características.

Por ejemplo la relación de precios previsible entre el kg de lana y el kg de carne. En la práctica se puede utilizar relaciones de precios puntuales en el tiempo o resultantes de regresiones a través de los últimos años y cotejarlos con valores relativos en el mercado mundial.

Al calcular estos valores económicos deben tomarse en cuenta el número de veces que se expresa el mejoramiento de una característica en la vida del animal. Con "s" servicios, "e" esquilas, y con una tasa reproductiva de "r", cada oveja produce "rs" corderos y "e" vellones. Habrá $(rs - 1)$ corderos sobrantes para la venta ya que un cordero será utilizado como reemplazo de esa oveja. El valor económico de un aumento en kg de peso de vellón limpio será igual al precio de un kg de peso de vellón limpio por "s".

A su vez si por ejemplo se venden borregos/as sobrantes después de la primera esquila el valor económico para el peso de vellón limpio será el precio por $(e + rs - 1)$. En cambio el valor económico de un kg más de peso corporal en borregos resultará del precio del kg de carne por $(rs - 1)$. El procedimiento, que resultará más claro con un ejemplo, puede ser ajustado tomando en consideración las mortandades y la tasa de reproducción por categoría.

Algunos problemas en la definición de objetivos

Variación en los precios

Ya se aclaró que importan los precios relativos, no los absolutos, en consecuencia los efectos inflacionarios en los precios no afectan al objetivo. Incluso cambios o errores moderados en el cálculo de valores relativos no influyen mayormente en la eficiencia del plan de mejoramiento. Puede haber deficiencias cuando los errores se cometen en características con alta varianza genética y fuertes correlaciones con otras o cuando se omiten del modelo este tipo de características.

Tipo de explotación

Se ha comprobado que en distintos sistemas de explotación de ovinos laneros los objetivos de selección mantienen una alta correlación, lo que indicaría que no se justifica un gran esfuerzo en ajustar H a cada caso particular. Lo mismo vale para majadas de distinta composición de categorías. Obviamente en majadas con un alto porcentaje de capones el valor económico de la lana con respecto a la carne es, en relación, mayor que en un establecimiento que vende corderos. Establecimientos que venden carneros tendrán un objetivo de mejoramiento que enfatiza el sobrante de borrego.

Costo de producción

Es posible que una mayor producción acarree un mayor costo debido fundamentalmente a un mayor consumo de forraje. También es cierto que a una mayor producción corresponda una mayor eficiencia en el uso del forraje. En condiciones de producción intensiva se debería considerar ese costo mientras que en pastoreos extensivos se justifica solo en algunas circunstancias. Por ejemplo una oveja produciendo un cordero más (mellizos en lugar de simples) indudablemente consume más, en muchos campos la lactancia coincide con el pico de producción forrajera, parte del cual no se aprovecha y su utilización no implicaría costo adicional o la necesidad de disminuir la dotación del campo. Sin embargo, esto puede ser importante en campos pobres en cuadros de parición. Puesto en otros términos, puede restarse del valor económico de un cordero el costo adicional para producirlo, por ejemplo debido a un mayor consumo y/o un manejo más intensivo. Otra característica susceptible de ajuste por mayor consumo de forraje es el mayor peso corporal. El mayor costo de producción podría calcularse en función del peso metabólico.

CRITERIOS DE SELECCION

Registro de producción

Definido el objetivo de selección el ganadero debe determinar las mediciones a realizar en los animales. Preferiblemente deben medirse las mismas características consideradas en **H** aunque esto no es indispensable, a veces no es posible y otras veces no es lo más eficiente. Por ejemplo es imposible medir supervivencia ó peso de res y luego ranquear los candidatos para su selección. También es más eficiente medir tasas ovulatorias que porcentaje de partición ya que la primera tiene una mayor correlación genética con tasas reproductivas que la segunda. El peso de vellón y el peso corporal a la primera esquila son mediciones útiles y relativamente baratas de obtener. El envío de muestras de lana al laboratorio también permiten estimar el rinde y la finura del vellón.

La información sobre un individuo puede ser indirecta a través de parientes. Por ejemplo la calidad de res o la tasa reproductiva de medios hermanos/as estiman el valor del individuo para criar corderos de calidad e hijas fértiles.

Clasificaciones de animales por grado de cobertura de cara y grado de arrugas pueden aportar información útiles. Otras gradaciones subjetivas como finura y tamaño son menos confiables y deben ser medidas objetivamente, siempre es preferible una medición a cien opiniones.

De nada sirven las mediciones si no se utilizan adecuadamente. Fue mencionado en la introducción que la mejor forma de utilizar información disponible a través de la construcción de un índice de selección que pondera todas las variables maximizando la correlación con **H**. El procedimiento matemático para calcular las ponderaciones y la estimación de la respuesta a la selección por índice, se describe en los próximos capítulos.

Construcción del índice de selección

Definiendo con X_1, X_2, \dots, X_n a las variables medidas, el índice de selección para n variables se describe como:

$$I = b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$$

Aquí b_1, b_2 y b_n son las ponderaciones para las respectivas variables.

El procedimiento se basa en el cálculo de las derivadas parciales que conforman la regresión múltiple de las características del objetivo (**H**) sobre las variables del índice (**I**). Este método estadístico requiere conocer las covarianzas genéticas entre las **X** y las **Y**, y las covarianzas fenotípicas entre las **X**. En otras palabras, se necesitan conocer las heredabilidades, varianzas, correlaciones genéticas y fenotípicas. Las ecuaciones simultáneas resultantes tienen la siguiente forma:

$$\begin{aligned} b_1 P_{11} + b_2 P_{12} + \dots + b_n P_{1n} &= a_1 G_{11} + a_2 G_{12} + \dots + a_m G_{1m} \\ b_1 P_{21} + b_2 P_{22} + \dots + b_n P_{2n} &= a_1 G_{21} + a_2 G_{22} + \dots + a_m G_{2m} \\ &\dots \dots \dots \end{aligned}$$

$$b_1 P_{n1} + b_2 P_{n2} + \dots + b_n P_{nn} = a_1 G_{n1} + a_2 G_{n2} + \dots + a_m G_{nm}$$

P_{ij} se refiere a la covarianza fenotípicas entre las características X_i y X_j (varianza en la diagonal). Las G_{ij} se refieren a covarianzas genéticas entre X_i e Y_j . El sistema de ecuaciones simultáneas tiene la siguiente forma matricial:

$$Pb = Ga$$

P y G representan las matrices de covarianzas fenotípicas ($n \times n$) y genotípicas ($n \times m$), b y a son los valores de las ponderaciones ó incógnitas ($n \times 1$) y de los valores económicos ($m \times 1$) respectivamente. La solución requiere invertir P para obtener P^{-1} entonces:

$$b = P^{-1} Ga$$

Conocidas las ponderaciones, el índice queda definido por el período en que se cumplan los valores económicos relativos (a) y mientras no haya cambios importantes en la constitución genética de la población (P y G). Normalmente el índice sirve por varios años.

El ganadero debe cambiar a un índice mejor en cuanto el manejo de su campo le permita aumentar sus registros de producción. Un índice es mejor en la medida en que su correlación con H es mayor. La correlación se calcula a partir de las varianzas de H y de I .

$$s^2_H = a'Qa$$

donde la a 'se refiere a un vector transpuesto y Q es la matriz simétrica ($m \times m$) de covarianzas genéticas entre las Y .

$$s^2_I = b'Pb$$

Entonces la correlación entre H e I es:

$$r_{HI} = s_I / s_H$$

Respuesta a la selección por índice

La respuesta a la selección es función de r_{HI} , con una intensidad de selección media entre padres de i y un intervalo generacional de L , la respuesta genética anual en H por selección en base al índice I es:

$$R = i r_{HI} s_H / L = i s_I / L$$

Para estimar el cambio genético esperado en uno de los m caracteres de interés económico se debe calcular $b'G / s_I$, si además multiplicamos por a se obtienen los aportes relativos que hacen las distintas características (Y) al mejoramiento de H . A su vez el valor de cría de un animal particular para las distintas características está dado por el índice que tiene como ponderaciones a las columnas de $P^{-1} G$.

Un procedimiento útil para estimar la eficiencia de las mediciones (X) tomadas es calcular la reducción en el mejoramiento que se produce al eliminar determinada medición del índice. Por ejemplo la eliminación de X_i del índice reduce la respuesta a un porcentaje dado por $\sqrt{(1 - b_i^2 / P_{ii}^{-1} s_I^2)}$, donde P_{ii}^{-1} es el elemento diagonal correspondiente.

Otro aspecto fácil de considerar en la formulación de un índice es el caso en que se desea incrementar algunas características manteniendo constantes a otras, por ejemplo aumentar la cantidad de lana y corderos manteniendo la finura y el peso adulto constantes.

Ese objetivo se alcanza formulando un "índice restringido" que tiene la condición de $G_{ij} = 0$.

Algunos problemas en el uso de los índices de selección

Confiabilidad del método

Cabe preguntarse si el método no requiere información difícil de obtener o al menos poco confiable para muchas poblaciones. Debe tenerse en cuenta que en la formulación del índice simplemente se objetiviza el criterio de selección que como alternativa sería subjetivo, es decir que las ponderaciones se determinarían subjetivamente quedando a criterio del clasificador la valoración económica y las relaciones genéticas y fenotípicas entre las distintas características de los animales. Lo mismo vale para la elección de los puntos de truncación utilizados en el método de selección por niveles independientes de rechazo.

Errores en los parámetros

En qué medida el método de selección por índices es susceptible a errores en los parámetros genéticos y fenotípicos utilizados?. Se ha comprobado que se puede tolerar cierto margen de error, pero no se puede dar una regla general respecto. Idealmente las varianzas y covarianzas deben corresponder a la majada en consideración, lo cual casi nunca es posible, en cambio se asume que la majada es una muestra representativa de la población sobre la cual existe la información genética. Hay evidencias de diferencias entre razas y de algunos parámetros afectados por interacción genotipo-ambiente dentro de razas.

Necesidad de contar con todas las mediciones

Una desventaja del método de índices con respecto al método de niveles independientes se refiere a la necesidad de contar con todas las mediciones para calcular el índice de un individuo y en consecuencia, poder rankearlo. Por ejemplo, todos los candidatos deben esperar en el campo hasta tanto se cuente con la información de laboratorio, cuando por el método de niveles independientes una parte ya podría haber sido rechazados por bajos pesos corporales. Conceptualmente se debería seleccionar en cada etapa con índices que incluyen toda la información disponible hasta el momento. En este caso se debería utilizar presiones de selección similares en cada etapa.

También se pueden comparar animales a los cuales se aplicaron distintos índices, pero en ese caso las comparaciones deben basarse en desvíos de la media y no en valores absolutos. Cuando algún candidato tiene una o más mediciones faltantes es común adjudicarles un valor promedio y utilizar esos valores para calcular el índice.

EJEMPLOS DE OBJETIVOS DE MEJORAMIENTO E ÍNDICES DE SELECCIÓN

A título de ejemplo supongamos que las características de interés económico son el peso de vellón limpio (**PVL**), el promedio de diámetro de fibra (**PDF**), el número de borregos/as sobrantes para la venta después de la primera esquila (**NBV**) y el peso corporal de borregos/as (**PCB**) y ovejas viejas (**PCA**). El modelo es:

$$H = a_1 \text{ PVL} + a_2 \text{ PDF} + a_3 \text{ NBV} + a_4 \text{ PCB} + a_5 \text{ PCA}$$

Supongamos los siguientes precios (agosto de 1984)

precio por kg de PVL	$p_1 = 200 \text{ \$ / kg}$
precio por micrón en cada kg de PVL	$p_2 = -12 \text{ \$ / mic / kg}$
precio por borrego/a de 30 kg	$p_3 = 1400 \text{ \$}$
precio por kg de borrego/a	$p_4 = 47 \text{ \$ / kg}$
precio por kg de oveja vieja	$p_5 = 22 \text{ \$ / kg}$

En la majada considerada las ovejas reciben 4 servicios ($s = 4$) con un 70 % de destete ($r = 0.7$). Se esquilan 5 vellones ($e = 5$), con un peso de vellón limpio de aproximadamente 2.4 kg. Si además reducimos a la mitad el valor del borrego adicional y el peso corporal adicional por razones de costo de producción, obtenemos los siguientes valores económicos:

$$\begin{aligned} a_1 &= (p_1) (e + rs - 1) &&= 200 (5 + 2.84 - 1) &&= 1360 \text{ \$ /kg} \\ a_2 &= (p_2) (e + rs - 1) (\text{promedio PVL}) &&= -12 (5 + 2.8 - 1) (2.4) &&= -196 \text{ \$ /mic} \\ a_3 &= (p_3) (s) / 2 &&= 1400 (4) / 2 &&= 2800 \text{ \$} \\ a_4 &= (p_4) (rs - 1) / 2 &&= 47 (2.8 - 1) / 2 &&= 42 \text{ \$ /kg} \\ a_5 &= (p_5) / 2 && &&= 11 \text{ \$ /kg} \end{aligned}$$

El modelo que describe el objetivo de selección es:

$$H = 1360 \text{ PVL} - 196 \text{ PDF} + 2800 \text{ NBV} + 42 \text{ PCB} + 11 \text{ PCA}$$

Se había mencionado que interesan los valores relativos más que los absolutos. Si dividimos **H** por 94 no variamos los valores relativos y obtenemos una ecuación que coincide casi en forma perfecta con un modelo propuesto para los productores de Merinos en Australia, la ecuación australiana es:

$$H = 14.5 \text{ PVL} - 2.03 \text{ PDF} + 30.95 \text{ NBV} + 0.5 \text{ PCB} + 0.12 \text{ PCA}$$

Basándose en el objetivo de mejoramiento (**H**) definido previamente y utilizando parámetros comunmente aceptados para Merinos Australianos se calcularon índices de selección que combinan la siguiente información:

- peso de vellón sucio (**PVS**) y peso corporal a los borregos/as (**PCB**).
- peso de vellón limpio (**PVL**), promedio de diámetros de fibra (**PDF**) y (**PCB**).

Los índices obtenidos son los siguientes:

- $I = 2.685 \text{ PVS} + 0.39 \text{ PCB}$
- $I = 4.511 \text{ PVL} - 1.049 \text{ PDF} + 0.4 \text{ PCB}$

Las correlaciones de estos índices (**I**) con el objetivo de mejoramiento (**H**) son 0.35 y 0.49 respectivamente. Lo cual indicaría que el ritmo de mejoramiento genético que es posible lograr cuando se utilizan los datos de laboratorio (**PVL** y **PDF**) junto al peso corporal (**PCB**) supera en un 40% ($0.49 / 0.35 - 1$) a la selección basada en el índice sin información de laboratorio.

El segundo índice incluye una ponderación negativa para el **PDF** (ya que se castiga a aquellos animales con lana gruesa) que puede originar valores de índices negativos. Ello no presenta inconvenientes a los fines del ranqueo de animales, pero puede evitarse sumando a todos los índices una constante, digamos 100. Mejor aún sería estandarizar el promedio y la distribución de los índices facilitando así la interpretación de los resultados.

Por ejemplo se puede calcular los índices para cada individuo tal que su promedio sea 100 y su distribución tenga un coeficiente de variación del 10% mediante la transformación $(I - IP) * 10 / sI + 100$, donde **IP** es el valor índice promedio y **sI** es el desvío estandar de los índices originales.

A título de aplicación supongamos que un productor dispone de la siguiente información sobre 10 carneritos:

CARAVANA	PVL (kg)	PDF (mic)	PCB (kg)
3255	2.0	19.4	38.0
3259	2.2	20.1	34.0
3261	2.4	19.0	40.5
3263	2.1	17.8	38.0
3265	2.8	19.8	33.0
3267	2.0	17.9	35.0
3269	2.1	19.0	37.5
3271	1.9	18.6	32.0
3275	2.5	18.1	35.0
3277	2.1	17.7	35.5

A partir de estos registros y utilizando las correspondientes ponderaciones estamos en condiciones de calcular los índices. Por ejemplo el índice del carnerito 3255 será $4.511 * 2.0 - 1.049 * 19.4 + 0.4 * 38 = 3.87$. El promedio de índices es 4.65 y su desvío estandar es $0.35 * 4.65$. Entonces el índice estandarizado para el carnerito 3255 es $(3.87 - 4.65) * 10 / (0.35 * 4.65) + 100 = 95$

Ordenando los carneritos por valor de índice de selección genética se obtiene el siguiente resultado:

ORDEN	CARAVANA	INDICE	INDICE ESTANDARIZADO
1	3261	7.10	115
2	3275	6.29	110
3	3263	6.00	108
4	3277	5.11	103
5	3255	5.06	102
6	3269	4.54	99
7	3267	4.25	98
8	3255	3.87	95
9	3259	2.44	87
10	3271	1.86	83
PROMEDIO		4.65	100
COEFICIENTE DE VARIACION (%)		35	10

Ordenados los carneritos de mayor a menor valor de índice de selección, el productor puede proceder a elegir sus reemplazos descartando a aquellos con falencias obvias. Las estrategias disponibles para una eficiente utilización de los carneritos seleccionados es motivo de otro artículo de esta serie.

Vale la pena recordar que en los países laneros importantes existen sistemas de registro de producción, análisis de lana y evaluación genética de ovinos que funcionan al servicio del productor y que proveen en la mayoría de los casos, los índices de selección de acuerdo al procedimiento descrito anteriormente.