

UTILIZACION DE LA INSEMINACION ARTIFICIAL Y LA SUPEROVULACION CON TRANSFERENCIA DE EMBRIONES EN EL MEJORAMIENTO GENETICO DE OVINOS*

Joaquín Mueller
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Bariloche

La cría y el mejoramiento de animales siempre dependió de la habilidad del hombre para controlar la reproducción. En un principio, a través de prácticas tan simples como la extracción, castración o separación de sexos y más recientemente a través de las técnicas de inseminación artificial (IA) y la superovulación seguida de transferencia de embriones (SOTE).

Estos controles de la reproducción afectan a los siguientes componentes del mejoramiento genético:

- intensidad de selección (a mayor intensidad mayor progreso)
- precisión de selección (a mayor precisión mayor progreso)
- intervalo generacional (a mayor intervalo menor progreso)
- nivel de consanguinidad (a mayor consanguinidad menor progreso)
- vigor híbrido (a mayor vigor híbrido mayor progreso).

A continuación se comentan algunas aplicaciones y consecuencias de la IA y la SOTE en el mejoramiento genético de ovinos.

INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

Impacto de la IA en el mejoramiento genético

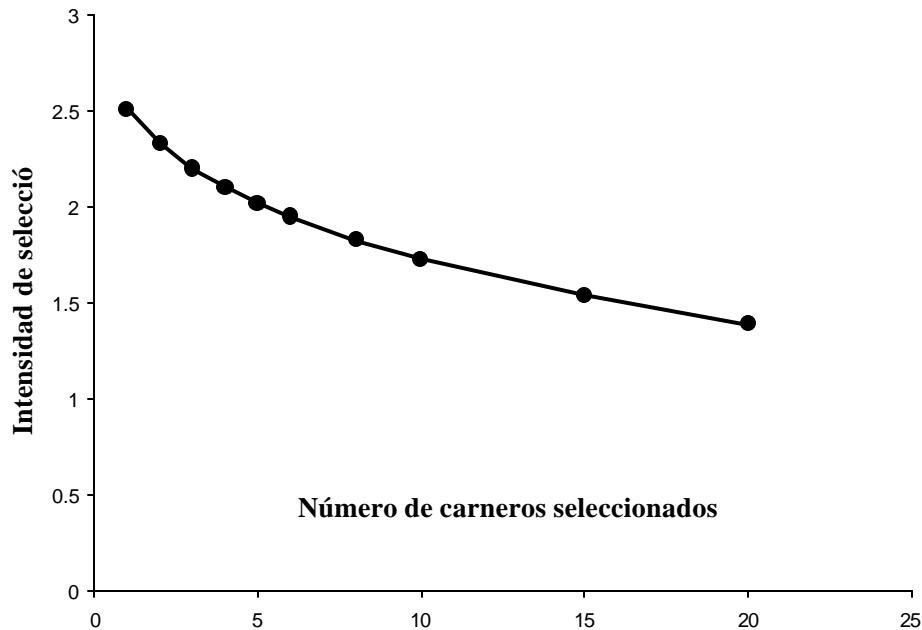
La IA permite reducir el número de carneros necesarios para el servicio y, en consecuencia aprovechar los de mayor nivel con mayor intensidad tanto en el propio plantel como en otras majadas.

En la Tabla 1 podemos apreciar como se incrementa la intensidad de selección (medida en unidades de desvío standard) en la medida en que se requieren para el servicio menos carneros seleccionados a partir de un número fijo de candidatos.

Dado que el progreso genético es directamente proporcional a la intensidad de selección podemos ver que a igualdad de otros factores (tasa reproductiva, edad media de padres, etc.) un plantel de 300 ovejas inseminadas con 2 carneros en lugar de un servicio natural con 10 carneros seleccionados de un total de 100 candidatos tendrá un progreso genético superior en un 35% ($2.33/1.73$).

* Notas para Curso de Inseminación Artificial con Semen Congelado y Transferencia de Embriones, 1993. Comunicación Técnica INTA EEA Bariloche PA N°323, 7 p.

Figura 1: Intensidades de selección según número de carneros seleccionados de un total de 100 disponibles



Desde otro punto de vista y quizá mucho más relevante es la posibilidad que ofrece la IA para reducir las diferencias genéticas entre plantales y majadas generales. La mayoría de las características de interés en producción ovina son de herencia aditiva lo que significa que el nivel genético de la progenie de un apareamiento determinado se ubicará a mitad de camino entre el nivel genético del padre y el nivel genético de la madre. En consecuencia el impacto de la IA será proporcional a la distancia genética entre la cabaña origen del carnero y la majada a inseminar.

En la estructura genética clásica la tasa, de progreso en los diferentes estratos es en última instancia aquella que imponen las cabañas y el retraso genético de un estrato con respecto al inmediatamente superior es equivalente a unas dos generaciones de mejoramiento. Con IA es posible utilizar carneros altamente seleccionados en estratos inferiores achicando dicho retraso.

Además con los progresos logrados en la técnica de inseminación con semen congelado es posible que aún majadas aisladas geográficamente puedan tener acceso a carneros de alta calidad.

La IA y el riesgo de la consanguinidad

Debe tenerse presente que en el caso de usar pocos carneros o usar carneros sobre ovejas emparentadas (hijas, madres, medias hermanas, nietas, etc.) se aumenta la consanguinidad y en consecuencia se deprime la rusticidad de las crías y su producción. Este fenómeno es acumulativo aunque no lineal. Con el tiempo la selección natural y artificial enmascaran dichos efectos negativos.

Recientemente se comprobó una reducción en la sobrevivencia del 20% por cada 10% de incremento de la consanguinidad (Wiener et al 1992). Partiendo de individuos no emparentados la progenie de un apareamiento entre padre e hija genera una consanguinidad del 25%, un nuevo apareamiento de ese padre con su nieta eleva la consanguinidad al 37.5%. Salvo situaciones muy especiales debería evitarse el apareamiento de padres con sus hijas.

La tasa de incremento de consanguinidad promedio de un plantel depende fundamentalmente del número de padres nuevos utilizados anualmente como reemplazos. Plantales cerrados incrementan su consanguinidad a un ritmo anual de $1/(8 \cdot n \cdot I^2)$ donde n es el número de machos nuevos por año y I es la edad promedio de los

padres al nacimiento de sus hijos. Un plantel debería usar en IA como mínimo 2 machos nuevos por año (consanguinidad del 0.5% anual si $I = 3.5$).

Selección de carneros para IA

Además de los requerimientos sanitarios, aptitud para la extracción de semen y calidad seminal es obvio que el carnero debe ser mejorador para la majada que se desea inseminar. El criterio general que debe primar es que la intensidad de uso del carnero debe ser proporcional a su *nivel genético* y a la *precisión* con que ese nivel es estimado.

El *nivel genético* depende del nivel genético del plantel del cual proviene el carnero y del mérito relativo dentro de ese plantel o intensidad de selección aplicada para elegirlo. En general no se conoce objetivamente el nivel genético de las cabañas, aunque un análisis del plan de mejora aplicado es un buen indicador. Si el objetivo de mejora apunta a caracteres heredables y de importancia económica, si se utilizan mediciones objetivas para la selección, si tiene un buen nivel reproductivo, y el plan se ejecuta con continuidad, es mayor la probabilidad de un alto nivel genético. La estimación del mérito genético relativo a los carneros dentro de cabaña se puede basar en PROVINO o pruebas de progenie.

Se comentó que la *precisión* con que se debe estimar el nivel genético del carnero candidato depende de la difusión que se le pretende dar. Carneros padres de cabaña utilizados masivamente en IA deben tener prueba fehaciente de calidad genética. La mayor precisión se obtiene a través de pruebas de progenie correctamente diseñadas aun al costo de un mayor intervalo generacional. A los fines de cuantificar la precisión de selección se presentan distintos métodos en la Tabla 2.

Tabla 2: Precisión de la estimación del valor de cría para peso de vellón.

| Estimación del nivel genético | precisión de la estimación |
|---------------------------------|----------------------------|
| totalmente al azar | 0 |
| medición del padre/madre | 32 |
| apreciación visual del fenotipo | 35 - 57 |
| medición de 5 hijos/as | 60 |
| medición individual | 63 |
| medición de 25 hijos/as | 86 |
| medición de 50 hijos/as | 92 |
| medición de 100 hijos/as | 95 |
| conocimiento del genotipo | 100 |

Fuente: Mueller sin publicar

Carneros para majada general sólo necesitan una buena inspección visual y medición de peso de vellón (precisión del 60%) pero carneros para IA masiva en planteles y cabañas deberían ser seleccionados en base a pruebas de progenie con más del 80% de precisión.

Utilización de la IA en la evaluación de carneros

Conexión de planteles: A través de carneros de "referencia" es posible comparar en forma indirecta carneros criados en diferentes campos. El efecto de "campo" y "oveja" se estima como diferencia con respecto a los carneros de referencia. De esta manera se pueden comparar y seleccionar animales con precisión dentro y entre cabañas. Estas conexiones se basan en la IA (en general con semen congelado) de ovejas de los distintos campos con carneros superiores.

Esquemas de este tipo pueden ser implementados por grupos de ganaderos que distribuyen entre sus miembros semen de los carneros de referencia o bien pueden ser implementados en centros de prueba para carneros de distinto origen. Centros de prueba funcionan en Pilcaniyeu, Balcarce y Curuzú Cuatía.

Estimación de progreso genético: Semen congelado puede ser utilizado a través del tiempo para estimar tendencia genética en la población. Esto lo puede hacer un productor individual conservando semen de los carneros utilizados en determinado año y luego inseminar una fracción de sus ovejas al, digamos, quinto o décimo año. La diferencia en producción observada en la progenie de los carneros actuales y pasados estima la mitad del progreso genético entre ambas fechas.

SUPEROVULACIÓN Y TRANSFERENCIA DE EMBRIONES

Multiplicación de genotipos y genes con SOTE

El uso más importante de la SOTE es en la *multiplicación de genotipos*. Propietarios de animales escasos, de moda, seleccionados de una población muy grande, importados, excepcionales, etc. pueden beneficiarse incrementando rápidamente la oferta de hijos de esos individuos a través de SOTE.

Por ejemplo si de una oveja se pudiesen obtener 5 hijas por SOTE y el procedimiento se repite con esas hijas sucesivamente sería posible generar más de 30.000 corderos (2×5^9) en el término de 10 años a partir de esa oveja inicial. Si además fuese posible repetir la SOTE 5 veces más en la vida de esa oveja inicial y hacer lo mismo con sus hijas se lograrían 175.000 corderos en ese lapso.

Más allá de la racionalidad y factibilidad de un proyecto de ese tipo queda claro el efecto exponencial que tiene la utilización de la SOTE sobre la reproducción de genotipos. Un ejemplo de multiplicación por SOTE se utiliza en Australia con caprinos de Cashmere (Tabla 3).

Tabla 3: Multiplicación de caprinos de Cashmere por SOTE.

| Año | cabras donantes | | crías obtenidas | | crías/cabra | |
|------|-----------------|-----|-----------------|-----|-------------|-----|
| | (1) | (2) | (1) | (2) | (1) | (2) |
| 1989 | 20 | 30 | 135 | 154 | 6.8 | 5.1 |
| 1990 | 38 | 44 | 140 | 153 | 3.7 | 3.5 |
| 1991 | 52 | 51 | 315 | 335 | 6.1 | 6.6 |
| 1992 | 39 | | | | | |

Fuente: (1) Rose (1992), (2) Kidd and Peebles (1992)

Cuando el interés se centra en la *multiplicación de genes simples*, como por ejemplo el gen F de alta prolificidad encontrado en la raza Booroola, la SOTE podría facilitar la detección de homocigotas y acelerar su multiplicación. También serviría para constatar la presencia de genes recesivos como los que determinan el color negro o cuernos en razas laneras blancas. Majadas homocigotas recesivas destinadas a tales pruebas podrían consistir de un número pequeño de ovejas donantes de embriones.

Absorción de genotipos con SOTE

Supongamos que se desea *absorber* una majada con la sangre superior que aportan uno o más carneros exóticos. La majada repone anualmente el 25% de hembras y las borregas producen por SOTE el mismo número de corderos que la majada en su conjunto con reproducción natural. Entonces al cuarto año borregas nacidas en el plan con SOTE son 3/4 contra 1/2 sangre de borregas nacidas en un plan de absorción por retrocruza normal. Con SOTE se lograrían en 6 años borregas con la proporción de sangre que se obtendría en 10 años por absorción con reproducción normal (Tabla 4).

Tabla 4: Proporción de sangre exótica en borregas obtenidas en planes de absorción sin y con SOTE.

| Método de absorción | año desde primer apareamiento | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| sin SOTE | 0 | 0 | 50 | 50 | 56 | 63 | 70 | 77 | 80 | 83 | 86 |
| con SOTE | 0 | 0 | 50 | 50 | 75 | 75 | 88 | 88 | 94 | 94 | 97 |

Fuente: Mueller sin publicar

La absorción con reproducción normal podría ser acelerada ajustando la estructura de edades tal que se vayan reemplazando ovejas de menor pureza por ovejas de mayor pureza lo que reduciría en algo las ventajas relativas de la SOTE.

Al igual que con IA se debe prestar atención al cuello de botella genético que representa la utilización de pocos individuos fundadores. El tamaño efectivo de población que gobierna el nivel de consanguinidad y la variación genética depende del número mínimo de animales de cualquier sexo usados en alguna instancia del programa. La SOTE puede llevar a la tentación de utilizar un número de ovejas donantes (o carneros dadores de semen) menor al deseable. En ese sentido aún cuando se pierde presión de selección es conveniente no seleccionar más de un macho por hembra donante para utilizar en un mismo plantel.

Mejoramiento genético con SOTE

Luego de observar las posibilidades que ofrece la SOTE para multiplicar genotipos e introducir sangre a una población pasamos a considerar su relevancia en el mejoramiento de poblaciones ya establecidas.

Así como la IA incrementa la tasa reproductiva de carneros, la técnica de SOTE representa la posibilidad de elevar la tasa reproductiva de hembras. Sin embargo a diferencia del carnero la precisión de selección de la oveja donante no puede ser muy alta. Quizá este aspecto sea la principal limitación genética para el uso de SOTE en planes de mejora.

De todas formas la mayor tasa reproductiva alcanzada por SOTE permite una mayor presión de selección al haber más candidatos entre los cuales elegir ovejas donantes, o permite reducir el intervalo generacional cuando son ovejas jóvenes las donantes y adultas las recipientes. Ambos efectos, combinados o bien separados, implican un mayor ritmo de mejoramiento genético.

En general la magnitud del efecto que la SOTE tiene sobre el mejoramiento genético es inversamente proporcional a la fecundidad de la raza. En razas (o especies) de baja fecundidad y en caracteres de alta heredabilidad el mejoramiento logrado con SOTE puede duplicar al posible a través de los procedimientos habituales.

Los beneficios genéticos y económicos que resultan de un plan de mejoramiento basado en SOTE dependen de una gran cantidad de supuestos. Desconozco la existencia de planes de mejora genética por SOTE pero sí se han documentado análisis de una amplia gama de modelos teóricos de uso de SOTE. A continuación los resultados de algunos de esos análisis.

Ejemplo 1:

Supongamos un plantel de 300 ovejas y 12 carneros que repone el 25% de ovejas y el 50% de los carneros anualmente. Anualmente hay 100 borregas y 100 borregos disponibles para selección. Con selección y apareamiento habitual se puede esperar un mejoramiento genético anual de 0.40 (en unidades de variabilidad genética), y una tasa anual de consanguinidad del 0.25%. Si en dicho plantel se utilizaran 3 carneros en IA, el mejoramiento genético anual sería de 0.49 y la tasa anual de consanguinidad sería del 0.57%.

Ahora supongamos un plan de SOTE por el cual las 30 mejores ovejas de 4 dientes son servidas (inseminadas) para producir por SOTE 4 corderos viables cada una. En este caso la tasa de mejoramiento será de 0.57 y la tasa anual de consanguinidad será del 0.73% (Tabla 5).

Tabla 5: Progreso genético en un plantel de 300 ovejas con reproducción natural, IA y SOTE en unidades de variabilidad genética.

| Tipo de reproducción | progreso genético | tasa de consanguinidad |
|----------------------|-------------------|------------------------|
| Servicio natural | 0.40 | 0.25% |
| IA | 0.49 | 0.57% |
| SOTE | 0.57 | 0.73% |

Fuente: Mueller sin publicar

Ejemplo 2:

Una propuesta más original del uso de la SOTE en planes de mejoramiento es la colección de embriones de borregas de 6-8 meses y su transferencia a ovejas receptoras. A los 14-16 meses se realizan las mediciones de vellón de las borregas donantes y se desechan aquellos corderos nacidos de madres genéticas inferiores (Nicholas y Smith 1983).

En este caso al seleccionar apareamientos en lugar de individuos se pierde intensidad de selección pero se gana tiempo. Un sistema de este tipo duplicaría el mejoramiento genético del peso de vellón si se logra transferir exitosamente 5 embriones de cada oveja donante. Si la técnica progresa tal que fuera posible transferir 10 embriones las ventajas se incrementan pero la consanguinidad también lo haría en forma más que proporcional.

Ejemplo 3:

Para una majada de mayor tamaño con registros de pedigree, estructura de edades más ajustada y mayor eficiencia de SOTE incluyendo el transplante de embriones de borregas de 6-8 meses, Smith (1986) analizó una serie de planes de selección con reproducción natural, IA, SOTE y pruebas de progenie para el mejoramiento de caracteres de crecimiento, lana y reproducción en ovinos. El autor concluye que con SOTE se duplica el mejoramiento posible con IA en peso al destete y se mejora en alrededor del 40% el peso de vellón y la tasa reproductiva (Tabla 6).

Tabla 6: Progreso genético para características de ovinos utilizando servicio natural, IA y SOTE en unidades de variabilidad genética.

| Tipo de reproducción | Peso destete | Peso vellón | Reproducción |
|----------------------|--------------|-------------|--------------|
| Servicio natural | .72 | .48 | .93 |
| IA | .89 | .63 | 1.57 |
| SOTE | 1.69 | .85 | 2.19 |

Fuente: Smith (1986)

Ejemplo 4:

En otro análisis Gaffney et al (1991) fijan el número de corderos nacidos de los distintos planes en 2000 y el número de carneros en 68 y hacen variar el número de ovejas. Además toman en consideración los efectos de los distintos planes sobre varianzas y consanguinidad. Estos autores llegan a la conclusión de que las ventajas de SOTE con 4 y 8 corderos logrados por oveja donante son del 49 y 73% respectivamente (Tabla 7). Tomando en consideración el efecto cascada que dicho plan tiene sobre la majada general, la ventaja de la SOTE sobre el servicio natural es del 33 y 53% (en términos económicos) para 4 y 8 corderos logrados respectivamente.

Tabla 7: Progreso anual teórico y progreso corregido por efecto de la reducción en varianzas y consanguinidad en peso de vellón después de 20 años de selección con distintos sistemas reproductivos.

| Tipo de reproducción | progreso teórico | progreso corregido |
|----------------------|------------------|--------------------|
| Servicio natural | 0.090 kg | 0.071 kg |
| TE 4 crías logradas | 0.133 kg | 0.106 kg |
| TE 8 crías logradas | 0.157 kg | 0.123 kg |

Fuente: Gaffney et al (1991)

Ejemplo 5:

Uno de los análisis más completos es el de Horton (1992). El autor analiza una serie de combinaciones de IA, SOTE y sistemas de selección en la estructura piramidal de una población de 200.000 ovejas, llegando a la conclusión que los retornos económicos se maximizan cuando se usa SOTE sobre un tercio de las ovejas del núcleo e IA sobre otro tercio. En ese caso el plan con SOTE supera en términos económicos al plan sin SOTE en un 44%, aunque con una tasa de consanguinidad del 1.79% versus 0.27%.

BIBLIOGRAFÍA

- Gaffney, B.; Wade, C.M.; Goddard, M.E. and Nicholas, F.W. 1991. Genetic and economic value of multiple ovulation and embryo transfer in nucleus Merino flocks. AAABG 9, 102-105.
- Horton, B.J. 1992. Optimal structure for a three-tiered co-operative sheep breeding system using AI and MOET. AAABG 10, 435-439.
- James J W. 1988. Increasing genetic gains using new reproductive techniques. AAABG 7, 1-10.
- Kidd, J.F. and Peebles, I.R. 1992. A MOET program for the cashmere goat industry. Results of MOET. AAABG 10, 221-225.
- Nicholas, F.W. and Smith, C. 1983. Increased rates of genetic change in dairy cattle by embryo transfer and splitting. Anim. Prod. 36, 341-353.
- Rose, M. 1992. A MOET program for the cashmere goat industry. Evaluation of animals. AAABG 10, 456-459.
- Smith, C. 1986. Use of embryo transfer in genetic improvement of sheep. Anim. Prod. 42, 81-88.
- Wiener, G.; Lee, G.J. and Woolliams, J.A. 1992. Effects of rapid inbreeding and of crossing of inbred lines on conception rate, prolificacy and ewe survival in sheep. Anim. Prod. 55, 115-121.