

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS
DE SUSTITUCIÓN DE POBLACIONES BOVINAS
(A COMPARATIVE STUDY OF METHODS OF REPLACEMENT
OF BOVINE POPULATIONS)

por

ALFONSO VERA Y VEGA (*)

1. *Presentación del problema.*

Los procesos de sustitución de razas han venido siendo considerados, con tanta frecuencia como ligereza, como la más rápida y elemental medida a recomendar en cualquier proyecto de fomento pecuario, quizás por la aparente sencillez del proceso de sustitución y en parte por el señuelo de un rápido aumento en la productividad. Sin embargo, la experiencia muestra que el número de proyectos de sustitución de razas iniciados no iguala al de los llevados a cabo felizmente, aun en aquellos casos en que parecían estar resueltos los problemas de adaptación ecológica de la raza a introducir. Ello es debido a que el éxito de un proyecto de sustitución de razas depende, aparte de los factores ecológicos, de otros no menos importantes, que deben ser debidamente coordinados para conseguir el objetivo propuesto en las mejores condiciones de seguridad, costes y rendimientos y en el periodo de tiempo más adecuado.

Estos factores, distintos del ecológico, son:

- las garantías con que se cuenta para asegurar la continuidad del proceso una vez iniciado.
- el espacio ocupado por la población animal a sustituir y sus características agrarias (una finca, un valle, una región natural de tales características).
- el tiempo en que se desearía realizar la sustitución.
- los medios con que se cuenta para conseguir la cooperación humana (leyes, reglamentos, organizaciones ganaderas, servicios de extensión, etc.).
- los factores económicos del problema (valor unitario medio de los animales de la raza mejorante y de la local, estimación económica de la mejora esperada en un periodo concreto, recursos financieros de que se dispone).

(*) Departamento de Zootecnia. Córdoba.

Si al iniciar un proceso de sustitución de razas no se cuenta con un proyecto que concrete los factores anteriormente señalados, hay razones para temer el fracaso del mismo, entendiéndose por tal una o varias de las inconveniencias citadas a continuación:

- formación de poblaciones ganaderas heterogéneas, con grandes variaciones fenotípicas y genéticas, si la operación de sustitución se inicia pero no se lleva a término.
- inversión de periodos de tiempo tan largos, en el proceso de sustitución, que las ventajas económicas derivadas de la rápida posesión de una población animal mejorada se esfuman si el incremento de productividad anualmente conseguido es análogo o inferior al obtenido por otras comarcas o grupos de ganaderos concurrentes al mismo mercado; los procesos de sustitución más largos suelen resultar también a mayor coste.
- difusión de la idea de que la raza mejoradora no resulta conveniente para la explotación o comarca en la que se inició la sustitución, siendo después muy difícil argumentar que el causante del aparente fracaso fue el método seguido y no la raza en sí.
- descrédito de la persona u organismo que recomendó la introducción de la nueva raza o condujo la operación.

Los ejemplos de poblaciones animales mestizas, extremadamente heterogéneas, no encuadrables en un cierto patrón étnico, resultantes de procesos de sustitución mal iniciados y conducidos, son tan abundantes en nuestra ganadería que no es preciso insistir sobre este punto.

Es cierto que, en muchos casos, el fracaso o los fallos de un proceso de sustitución de razas se debe a que la sustitución era técnicamente inadecuada por inadaptación ecológica de la nueva raza; pero también es cierto que, en otros casos, la sustitución era técnicamente posible y recomendable y, sin embargo, fracasó, sufrió una gran dilación o resultó a coste excesivo por no considerar el proceso de sustitución como algo más complejo que la simple tarea de importar y distribuir sementales.

2. *Premisas, finalidades y antecedentes del estudio.*

En nuestro estudio se da por supuesto:

- a. Que mediante los oportunos estudios ecológicos y económicos se ha llegado a la conclusión de que es posible, desde el punto de vista biológico, y conveniente, desde el punto de vista económico, realizar la susti-

tución pretendida; datos para la estimación de las posibilidades biológicas de adaptación de razas a nuevos ambientes se encuentran en los amplios estudios publicados por Nichols (1), Wright (2), Finlay y Beakley (3), Phillips (4) y Lee (5), aunque en todo caso, la experimentación previa es insustituible.

b. Que se cuenta con la organización técnica y los recursos económicos necesarios para realizar la sustitución en las mejores condiciones posibles.

Partiendo de estos supuestos limitamos nuestro estudio a los problemas que plantea la sustitución de poblaciones de ganado bovino. La magnitud numérica de nuestra ganadería bovina y en especial la de aquellos conjuntos étnicamente heterogéneos justifica el esfuerzo. Los métodos seguidos pueden servir de base para estudios análogos en ganado ovino, dadas las similitudes que ofrece la dinámica interna de los rebaños ovinos y bovinos.

El presente estudio trata de analizar:

- a. Los métodos de medida de la sustitución de poblaciones bovinas.
- b. Las velocidades de sustitución al variar los factores que influyen en el proceso.
- c. Los factores a tener en cuenta en la elección de uno u otro método.

El estudio tiene sus antecedentes en la observación por el autor de múltiples esfuerzos de sustitución de poblaciones animales en el ámbito de explotaciones particulares o de programas regionales, con apoyo oficial o sin él, en diversas regiones españolas y extranjeras y muy especialmente en los proyectos de mejora de la ganadería de los valles del Pirineo Central, patrocinados por la Diputación Provincial de Huesca con nuestro asesoramiento técnico.

A causa de que los resultados de los trabajos de sustitución de poblaciones ganaderas, realizados por particulares o por entidades oficiales, no han sido publicados nunca en forma tal que sea posible evaluarlos en términos de costes, beneficios y tiempos invertidos, no es posible consignar aquí una reseña bibliográfica del problema que realmente tratamos. La historia de los innumerables cruzamientos y mestizajes que ha padecido nuestra ganadería está por hacer, aunque pueden encontrarse valiosos datos en las publicaciones de Aparicio (6), García Fierro (7) y Rof Codina (8), por sólo citar algunas. Como muestra basta recordar las alternativas de cruzamientos a que han sido sometidas las poblaciones bovinas

gallegas, la historia de la desaparición de las razas autóctonas del litoral cantábrico, los largos esfuerzos de las Diputaciones forales del Norte por mejorar sus razas y la heterogénea mezclanza de tipos étnicos en el Pirineo aragonés y catalán.

La existencia del problema ha inducido frecuentemente a nuestros zootécnicos a ocuparse de la discusión de si sería o no preferible la sustitución de nuestras razas por tipos extranjeros frente a la posibilidad de mejorarlas mediante selección y cuidados ecológicos «lato sensu» o al comentario de las condiciones ecológicas que deben tenerse en cuenta para que la sustitución sea viable.

Estimamos que quedaban por analizar los métodos de sustitución óptimos en sí mismos, así como los factores que los influyen, una vez admitida la posibilidad biológica y la conveniencia económica de sustituir una raza dada por otra; este es, pues, nuestro empeño, nueva aproximación a un viejo problema, de redoblada importancia en un momento en que las sustituciones de razas se extienden ampliamente por todo el país al amparo de las facilidades para importar razas extranjeras.

3. *Métodos de sustitución de poblaciones animales.*

Los métodos clásicamente utilizados para sustituir poblaciones ganaderas, bien sea en el reducido ámbito de una explotación o en el más amplio de una comarca o región, son, fundamentalmente, los tres siguientes:

a. El cruzamiento de absorción de machos de una raza mejorante, generalmente exótica, que llamaremos R , con hembras de los tipos locales, r , generalmente rústicas, pero bien adaptadas a su ambiente. El punto fundamental del método consiste en el empleo *exclusivo* de machos de la raza R , con exclusión absoluta de todos los cruzados producidos a lo largo del proceso; no se introducen hembras de la raza mejorante, R . (Método de absorción).

b. Es un proceso análogo al descrito en a), pero con la diferencia de que se introducen también, junto con los machos, hembras de la raza R . El punto fundamental del método es que se pretende sustituir una población por otra, haciendo que los animales anualmente guardados para renovación de los efectivos procedan, en su mayoría o en su totalidad, de las hembras de raza R , fecundadas por machos de su misma raza. (Método de reemplazo).

c. La sustitución masiva, esto es, la venta de la totalidad de los animales de la raza r , en un corto plazo, y la adquisición de animales puros de la raza mejorante R . (Sustitución en masa).

Como quiera que el último procedimiento de sustitución tiene, en la práctica, muchos inconvenientes, hasta el punto de que puede decirse que no se emplea sino en contados casos de sustitución de efectivos porcinos o avícolas, podemos reducir los métodos de sustitución a estudiar en el ganado vacuno a dos, que denominaremos en lo sucesivo Método de absorción y Método de reemplazo. Consideraciones zootécnicas sobre el método de absorción se encuentran en las obras de Cuenca (9) y Rice (10), y comentarios a los problemas genéticos que el proceso entraña pueden leerse en las obras de Lush (11) y Bogart (12).

Aunque frecuentemente con el método de reemplazo se producen un cierto número de cruzamientos absorbentes los primeros años, si se permite que los machos de la raza R cubran tanto a las hembras de su propia raza como a las de la raza a reemplazar, r , el objetivo realmente perseguido es el logro de la sustitución total de los efectivos mediante la descendencia de las hembras puras inicialmente introducidas.

Por supuesto, tanto en el método de absorción como en el del reemplazo puede utilizarse la inseminación artificial, pero esta opción afecta más a la organización del proceso de sustitución que a la comparación de ambos métodos.

4. *Los métodos de medida de la sustitución.*

Se ha visto anteriormente que los factores que influyen en el desarrollo de un proceso de sustitución pueden variar considerablemente. En efecto, pueden variar desde la extensión de la zona ocupada por la población animal considerada (una explotación, una región), su número, sus valores económicos relativos, hasta ciertas características dinámicas de las poblaciones animales a sustituir.

Es preciso, por tanto, especificar las condiciones generales de cálculo con que se opera. De lo contrario no será posible efectuar medidas precisas del fenómeno de la sustitución, las cuales son la base para poder evaluar el proyecto en términos de tiempo, espacio, costes y beneficios, ventajas, inconvenientes y riesgos, si es que un proyecto de fomento pecuario que incluya la sustitución de una población ganadera ha de merecer el nombre de tal.

Por estas razones los estudios aquí presentados acerca de la sustitución de poblaciones bovinas han sido realizados estimando que se dan las siguientes circunstancias:

a. Se dispone del número de machos suficiente para obtener el máximo de crías o bien inseminación artificial con organización y técnicas adecuadas al mismo fin.

b. Los únicos machos que se utilizan son los de la raza mejoradora, con exclusión absoluta de todos los cruzados nacidos durante el proceso de sustitución.

c. Las hembras vienen a tener su primer parto con 24 meses de edad.

d. El porcentaje de crías nacidas, en relación con el número de hembras de más de 24 meses, es del 90 % anual, en los estudios de sustitución por reemplazo, y del 100 %, en los estudios de sustitución por absorción (*).

e. El cociente sexual de los animales nacidos es igual a 1/1.

f. La vida media de las vacas es de 7 años (5 de vida productiva + 2 hasta el primer parto).

g. Al elegir las terneras para reposición, cada año, en el método de absorción se entiende que se guardan de entre las que cada año poseen mayor influencia de la raza mejorante, sin atender a ninguna otra consideración.

Es evidente que deberá utilizarse una unidad común para realizar la medida de la sustitución de poblaciones por cualquiera de los dos métodos considerados. Como genéticamente el proceso de sustituir una población de una raza dada por otra de diferente raza es un proceso de sustitución de los genes de una población por los de otra (Lush (11)) podemos considerar como la mejor medida común del proceso de sustitución la de las frecuencias de genes de la raza mejorante, R , en el conjunto de

(*) La razón de esta diferencia estriba en que en el método de sustitución por absorción solamente se compara la variación de la sustitución en función de dos % de renovación de los efectivos, 50 % y 25 %, y se ha querido presentar lo que de este método puede esperarse en cuanto a velocidad de sustitución máxima, en la seguridad de que, en la práctica, escasas veces se encontrará una renovación anual del 50% de los efectivos. Y en el caso del 25 % se admite que en toda población podrá contarse con un mínimo de un 25 % de hembras para renovación con tal de que el porcentaje de nacimientos sea siquiera del 50 %.

la población constituida por todos los animales de las razas R y r ; basta para ello considerar que tal frecuencia de genes es igual a 1 en la raza R e igual a 0 en la raza r .

Hechas estas precisiones pasamos a describir los métodos de medida de las sustituciones propuestos:

A. La medida de la sustitución de poblaciones en el método de reemplazo.

En este método el porcentaje de animales adultos de la raza R en el total de la población de animales de las razas $R + r$ nos da directamente la frecuencia de genes de la raza R en dicha población mixta, ya que puede admitirse que los animales de la raza pura mejorante R tienen un 100 % de genes de la raza a que pertenecen.

B. La medida de la sustitución de poblaciones por el método de absorción.

Aunque ciertamente no hay medio que nos permita asegurar que un individuo dado, producto de la generación F_n obtenida por cruzamiento absorbente, posee tal frecuencia de genes de la raza R y tal otra de la raza r , lo que sí puede admitirse en términos de Genética de poblaciones es que, siendo el tamaño de la población considerada de suficiente magnitud, el conjunto de los productos de los animales $F-1$, obtenidos mediante el cruzamiento de las razas $R \times r$, al cruzarlos de nuevo con la raza R tendrán una frecuencia de genes pertenecientes a la raza R que puede estimarse en un 75 %; de nuevo estos productos de la $F-2$ cruzados con un animal puro de la raza R tendrán, considerados como un conjunto, una frecuencia de genes pertenecientes a dicha raza que se puede estimar en un 87,5 %, y así sucesivamente. Esto es, no puede asegurarse que «éste» o «aquel» animal de la generación $F-n$ de un proceso de absorción tiene una frecuencia de genes de la raza R igual a un 87,5 % y que el resto pertenece a la raza r . Pero lo que sí puede asegurarse es que en una población dada, de un tamaño como el que ordinariamente se encuentra al proyectar la sustitución de una comarca o región, el proceso de absorción de una raza r por otra R determina un cambio en la frecuencia de los genes procedentes de una y otra raza en el conjunto de la población que puede estimarse en términos de porcentajes de genes de una de las razas. Pues bien, esta estimación porcentual de la frecuencia de los genes de la raza R en el conjunto de la población nos puede dar la medida del grado de sustitución alcanzado en una generación dada. Así, si en una

población de 100 animales tenemos 20 cabezas productos de la generación F-1 del cruce $R \times r$, como en su conjunto poseen 50 % de genes de la raza R y 50 % de genes de la raza r , el total de la población animal considerada tendrá

$$\frac{50 \times 20}{100} = 10 \% \text{ de genes de la raza } R$$

o sea, una frecuencia de 0,1, considerados todos los genes de la raza R como un conjunto.

5. *La velocidad de sustitución de poblaciones, en el método del reemplazo, en función del porcentaje de hembras puras inicialmente introducidas: cálculo y resultados.*

Es evidente que la sustitución total se alcanzará tanto más rápidamente cuanto mayor sea el porcentaje de hembras puras introducidas en la población a sustituir, y también que la velocidad de sustitución será proporcional al número de terneras puras anualmente conservadas, suponiendo constantes los demás factores.

En las Tablas I a 6 (véase Apéndice) se presenta la disposición de los datos para el proceso del cálculo, para el supuesto de que se conserven todas las terneras nacidas cada año de las hembras de la raza R . El proceso de cálculo se inicia con el primer número de la columna II, que indica el % de hembras puras introducidas en el año 0 en el conjunto de la población. La columna III señala el número de terneras producidas cada año, teniendo en cuenta que el cociente sexual es de 1,0 y que hemos admitido una fertilidad del 90 %. La columna IV da el % de animales adultos existentes cada año en la población antes de proceder al desecho anual. La columna V no tiene aplicación en los 4 primeros años, puesto que se ha admitido que los animales tienen una vida productiva media de 5 años y, ordinariamente, al hacer una sustitución las hembras puras de la raza mejorante se adquieren con menos de 24 meses, preñadas o en disposición de ser cubiertas. La columna VI sirve como auxiliar para calcular las diferencias entre los datos de la columna IV y V. La última columna, VII, indica el número de animales disponibles para producir cría en el siguiente año; no se incluyen en ella los animales nacidos cada año, porque realmente no pasan a formar parte de la población hasta que no están en condiciones de reproducirse. Es, precisamente, esta colum-

na VII la que nos da la medida de la evolución genética de la población considerada como un conjunto, y sin tomar en consideración la población masculina existente.

En la Fig. 1.^a se resumen gráficamente los resultados del cálculo presentados en las Tablas, para distintos porcentajes de hembras de fundación, inicialmente introducidas. Se observa que la población femenina adulta permanece estática los dos primeros años; al pasar del 4.º al 5.º año hay una detención o un retroceso en el proceso de sustitución de la población, el cual es debido a la necesidad de reemplazar el conjunto de animales de fundación por haber transcurrido el periodo de vida media útil que se admitió previamente. De acuerdo con las leyes del crecimiento de poblaciones, (Brody (13)) el crecimiento de la población en cada año es proporcional al crecimiento ya efectuado. Cada una de las líneas que representa el crecimiento de la población de animales de la raza *R* en el seno de la población total es subdividida en dos líneas en el punto en el que el porcentaje de hembras producidas alcanza el 25 %; en este punto las dos líneas trazadas describen el crecimiento de la población para el caso de que ésta conservase todas las terneras anualmente nacidas o para el caso de que sólo se conservase un 25 % (líneas curva y recta, respectivamente). Las diversas líneas cortan a la horizontal que señala el 100 % de sustitución de la población en diversos puntos, los cuales indican en qué momento puede esperarse que se concluya la sustitución total de la población, a contar desde el momento en que se introdujeron las primeras hembras de la raza *R*: de 18 a 20 años, si solamente se introdujo un 5 % de hembras de fundación, unos 10 años si se introdujo el 20 % de hembras y 4 años si se alcanzó a sustituir el 50 % de la población original.

Con estos datos se construye la Fig. 2.^a, que proporciona una visión más completa del efecto que produce el porcentaje de animales de fundación inicialmente introducidos en una población, sobre el número de años que tarda en producirse el reemplazo total. Lo más notable de esta gráfica es que muestra claramente que por cada 5 % de hembras de fundación introducidas en la población inicial no se obtiene una reducción proporcional en el número de años que tarda en alcanzarse el reemplazo total de la población, esto es, que las relaciones entre porcentajes de hembras de reemplazo y años que dura la sustitución no son lineales. También puede observarse que el efecto retardante que sobre la rapidez

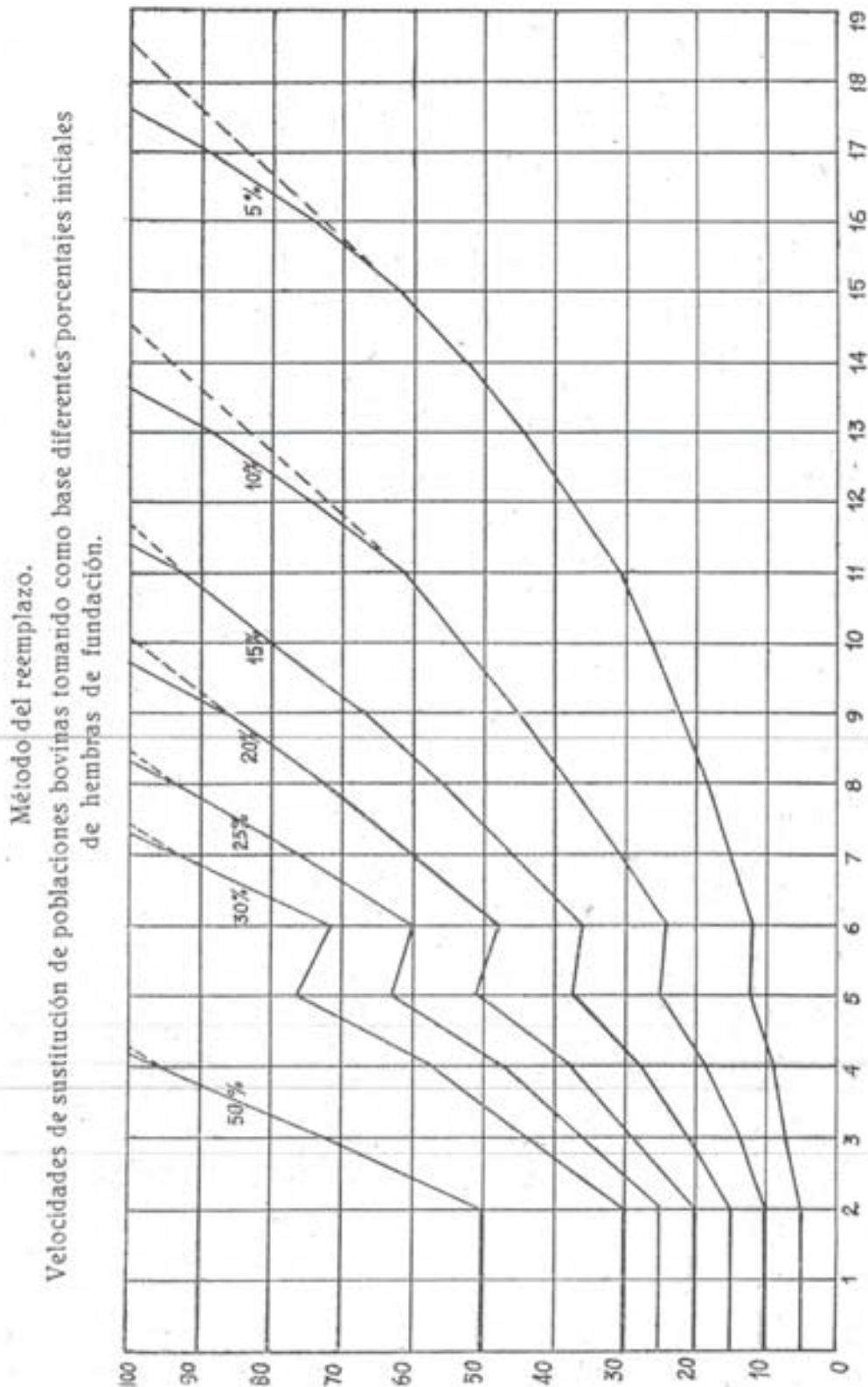


Fig. 1.ª—Años que dura la sustitución.

Escalas superpuestas del porcentaje de hembras de fundación inicial y de la frecuencia total de genes de la raza mejorante alcanzado anualmente en la población.

Número de años que durará la operación de sustitución.

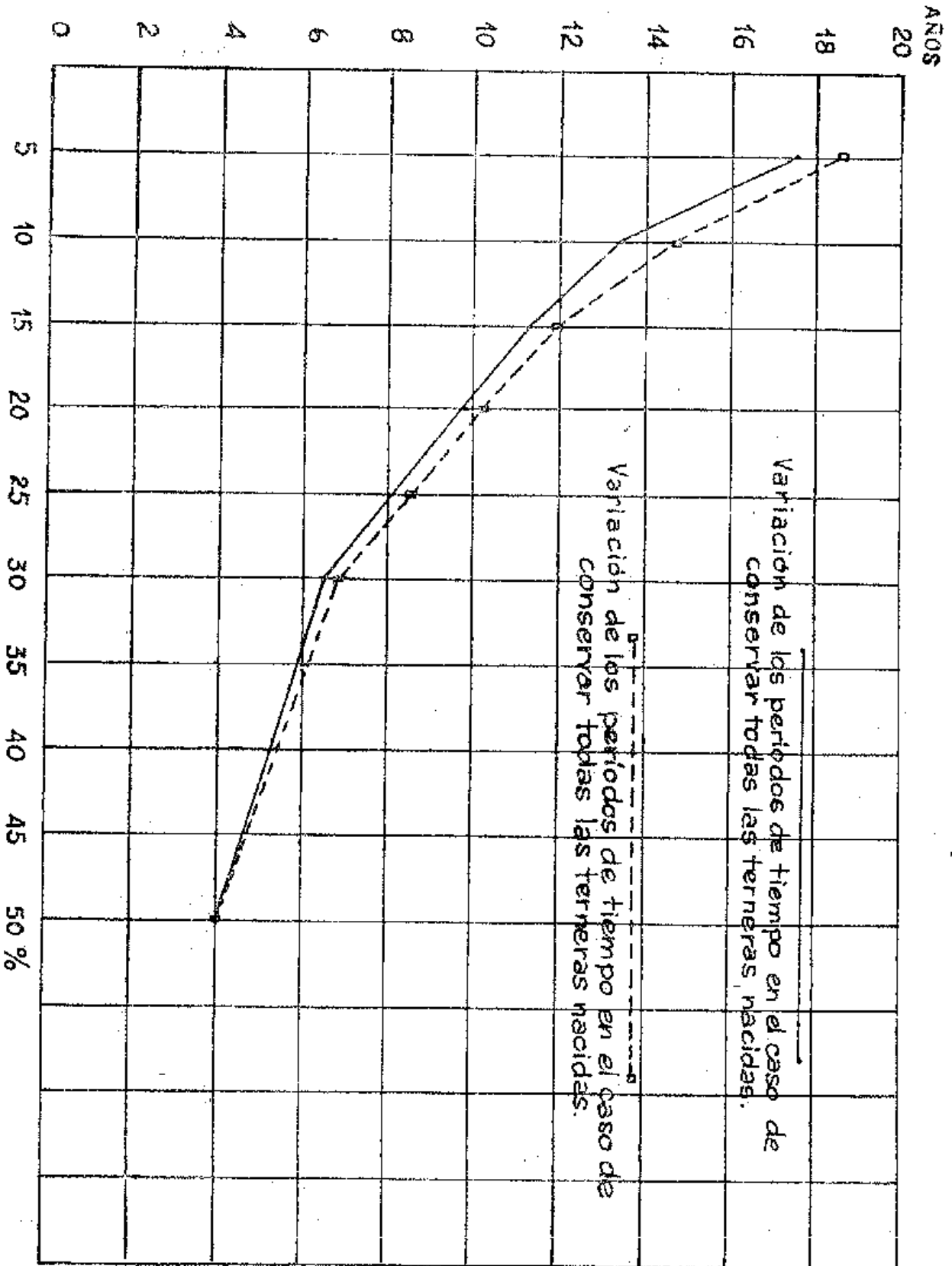


Fig. 2.º—Porcentaje de hembras inicialmente introducidas en la población.

Número de años que dura una operación de sustitución de razas, por el método del reemplazo, en función del porcentaje inicial de hembras introducidas en la población.

de la sustitución tiene la conservación de no más del 25 % de los animales nacidos cada año tiende a desaparecer a medida que el porcentaje de hembras de fundación inicialmente introducidas es mayor.

6. *La velocidad de sustitución por el método de absorción en función del porcentaje anual de hembras de renovación conservado: cálculo y resultados.*

El principal factor determinante de la velocidad con que aumenta la frecuencia de genes en una población animal sometida a cruzamiento absorbente es el porcentaje de animales anualmente guardados para renovación de los efectivos y, en segundo lugar, el que los animales conservados con dicho fin sean precisamente los hijos de los animales existentes en el rebaño, con mayor influencia de la raza R , en cuanto puede determinarse por su genealogía.

En la práctica no existen inconvenientes en guardar para la reproducción los animales que tengan en su genealogía el mayor número de ascendientes de la raza mejorante; pero sí existen al suponer que el porcentaje de renovación anual del rebaño alcanza al 50 %, ya que ello implica el desecho anual de la mitad de los animales adultos existentes, con una edad aproximada de 4 años, lo que puede ser antieconómico, ya que 2 años de vida productiva tienen que soportar los gastos de los otros 2 años invertidos en su crianza. En la práctica el porcentaje de hembras anualmente guardadas, para reposición, oscila entre el 20 y el 30 % de los efectivos adultos hembras. Por estas razones efectuamos solamente el cálculo de la progresión de la sustitución para el caso teórico, extremo, de una renovación de los efectivos al 50 % y para el caso más común de que el porcentaje de los efectivos anualmente reemplazado sea del 25 %.

En las Tablas 8 y 9 (véase Apéndice) se presenta la secuencia de cálculo y la disposición de los datos utilizada. En la columna I se consignan los años. En la II, el número de hembras utilizadas cada año para producir los animales de reposición, con un subíndice que señala el año en que nacieron los animales usados para producir la reposición. La columna III indica el número de terneras producido, acompañado de un subíndice que indica el año de nacimiento (*). La columna IV indica la frecuen-

(*) Aunque en la realidad no tiene sentido usar decimales para indicar el número de animales nacidos o en reproducción, se les utiliza para hacer el cálculo más exacto, dado el valor de estimaciones que estas cifras tienen.

cia de genes pertenecientes a la raza *R* que tienen los animales nacidos de cada subgrupo. Multiplicando el número de animales nacidos en cada año (Columna III) por su frecuencia de genes (Columna IV) se obtiene la frecuencia total de genes que aquel determinado grupo aporta a la población; frecuencia que es anotada en la columna V. La columna VI indica la suma de las distintas frecuencias aportadas por los distintos grupos genéticos consignados en las columnas IV y V.

Para llegar a la columna VII, en la que se consignan las frecuencias totales de los genes de la raza *R* en la población, se atiende al número de animales *adultos* que en cada año existen en la población, teniendo en cuenta el porcentaje de renovación anual admitido. Esto es, en la Tabla 8, en la que se admite un 50 % de renovación anual, el cálculo de la frecuencia total de genes en la población adulta se hace considerando en la columna VII solamente las cifras de frecuencias de los 2 últimos años, y en la Tabla 9 (renovación de un 25 % anual) se usan las cifras de frecuencias de los 4 últimos años, que es el periodo de vida adulta media admitido para tal tasa de renovación, sin contar, en uno y otro caso, las frecuencias de genes aportadas por los animales de menos de 2 años. Por ej.: En la Tabla 9 la penúltima cifra de la columna VII es $0,8924 = 0,2109 + 0,2204 + 0,2265 + 0,2345$.

Con este procedimiento se ha calculado la variación de las frecuencias de genes para renovaciones del 50 % y del 25 % y se han representado gráficamente en la Fig. 3.^a, aunque a partir del año 11º ambas gráficas han sido establecidas por extrapolación, ya que no hay necesidad de mayor precisión y el incremento anual de la frecuencia de genes tiende a cero.

Puede observarse que la línea que indica la variación de la frecuencia de genes en una población con una tasa de renovación del 25 % tiene, hasta el 5.º año, una pendiente progresivamente ascendente, similar a la de las curvas de las poblaciones sustituidas por el método de reemplazo; ello se debe a que hasta el 4.º año no se elimina ninguno de los animales producidos y por ello la frecuencia de genes de la raza *R* experimenta incrementos progresivamente crecientes, hasta el año en que tiene lugar la primera renovación, e incrementos decrecientes a partir del 5.º año.

7. Comparación de los dos métodos de sustitución de poblaciones.

Las ventajas de uno y otro método no son absolutas. Dependen de las condiciones especiales que pueden encontrarse en cada caso y, con-

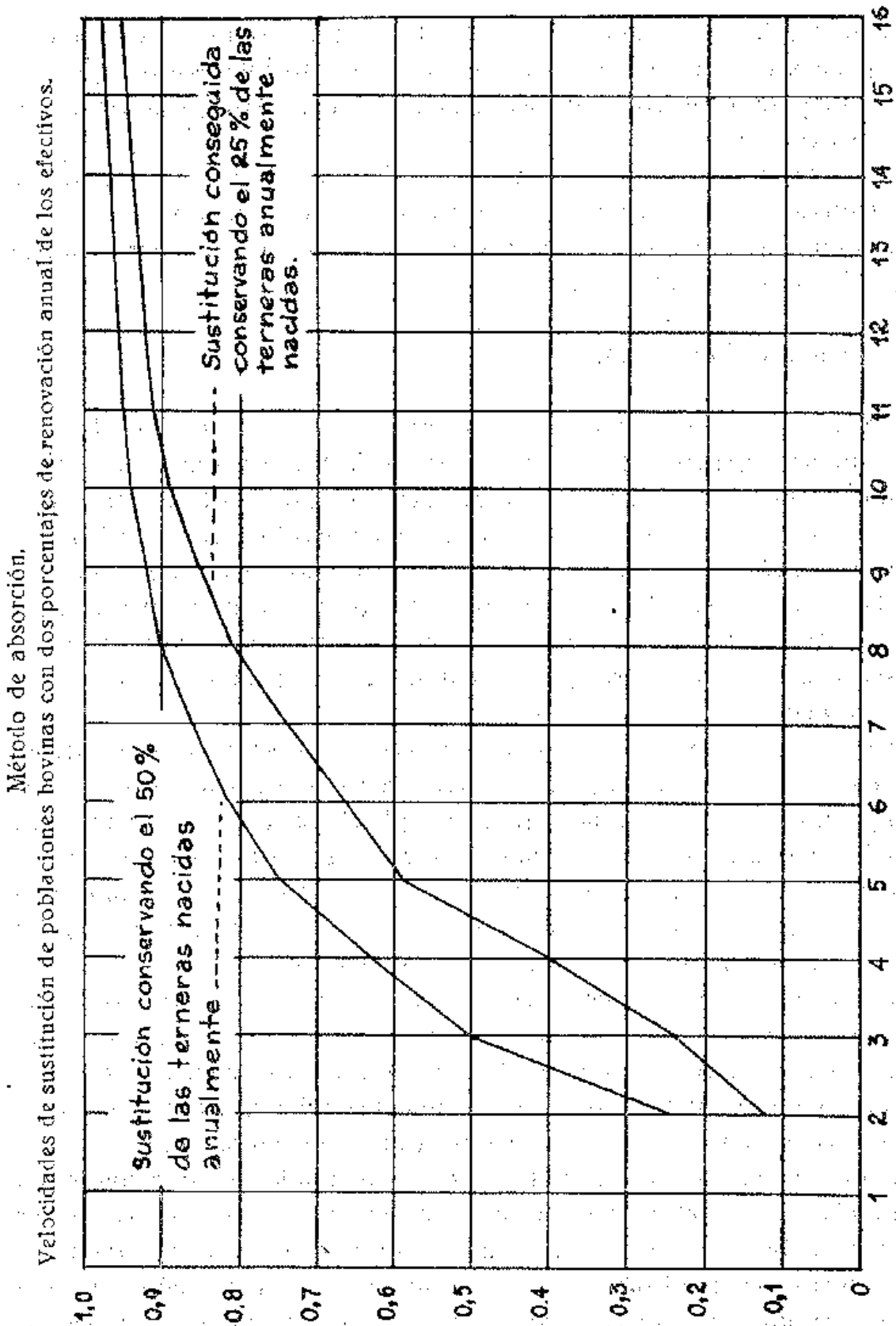


Fig. 3.ª—Años que dura el proceso de absorción.

Frecuencia de genes de la raza mejorante en el conjunto de la población.

cretamente, de las garantías de continuidad con que se pueda contar y de la vigilancia y atención que la persona u organismo interesado en el programa de sustitución puede prestar a cada una de las fases, factores y problemas del mismo.

Por estas razones comentaremos a continuación tan sólo algunos de los factores a tener en cuenta en la elección de uno u otro procedimiento de sustitución, que pueden clasificarse bajo las denominaciones de factores biológicos y económicos.

A. Factores biológicos.

La sustitución por el método de reemplazo implica la pérdida absoluta del potencial genético de la raza a sustituir. Esta sustitución es total y cuando el proceso ha terminado la población no posee otros genes que los aportados por los animales de la raza *R* usados como fundadores. En cambio, con el método de sustitución por absorción sí es posible practicar alguna selección; probablemente podrán conservarse algunos de los mejores genes de la raza autóctona, *r*; hecho muy interesante en aquellos casos en que la sustitución entraña ciertos problemas de adaptación ambiental.

Con el método de sustitución por reemplazo se tiene la ventaja de que está prácticamente asegurado el suministro de los machos necesarios para garantizar la continuidad del proceso; hecho a tener en cuenta para aquellos casos en que sea difícil o muy costosa su adquisición (caso frecuente en razas o estirpes extranjeras, en los primeros años de introducción en un país). En cambio, con el método de absorción hay que cuidar periódicamente del aprovisionamiento de sementales.

Estas circunstancias hacen que con el método del reemplazo pueda obtenerse una población más homogénea, más consanguínea, por lo que las características de los animales de fundación deben ser cuidadosamente elegidas, en especial en lo que a su fertilidad se refiere, aunque sin caer en el extremo, tan frecuentemente observado, de realizar cuantiosas inversiones en la adquisición de los animales de fundación, que sólo están justificadas cuando el proceso ha avanzado lo suficiente como para poder asegurar su buen resultado. En cambio, con el método de absorción, lo más probable es que los machos de la nueva raza usados año tras año estén escasamente emparentados, con lo que una buena parte de las ca-

racterísticas de la población puede esperarse sean debidas a la heterosis, siendo la variabilidad genética total muy grande (Shroeder y Lush (14)).

Las velocidades de sustitución calculadas dependen, en uno y otro método, de que los machos que se usen pertenezcan a la raza mejorante exclusivamente. En la práctica no siempre se cumple este supuesto, por falta de la debida vigilancia, especialmente en las condiciones de los animales cuya cubrición tiene lugar en libertad, o cuando los reglamentos que regulan el funcionamiento de las paradas de sementales no se aplican rigidamente; de todos modos, en las condiciones de cría y manejo «descuidadas» que predominan en muchas situaciones reales, la probabilidad de que becerros cruzados cubran a las vacas es menor en el método del reemplazo que en el de absorción; en efecto, en el último todos los becerros nacidos cada año son cruzados, mientras que en el método del reemplazo se encuentra cada año un creciente porcentaje de becerros puros, lo que hace mucho menor la probabilidad de que una vaca se cubra por un macho cruzado.

Otra de las diferencias entre uno y otro método es la de que si cualquier circunstancia de las que afectan a la continuidad del proyecto ocasiona o aconseja su interrupción, el método del reemplazo puede proporcionar al ser interrumpido dos razas puras, si se planeó la conservación de la raza autóctona, usando los machos de las razas *R* y *r* exclusivamente sobre hembras de sus razas respectivas, mientras que el método de la absorción ocasiona en todo caso la producción de una población heterogénea, a menos que se adopten provisiones para la conservación de la raza autóctona en estado de pureza.

Ciertamente, existe la posibilidad de utilizar un método de sustitución mixto, esto es, introducir un cierto porcentaje de hembras puras de la raza mejorante como rebaño de fundación y permitir que los machos de su misma raza cubran a todos los restantes animales de la población. Si bien este método es muy usado, porque facilita el manejo del ganado y no requiere más vigilancia que la estricta eliminación o castración de todos los machos de la raza autóctona y de los cruzados que se producirán, no produce una sustancial aceleración en las operaciones de sustitución. En efecto, obsérvese que los incrementos en la frecuencia de genes aportados en cada generación por los animales puros que se incorporan a la población total son progresivamente crecientes (columna III de las Tablas 1-7), ya que cada animal puro nacido aporta un 100 % de genes

de la raza mejorante, mientras que la frecuencia de genes aportada por los animales cruzados nacidos en cada generación sufre incrementos progresivamente decrecientes (columna VII de Tablas 8 y 9), ya que se ha aceptado que cada año se conservará el mayor número posible de animales puros, manteniéndose constante la tasa de renovación anual de los efectivos de la población adulta.

B. Factores económicos.

La comparación del método de sustitución por reemplazo con el de la sustitución por absorción es preferible hacerla al redactar el proyecto de fomento pecuario que incluya una sustitución de razas, elaborando un presupuesto alternativo que permita comparar los costos estimados para un periodo concreto del programa, usualmente 10 años, y delimitando perfectamente la zona y el número de animales sobre los que se pretende actuar.

Como quiera que las posibilidades de los métodos de reemplazo son más variables en cuanto a costos que las de los métodos de absorción, se puede tomar como base de comparación el hecho de que un programa de sustitución por absorción bien conducido garantiza la sustitución de una población en 8-10 años a efectos de productividad. En efecto, Shroder y Lush (14) resumiendo los resultados de los estudios realizados en América hasta 1.930, acerca del valor de los cruzamientos de absorción para incrementar la productividad de poblaciones animales, concluyen que animales de 3.^a-4.^a generación tienen la misma productividad que el promedio de los animales puros de una raza. Por consiguiente, el problema se reduce a un estudio en tres tiempos:

a. Estimar los beneficios netos totales que produciría una sustitución por absorción en un periodo de 10 años en las condiciones del proyecto.

b. Estimar los beneficios netos totales que produciría la sustitución por reemplazo más económica; ésta se calcula con arreglo al método presentado en la sección siguiente.

c. Estimar las circunstancias biológicas, las garantías de continuidad, las posibilidades de cooperación humana de que se dispondrá y los resultados de la comparación económica de los puntos a y b, y llegar a una decisión.

Puntos adicionales que conviene tener presentes para realizar el pre-

supuesto alternativo que permita comparar las dos posibilidades de sustitución óptimas, son los siguientes:

- Como por el método de sustitución por absorción la población no tiene un 90-95 % de genes de la raza mejorada, teóricamente no se pueden vender animales «puros» antes de ese tiempo, aunque en algunos casos la demanda permite vender cruzados de 3.^a y 4.^a generación, como sementales. La venta de machos puros como sementales puede ser un ingreso interesante desde los primeros años de un proceso de sustitución por reemplazo, especialmente cuando se trata de una raza completamente nueva en un país en el que se espera que haya demanda.
- Que el mayor coste de la sustitución por absorción lo constituye el aprovisionamiento de machos y los gastos de vigilancia para impedir que los becerros cruzados cubran.
- Los costes de las hembras de fundación del método de reemplazo pueden frecuentemente reducirse a la mitad, comprando hembras de un año. Las compras de novillas gestantes no suelen reducir los costes en más de un 33 %, ya que hay que estimar que sólo la mitad de los animales nacidos serán hembras y que habrá que cargar en el presupuesto el coste de su recría durante mayor periodo, no siempre totalmente compensable por la posible producción lechera de sus madres.
- En todo caso es necesario incluir en ambos presupuestos los costes de las operaciones de información, propaganda y vigilancia del proyecto, dada la importancia que tiene el conseguir la adecuada cooperación de las personas afectadas de alguna manera por el proyecto.

C. Cálculo del porcentaje de hembras de fundación más económico en un proyecto de sustitución por reemplazo.

Se parte del supuesto de que el coste de los sementales a utilizar o el de la inseminación artificial será el mismo, cualquiera que pueda ser el porcentaje de hembras de fundación que se introduzcan en la población.

El proceso propuesto, ilustrado en la gráfica de la Fig. 4.^a, es el siguiente:

- a. Se estima la diferencia de rendimiento económico neto entre 100

Determinación gráfica del número óptimo de años en que se debe realizar una sustitución por reemplazo en unas condiciones dadas.

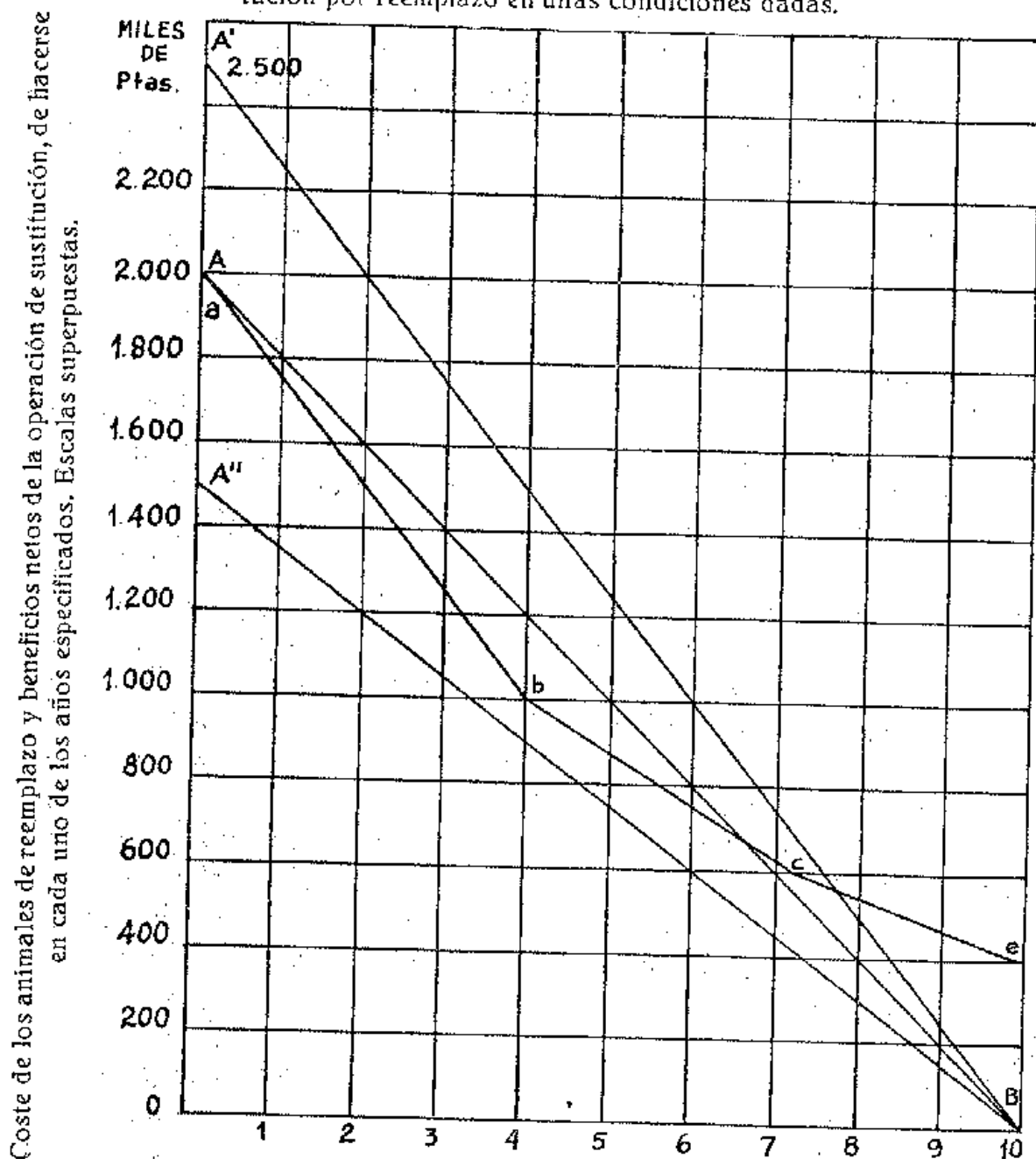


Fig. 4.ª—Años en los que puede efectuarse la sustitución.

animales de la raza *R* y otros 100 de la raza *r*, en un periodo de 10 años, supuestas circunstancias económicas invariables a lo largo del periodo. Supongamos que se ha estimado que la sustitución de los animales de una raza por otra, en una comarca dada, producirá un beneficio de 2.000.000 de pesetas por cada 100 animales sustituidos y durante un periodo de 10 años.

b. Se razona que si la sustitución pudiese hacerse instantáneamente en el momento del cálculo tendríamos que admitir razonablemente asegurada la consecución de tal beneficio; como no se lograría en un solo año, sino distribuido a lo largo de los 10 años del período, podemos trazar la línea *A-B* que une los puntos que indican qué beneficios se obtendrían de hacerse la sustitución en el año 1, 2, 3... hasta la sustitución al final del 10º año, en el que no se obtendría ningún beneficio (en el período considerado).

c. Veamos cuál sería el coste total de la sustitución en cada año para cada uno de los porcentajes de renovación posibles, entre el 5 y el 100 %. Como mediante la gráfica de la Fig. 2.^a podemos determinar el número de animales que necesitamos para renovar totalmente la población en cualquier número de años predeterminado, podemos fijar los costos de renovación para cada porcentaje de animales introducidos y superponerlos en la misma escala en la gráfica de la Fig. 4.^a, obteniéndose una curva *abce*, cuyas ordenadas nos dan el coste de la sustitución en cada número de años. La diferencia para la misma abscisa, esto es, la sustitución en cada año, entre las ordenadas correspondientes de las líneas *A-B* y *abce* nos proporciona una indicación de la conveniencia de realizar la sustitución en aquel número de años, y por consiguiente, cuál es el porcentaje de hembras de fundación más económico. Por ej., suponiendo que el costo de los animales de la operación de sustitución es de 20.000 pesetas cada uno, la renovación en el año 0, del 100 % de los animales de la población autóctona, costaría $100 \times 20.000 = 2.000.000$ Pt; valor que llevado a la gráfica nos da el punto *a* de la curva *abce*. Análogamente, la renovación en 4 años requeriría la adquisición de un 50 % de los efectivos, cuyo importe sería 50×20.000 Pt = 1.000.000 Pt, que llevado a la gráfica nos da el punto *b*. Análogamente se obtendrían los puntos *c* y *e*. Fácilmente se deduce que no existe ninguna ventaja en realizar la sustitución en el año 0 ni en el año 7 ó 10º, si es que los beneficios totales de la sustitución de la población son de 2 millones de Pt por cada 100 animales en cada 10 años, ya que para los años 0, 7 y 10 el importe de los animales necesarios para tal renovación es igual o superior a los beneficios totales que pueden esperarse realizando la sustitución en dichos periodos de tiempo. El porcentaje de renovación óptimo es el del 50 % y por ello podemos asegurar que la sustitución en 4 años, adquiriendo el 50 % de los animales de reemplazo, es la más ventajosa, por lo

que a este método y en estas condiciones se refiere. Las líneas A'B y A''B nos indican, respectivamente, que si los beneficios de la sustitución fuesen de 2,5 millones de Pt o de 1,5 millones o bien las posibilidades de otros porcentajes de reemplazo serían mucho más amplias o, línea A''B, que ni siquiera la sustitución en 4 años, reemplazando inicialmente el 50 %, sería recomendable.

d. Una vez calculado el número de años que debe durar un proceso de sustitución y el porcentaje de hembras de fundación óptimo, se procede a calcular los restantes costes y a comparar los posibles beneficios netos de la operación por el método de sustitución o por el de absorción.

e. La consideración conjunta de todos los factores a tener en cuenta al tomar la decisión final es preferible hacerla usando un cuadro de comparación, como el que se incluye a continuación en la pág. 91.

D. Factores psicológicos.

Los factores psicológicos juegan un importante papel en el éxito o el fracaso de un programa de sustitución de razas animales.

Al introducir una nueva raza en un área en la que era desconocida, debe contarse con el escepticismo e incluso con la oposición de una buena parte de los ganaderos afectados; actitudes derivadas en parte de la inercia mental y en parte del lógico temor a que la nueva raza no se adapte bien a las nuevas circunstancias ecológicas. Por este motivo las demostraciones a grupos, las visitas colectivas de los ganaderos de la comarca a explotaciones o zonas análogas donde se explote la nueva raza con provecho y el empleo de cualquiera de los medios informativos disponibles es completamente necesario. Como siempre quedará el argumento de que lo visto u oído acerca de la nueva raza «no es de fiar en las circunstancias locales», la mejor medida para romper la oposición es el establecimiento de algunas explotaciones piloto, oficiales, semioficiales o particulares protegidas, donde se pueda *demonstrar* la adaptabilidad de la nueva raza a las condiciones locales, al propio tiempo que servirán para que los técnicos que dirigen la operación de sustitución puedan dar las mejores recomendaciones acerca del cuidado de los nuevos animales en las condiciones particulares de aquel ambiente.

Las campañas de información han de ser tanto más cuidadosamente preparadas y atendidas cuanto menos recursos legales y compulsorios se

Disposición de los factores a considerar en un proyecto de sustitución de poblaciones animales para evaluar las ventajas e inconvenientes de cada uno

Factores a considerar	ANÁLISIS DE VENTAJAS E INCONVENIENTES			
	Método del reemplazo		Método de la absorción	
	Hechos a favor	Hechos en contra	Hechos a favor	Hechos en contra
<ul style="list-style-type: none"> —Garantías de continuidad —Garantías de adaptación ecológica de la nueva raza —Factores biológicos propios del método en el caso concreto —Censo pecuario y área geográfica afectados —Regulaciones legales y medios disponibles para conseguir la cooperación humana —Beneficios económicos netos estimados —Recursos financieros y organización técnica de que se dispone. —Otras circunstancias a considerar en el caso particular estudiado 				

tengan. No tener autoridad para ordenar el sacrificio o la castración de todos los machos cruzados que puedan nacer en el curso de una operación equivale a que un programa de absorción dure el doble o el triple de lo normal, como conocen cuantos han tratado el problema prácticamente.

Hay que hacer notar a las personas que pretendan llevar a cabo este tipo de trabajo que la principal cualidad que se requiere para llevarlos a cabo es la tenacidad, tanto como la previa experimentación ecológica antes de iniciarlos.

La redacción cuidadosa de un proyecto escrito precisando la delimitación del mismo en el tiempo, el espacio y los detalles técnicos, así como un detallado estudio económico que permita evaluarlo a la persona de la que dependa la decisión de financiarlo, ayuda mucho a garantizar su continuidad y permite dar una clara orientación acerca de lo que se pretende realizar a cualquier persona que hubiera de sustituir a la que redactó el proyecto y condujo los trabajos iniciales.

8. *Resumen y conclusiones.*

Se efectúa un análisis de los factores que influyen en el éxito o el fracaso de los proyectos de sustitución de poblaciones étnicamente diferentes de ganado vacuno, con exclusión de los estrictamente debidos a las necesidades de adaptación ecológica.

1. Se concluye que para que un proceso de sustitución de poblaciones de ganado vacuno pueda realizarse en las mejores condiciones se necesita:

- a. Previa experimentación para determinar si la raza a introducir en el nuevo ambiente se adapta al mismo en condiciones tales que hagan su explotación más rentable que la de las razas indígenas tratadas en iguales condiciones.
- b. Que al iniciar un proyecto de sustitución de poblaciones se cuente con garantías de que podrá llevarse a cabo.
- c. Que pueda contarse con las regulaciones legales, los medios de información pública y las organizaciones técnicas para llevarlo a término.

2. La sustitución de poblaciones de ganado vacuno puede llevarse a cabo por dos métodos, aquí llamados de absorción y de reemplazo.

En el primero se procede al cambio gradual de la constitución genética de la población, haciendo que las hembras de la población a sustituir y su descendencia sean cubiertas exclusivamente por machos de la raza a introducir.

En el segundo método se introduce en el habitat de la población a sustituir un cierto número de hembras de la raza mejorante, las cuales son cubiertas generación tras generación por machos de su misma raza, dejando para renovación de los efectivos de la población la totalidad de los productos de este apareamiento.

En el texto se incluyen las gráficas que indican la variación de la constitución genética de las poblaciones en cada uno de los citados métodos, en función de los factores que los determinan, y en el apéndice, el dispositivo de cálculo utilizado para determinar esta variación.

3. El principal factor que influye en la velocidad de sustitución de una población por el método de absorción es el porcentaje de hembras anualmente conservadas para renovación. Con este procedimiento puede esperarse en el conjunto de la población una frecuencia total de genes de la nueva raza de 0,89-0,94 en 10 años, correspondiendo la primera de dichas cifras a una población con un porcentaje de renovación anual del 25 %, y la segunda, para una población análoga que tuviese un porcentaje de renovación anual de sus efectivos del 50 % (véase Fig. 3.ª).

4. El principal factor que influye en la velocidad de sustitución de poblaciones bovinas, cuando se utiliza el método del reemplazo, es el porcentaje inicial de hembras puras de la raza mejorante, introducido en la población a sustituir. La completa sustitución de la población puede obtenerse en 7-8 años introduciendo un 30 % de hembras puras de fundación, y en 9-10 años introduciendo solamente un 20 %. (véanse Figs. 1.ª y 2.ª).

5. Se realiza un estudio comparativo de ambos métodos. La comparación biológica señala como ventajas del método de absorción la posibilidad de incorporar al caudal genético de la población finalmente resultante aquellos genes de la población autóctona más valiosos, lo que puede tener gran importancia para resolver aquellos problemas que plantea la adaptación ecológica de las razas a un habitat distinto del nativo propio. La sustitución por reemplazo posee ventajas en cuanto a seguridad y rapidez, pudiendo señalarse como la más adecuada para aquellos casos en los que no se esperan problemas de adaptación ecológica o se precisa acelerar la sustitución.

Se propone un método de comparación económica de los de absorción y de reemplazo, utilizando, en una primera fase, los presupuestos de cada uno de ellos en el caso particularmente considerado y, en una segunda fase, los restantes factores no económicos que contribuyen a asegurar el éxito de un proyecto de sustitución de razas; la comparación económica incluye la determinación del porcentaje óptimo de hembras a introducir en la sustitución por reemplazo, utilizando cálculo gráfico.

6. Se subraya la importancia de una adecuada campaña de información para resolver los problemas de inercia mental y desconfianza de los ganaderos ante un programa de sustitución de razas, especialmente al operar sobre grandes áreas. Se hace notar que la tenacidad con que se prosiga un programa de sustitución una vez iniciado es tan importante como la previa experimentación ecológica antes de decidirlo.

7. La redacción de un proyecto escrito, que incluya toda clase de precisiones acerca de la labor a realizar, permite evaluarlo a la persona de la que dependa la decisión de financiarlo, es una valiosa contribución para garantizar la continuidad de los trabajos y permite el relevo o la ausencia de la persona que condujo inicialmente la operación de sustitución.

Bibliografía

1. Nichols, J. E. 1957.—Livestock Improvement. Ames, Iowa. The Iowa State College Press.
2. Wright, N. C. 1954.—The ecology of domesticated animals. Vol. I en «Progress in the Physiology of Farm Animals» Londres, Butterworths.
3. Findlay, J. D. y Beakley, W. B. 1954.—Environmental physiology of farm mammals. Vol. I en «Progress in the Physiology of Farm animals». Londres, Butterworths.
4. Phillips, R. W. 1948.—Breeding livestock adapted to unfavorable environment. F.A.O. Studies.
5. Lee, D. H. K. 1954.—Tolerancia de los animales domésticos al calor. F.A.O.
6. Aparicio, G. 1947.—Etnología animal. Córdoba.
7. García Fierro, B. 1957.—Ganado vacuno. Barcelona. Ed. Salvat.
8. Rof Codina.—Revisión de sus publicaciones.

9. Cuenca, C. L. 1956.—Zootecnia. Madrid.
10. Rice, V. A., Andrews, F. N., Warwick, E. J. Legate, J. E. 1957.—Breeding and improvement of farm animals. N. York. Mc. Graw Hill.
11. Lush, J. L. 1949.—Animal Breeding Plans. Iowa State College Press.
12. Bogart, R. 1959.—Improvement of Livestock. N. York. The Mc. Milla Co.
13. Brody, S. 1945.—Bioenergetics and growth. N. York. Reinhold Publ. Co.
14. Shroeder, R. R. y Lush, J. L. 1947.—The genetics of cattle. Capítulo en la obra «Advances in Genetics». Vol. I, edit. por M. Demerec. N. York. Academic Press Inc. Publ.

A P E N D I C E

TABLA I. *Cálculo de la sustitución de la población por el método de reemplazo cuando el porcentaje de hembras inicialmente introducidas es 5%*

I	II	III	IV	V	VI	VII
Año	Animales existentes al comienzo del año en reproducción	Terneras producidas (*)	Adultos en la población	Adultos desechados al final del año reproductivo (*)	Diferencia columnas IV y V (*)	Adultos que pasan a reproducción al siguiente año (*)
0	5	2,25	5	—	—	5
1	5	2,25	5	—	—	7,25
2	7,25	3,26	7,25	—	—	9,50
3	9,50	4,27	9,50	—	—	12,76
4	12,76	5,73	12,76	5	7,76	12,03
5	12,03	5,45	12,03	2,25	9,78	15,51
6	15,51	7,00	15,51	2,25	13,26	18,71
7	18,71	8,40	18,71	3,26	15,45	22,45
8	22,45	10,10	22,45	4,27	18,18	26,58
9	26,58	12,00	26,58	5,73	20,85	30,95
10	30,95	13,90	30,95	5,45	25,50	37,50
11	37,50	16,70	37,50	7,00	30,50	44,40
12	44,40	20,00	44,40	8,40	36,00	52,70
13	52,70	23,70	52,70	10,10	42,60	62,60
14	62,60	28,20	62,60	12,00	50,60	74,30
15	74,30	33,40	74,30	13,90	60,40	88,60
16	88,60	39,90	88,60	16,70	71,90	105,30
17						

(*) Dividiendo por 100 las cifras de estas columnas se obtiene la frecuencia de genes en cada año incorporados o eliminados de la población total como consecuencia de los nacimientos y los desechos. La columna VI da el balance de la frecuencia de genes realmente incorporados cada año, aunque la columna VII se computa teniendo en cuenta solamente los animales en condiciones de reproducirse.

TABLA II. *Cálculo de la sustitución de la población por reemplazo cuando el porcentaje de hembras introducidas inicialmente en la población es el 10 %*

I	II	III	IV	V	VI	VII
Año	Animales existentes al comienzo del año en reproducción	Térneras producidas (*)	Adultos en la población	Adultos desechados al final del año reproductivo (*)	Diferencia entre la columna IV y la columna V (*)	Adultos que pasa a reproducción al año siguiente (*)
0	10	Periodo invertido en la cubrición y gestación inicial				
1	10	4,5	10	—	10	10
2	10	4,5	10	—	10,5	14,5
3	14,5	6,5	14,5	—	14,5	19,0
4	19,0	8,7	19,0	—	19,0	25,5
5	25,5	11,5	25,5	10	15,5	24,2
6	24,2	10,9	24,2	4,5	19,7	31,2
7	31,2	14,0	31,2	4,5	26,7	37,6
8	37,6	16,9	37,6	6,5	31,1	45,1
9	45,1	20,4	45,1	8,7	36,4	53,3
10	53,3	24,0	53,3	11,5	41,8	62,2
11	62,2	28,0	62,2	10,9	51,3	75,3
12	75,3	34,9	75,3	14,0	61,3	89,3
13	89,3	40,2	89,3	16,9	72,4	107,3

TABLA III. *Cálculo de la sustitución de la población por reemplazo cuando el porcentaje de hembras introducidas inicialmente en la población es del 15 %.* Epígrafes como en la Tabla anterior.

0	15	Periodo invertido en la cubrición y gestación inicial				
1	15	6,7	15	—	15	15
2	15	6,7	15	—	15	21,7
3	21,7	9,7	21,7	—	21,7	28,4
4	28,4	12,8	28,4	—	28,4	38,1
5	38,1	17,3	38,1	15	23,1	35,9
6	35,9	16,4	35,9	6,7	29,2	46,5
7	46,5	21,0	46,5	6,7	39,8	56,2
8	56,2	25,2	56,2	9,7	46,5	67,5
9	67,5	30,2	67,5	12,8	54,7	79,9
10	79,9	36,0	79,9	17,3	62,6	92,8
11	92,8	41,7	92,8	16,4	76,4	112,4

(*) Véase la nota al pie de la pág. 96.

TABLA IV. *Cálculo de la sustitución de las poblaciones bovinas por reemplazo cuando el porcentaje de hembras inicialmente introducidas es el 20 %*

I	II	III	IV	V	VI	VII
Año	Animales existentes al comienzo del año, en reproducción	Terneras producidas (*)	Adultos en la población	Adultos desechados al final del año reproductivo (*)	Diferencia entre las columnas IV y V (*)	Adultos que pasan a reproducción al año siguiente (*)
0	20	Periodo invertido en las cubriciones y gestaciones iniciales				
1	20	9	20	—	20	20
2	20	9	20	—	20	29
3	29	13	29	—	29	38
4	38	17,1	38	—	38	51
5	51	23	51	20	31	48,1
6	48,1	21,7	48,1	9	37,1	60,1
7	60,1	27	60,1	9	51,1	72,8
8	72,8	32,8	72,8	13	59,8	86,8
9	86,8	39,0	86,8	17,1	69,7	102,5

TABLA V. *Cálculo de la sustitución de las poblaciones bovinas por reemplazo cuando el porcentaje de hembras inicialmente introducidas es el 25 %.* Epígrafes como en la Tabla IV.

0	25	Periodo invertido en las cubriciones y gestaciones iniciales				
1	25	11,2	25	—	25	25
2	25	11,2	25	—	25	36,2
3	36,2	16,3	36,2	—	36,2	47,4
4	47,4	21,3	47,4	—	47,4	63,7
5	63,7	28,7	63,7	25	38,7	60,0
6	60,0	27,0	60,0	11,2	48,8	77,5
7	77,5	34,9	77,5	11,2	66,3	93,3
8	93,3	42,0	93,3	16,3	77,0	111,9

(*) Véase la nota al pie de la pág. 96.

TABLA VI. *Cálculo de la sustitución de las poblaciones bovinas por reemplazo cuando el porcentaje de hembras introducidas inicialmente es el 30 %*

I	II	III	IV	V	VI	VII
Año	Animales existentes al comienzo del año, en reproducción	Terneras producidas (*)	Adultos en la población	Adultos desechados al final del año reproductivo (*)	Diferencia entre las columnas IV y V (*)	Adultos que pasan a reproducción al año siguiente (*)
0	30	Periodo invertido en las cubriciones y gestaciones iniciales				
1	30	13,5	30	—	30	30
2	30	13,5	30	—	30	43,5
3	43,5	19,6	43,5	—	43,5	57,0
4	57,0	25,6	57,0	—	57,0	76,6
5	76,6	34,5	76,6	30	46,6	72,2
6	72,2	32,5	72,2	13,5	58,7	93,2
7	93,2	42,0	93,2	13,5	79,7	112,2

TABLA VII. *Cálculo de la sustitución de poblaciones bovinas por reemplazo cuando el porcentaje de hembras inicialmente introducido es del 50 %* Epígrafes como en la Tabla VI.

0	50	Periodo utilizado en las primeras cubriciones y gestaciones				
1	50	22,5	50	—	50	50
2	50	22,5	50	—	50	72,5
3	72,5	32,6	72,5	—	72,5	95,0
4	95,0	42,7	95,0	—	95,0	127,6

(*) Véase la nota al pie de la pág. 96.