

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA**

**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS**

**Trabajo de tesis realizado como requisito para optar al título de  
DOCTOR EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**ESTRATEGIA GENÉTICA DE PRODUCCIÓN, APTITUD  
BIOLÓGICA Y OBJETIVOS DE SELECCIÓN EN CONEJOS  
PARA CARNE**

**Autor: Alicia Graciela Antonini**

**Director: María Inés Oyarzabal**

**Codirector: Fernando Noel Dulout**

**Lugar de trabajo: Facultad de Cs. Veterinarias**

**Facultad de Cs. Agrarias y Forestales**

**Miembros del Jurado:**

**Miguel Risso**

**Cristina Miquel**

**Roberto Cowper Coles**

**Año 2006**

***Cuando veo Tus cielos, obra de Tus dedos,  
La luna y las estrellas que Tú formaste digo:  
Qué es el hombre, para que tengas de él memoria  
Y el hijo del hombre, para que lo visites?  
Le hiciste señorear sobre la obra de Tus manos;  
Todo lo pusiste de bajo de sus pies:  
Ovejas y bueyes, todo ello  
y asimismo las bestias del campo  
las aves de los cielos y los peces del mar***

***Oh Jehová, Señor nuestro  
Cuan grande es tu nombre en toda la tierra  
La Biblia (1)***

## INDICE

<b>Resumen</b> .....	<b>1</b>
<b>I. Introducción</b> .....	<b>5</b>
I.1. Origen del conejo .....	5
I.2. Razas .....	6
I.3. Producción del conejo .....	7
I.4. Sistemas de explotación .....	10
I.5. Variabilidad de las poblaciones y componentes de aptitud y producción .....	11
 <b>II. Hipótesis y Objetivos</b>	 <b>18</b>
 <b>III. Fundación y manejo del conejar</b>	 <b>19</b>
III.1. Instalaciones y razas .....	19
III.2. Manejo reproductivo .....	20
III.3. Registros .....	21
 <b>IV. Selección por prolificidad</b>	 <b>23</b>
IV. 1. Introducción .....	23
IV.2. Materiales y Métodos .....	24
IV.2.1. Caracteres de prolificidad: tamaño de camada nacida total, nacida viva y destetada .....	24
IV.2.2. Diferenciales de selección y respuestas .....	25

IV.3. Resultados .....	29
IV.3.1. Descripción de los caracteres de prolificidad .....	29
IV.3.2. Diferenciales de selección y respuestas .....	30
<b>V.    Caracteres no seleccionados relacionados con           aptitud y crecimiento</b> .....	<b>34</b>
V.1. Introducción .....	34
V.2. Materiales y métodos .....	35
V.2.1. Caracteres de aptitud: sobrevida y fertilidad .....	35
V.2.2. Caracteres de crecimiento: pesos y curvas de crecimiento .....	37
V.3. Resultados .....	40
V.3.1. Descripción de los caracteres de aptitud y crecimiento .....	40
V.3.2. Variaciones de los estimadores de aptitud y crecimiento a través de las generaciones estudiadas .....	41
<b>VI.  Estrategia de producción</b> .....	<b>47</b>
VI.1. Introducción .....	47
VI.2. Materiales y Métodos .....	48
VI.2.1. Componentes principales y coeficientes de paso .....	48
VI.2.2. Estimaciones de la heredabilidad de los caracteres .....	52
VI.3. Resultados .....	55
VI.3.1. Estructura de las relaciones fenotípicas entre	

prolificidad, aptitud y peso .....	55
VI.3.2. Asociaciones genéticas y heredabilidades .....	59
<b>VII. Discusión y Conclusiones</b>	<b>64</b>
<b>VIII. Bibliografía</b>	<b>76</b>
<b>IX. Anexo</b>	<b>84</b>

**ESTRATEGIA GENETICA DE PRODUCCIÓN, APTITUD BIOLÓGICA Y  
OBJETIVOS DE SELECCIÓN EN CONEJOS PARA CARNE**

**Palabras clave: conejos para carne, aptitud biológica, selección, componentes  
de la producción**

**RESUMEN**

En conejos para carne, la mayoría de los planes de selección están enfocados a incrementar el tamaño de camada y de una manera indirecta, con baja presión, a la fertilidad, a través del descarte de hembras improductivas.

El objetivo del presente trabajo fue: evaluar la respuesta a la selección por prolificidad en conejos para carne; conocer los cambios producidos en otras variables no seleccionadas; identificar las variables de mayor importancia en la productividad final, evaluada como kg producidos por unidad de tiempo y estimar las heredabilidades y correlaciones genéticas de los caracteres de aptitud y producción

Se analizaron siete generaciones de selección que incluyeron 390 hembras con dos o más partos apareadas con 63 machos, para los siguientes caracteres: prolificidad, fertilidad, sobrevida. Se registraron los pesos al destete y a los 60 días de 3374 crías.

Se estimaron los diferenciales de selección y respuestas, curvas de crecimiento, correlaciones genéticas, heredabilidades e indicadores de productividad.

Los caracteres relacionados con prolificidad y sobrevivencia tuvieron un efecto mayor sobre la productividad que los relacionados con fertilidad y peso. Los diferenciales de selección fueron positivos, sin embargo, no se observaron respuestas a la selección ni aumentos en los promedios de caracteres correlacionados con fertilidad. Esta falta de respuesta a la selección no puede ser atribuida a un efecto contrario de la selección. Los bajos valores de heredabilidad indicarían que la variabilidad fenotípica podría deberse al efecto de componentes genéticas no aditivas, efectos ambientales o interacciones entre ambos que permitieran expresar fenotipos extremos y podría explicar en parte estos resultados.

De lo expuesto surge que una estrategia de selección que se lleve a cabo sin el conocimiento previo de la relación entre los caracteres de producción y aptitud puede llevar a resultados neutros o no deseados aún después de varias generaciones sometidas a procesos selectivos.

**GENETIC STRATEGY OF PRODUCTION, FITNESS AND SELECTION  
OBJECTIVES IN MEAT RABBITS.**

**Key words: meat rabbits, fitness, selection, production components**

**SUMMARY**

Most of selection programs are mainly focused on prolificacy and indirectly, with low pressure, on fertility, thus rejecting sterile females.

The aim of this work was to evaluate selection response to litter size on meat rabbits, to know changes as regards other variable which were not included in selection criteria, to study the productivity of selected animals by litter size during seven generations, to identify the most important variables on productivity and to estimate heritabilities and genetic correlations of fitness and productivity characters.

Records on 390 does with two or more pregnancies mated with 63 males for litter size, fertility, survival and records on 3374 rabbits of body weight at weaning and weight at 60 days of life during seven generations were analyzed.

Selection rates, selection response, growth curves, genetic correlations and heritabilities were calculated.

Litter size and survival characters had a greater effect on productivity than fertility and weight characters.

Despite the fact that the selection was based on litter size, there were no increases on selected character and its correlated characters. Natural selection was

not the reason of this absence of response. Heritabilities low values indicated little additive genetic variability.

For these reasons a selection strategy carried out without taking into account the relationship between fitness and productive characters could lead to the absence of response after several generations of selection process.

## I. INTRODUCCIÓN

### I. 1. El origen del conejo

Aunque se desconoce el origen del conejo (*Oryctolagus cuniculus*), algunos investigadores sostienen que procede del Asia Central y otros consideran posible su origen en África. Todos afirman que su migración hacia la zona litoral de España le permitió encontrar un ambiente propicio para su desarrollo y reproducción, por las características del clima, por la aptitud de los suelos para la construcción de cuevas y por un menor número de especies predatoras.

Los fenicios describieron en sus escritos el hallazgo de conejos en el sur de la actual Península Ibérica y en el norte de África. Algunos autores consideran que el nombre dado a esta región sería una derivación de "Sphania", cuyo significado es "tierra de conejos", más tarde denominada por los latinos "Hisfania" o "Hispania" y por último España (2).

Los romanos apreciaban la carne de conejos y a ellos se les atribuyó la difusión de la especie a través de todo su dominio.

La domesticación del conejo comenzó tardíamente en relación a la mayoría de las especies de interés zotécnico (bovinos, ovinos, porcinos, aves, etc.). Los primeros datos registrados lo cuentan como animal conservado en parques cercados donde eran cazados o capturados con redes o trampas.

La cría controlada comenzó recién a finales de la Edad Media cuando apareció la descripción de diversas razas (3). Hacia el año 1800 se generalizó en Europa la cría en conejeras y se introdujeron en Australia y Nueva Zelanda. En algunas regiones, debido a las condiciones propicias del medio y a las precarias

instalaciones en las que se criaban, los conejos se difundieron por todo el territorio llegando a convertirse en plagas que competían con el ganado por el consumo de forrajes, como sucedió en Australia, donde hacia el año 1880, el gobierno debió tomar medidas de control.

La historia de la Cunicultura en Argentina es reciente y se inició a mediados del siglo pasado vinculada a la obtención de pelo de angora. Esta actividad comenzó a declinar como consecuencia de las variaciones en las relaciones monetarias que favorecieron la importación de pelo desde España y otros países.

## **I.2. Razas**

Existe una gran variedad de razas de conejos que pueden agruparse según el tamaño o el destino de su producción. Según el tamaño, se consideran razas pequeñas, medianas y grandes, mientras que por el destino de su producción se denominan razas para carne, piel o pelo (2, 4).

Los animales de razas pequeñas pesan entre dos y tres kilos, son animales precoces con buena fertilidad pero con bajo potencial de crecimiento (ej.: Chinchilla, Pequeño Ruso, etc.). Los de razas medianas pesan entre tres y cinco kilos, tienen buena fertilidad, prolificidad y velocidad de crecimiento (ej.: Neozelandés blanco, Californiano, Leonado de Borgoña, etc.). Los de las razas grandes, también llamadas gigantes, pesan entre cinco y ocho kilos, tienen una alta velocidad de crecimiento pero baja precocidad, fertilidad y prolificidad (ej.: Gigante de Flandes, Gigante blanco de Bouscat, etc) (5).

Las razas Neocelandesa Blanca y su derivada, la Californiana, se difundieron ampliamente en detrimento de las tradicionales europeas (Leonado de Borgoña, Gigante de Flandes, etc.) (6). Estas razas son las más utilizadas en nuestro país.

La raza Neocelandesa, originada en Estados Unidos de Norteamérica, tiene tres variedades de color (negro, rojo y blanco). Los primeros animales fueron rojos, posiblemente como resultado del apareamiento entre la Liebre Belga y el conejo blanco. La variedad blanca surgió luego de cruzamientos con las razas Gigante de Flandes, Angora y Blanco Americano, realizados simultáneamente en diversos estados, siendo aceptada por la Asociación Americana de Conejos alrededor del año 1920 (5). Estos animales pesan entre cuatro y cinco kilos, las hembras tienen buena aptitud materna (producción de leche, preparación del nido, etc.) y es una de las razas con mayor ganancia diaria de peso.

La raza californiana, también originaria de Estados Unidos de Norteamérica, debe su origen a la cruce de la raza Rusa con la Chinchilla y Neocelandesa. El color de pelaje es blanco con excepción de hocico, orejas, patas y cola que son de color negro o gris oscuro. Los conejos de esta raza tienen un peso algo menor que los de raza neozelandesa (3,5 a 4,5 kg) y aptitud productiva similar.

Ambas razas son homocigotas para el alelo para albinismo que se expresa en pelaje sin color y ojos no pigmentados (rojos), por lo cual, sus apareamientos recíprocos darán descendientes con idéntico fenotipo.

### **I.3. Producción del conejo**

La explotación cunícola tiene diferentes objetivos de producción, fundamentalmente, pelo o carne. En los conejos para carne, la piel del animal es un

subproducto para la industria peletera. La piel depilada (badana) y el pelo se utilizan en la industria de la indumentaria o en la fabricación de tejidos.

Las razas destinadas a la producción de carne son las Neocelandesa, Californiana, Gigante de Flandes, etc., mientras que la raza Angora, con sus diferentes variedades, se encuentra destinada a la producción de pelo.

La carne de conejo tiene características que la diferencian de la de otras especies de consumo (Tabla 1). Se la recomienda en ciertas dietas por su bajo contenido de colesterol unido a un alto valor proteico.

Tabla 1: Características de la carne de conejo comparada con la de otras especies de consumo

Tipo de carne	Peso canal kg	% proteína	% grasa	% agua	Colesterol mg/100g	Energía kcal/100g	Fe mg/100g
<b>pollo</b>	1.5	12 - 18	9 - 10	67	81 - 100	150 - 195	1.8
<b>ternera</b>	150	14 - 20	8 - 9	74	70 - 84	170	2.2
<b>buey</b>	250	19 - 21	10-19	71	90 - 100	250	2.8
<b>cerdo</b>	80	12 - 16	30-35	52	70 - 105	290	1.7
<b>cordero</b>	10	11 - 16	20-25	63	75 - 77	250	2.3
<b>conejo</b>	1	19 - 25	3 - 8	70	25 - 50	160 - 200	3.5

Ref: [www.dipaga.com.ar](http://www.dipaga.com.ar).2004 (7)

Argentina exportó carne de conejo durante el período 1992/1994, alcanzando su volumen máximo en 1993, año en que se exportaron 115 toneladas con destino a Alemania. A partir de 1995 las exportaciones declinaron en volumen y se discontinuaron, cesando por completo en el período 1998/2000 (8).

Un factor importante en el aumento de la demanda de este producto consistió en la reanudación de las exportaciones argentinas hacia el mercado europeo. Según

documentos del IICA, Argentina (9) recuperó así una actividad que había mostrado interesantes valores de exportación una década atrás, llegando a cerca de U\$S 400 mil en 1993. En 2003 se exportaron 262 ton por U\$S 1,07 millones, lo que refleja el alto valor unitario del producto, casi 4.100 U\$S/ton. El incremento de la demanda externa ha incorporado nuevos destinos. A las compras de España y Austria en 2002, se sumaron durante 2003 las de Holanda, Francia, Bélgica y, de acuerdo a información de mercado muy reciente, Alemania.

La recuperación de las exportaciones argentinas de carne de conejo, puede atribuirse al estímulo debido al aumento en el tipo de cambio real operado desde principios de 2002. Pero también, han jugado un papel importante, el escenario favorable en el mercado mundial, la mayor producción local y los positivos desarrollos en la cadena productiva.

La Figura 1 detalla la evolución de la faena de animales en los últimos ocho años poniendo en evidencia un cambio abrupto en el número de animales faenados a partir del año 2002. En la Tabla 2 pueden observarse los niveles de ventas al exterior a partir de la reactivación de las exportaciones.

Tabla 2: Exportación de conejos en Argentina

<b>AÑO</b>	<b>Número de animales faenados</b>	<b>Toneladas Exportadas</b>	<b>Valor de las exportaciones U\$S</b>
<b>2002</b>	253.533	124,00	491,00
<b>2003</b>	457.048	461,00	2.039,25
<b>2004</b>	1.702.557	3.088,00	8.873,37
<b>2005</b>	1.594.961	2.893,00	12.387,00

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación

El consumo de carne de conejo es relativamente importante en algunos países de la Comunidad Europea, principalmente en Francia, Italia y España donde supera los 3 kg/hab/año y en menor medida en otros países como Alemania, Suiza, Portugal, Bélgica, Holanda, etc.

Por el contrario, el consumo en Argentina es muy bajo, estimándose que oscila entre 20 y 30 g/hab/año (9). Sin embargo, estos datos no incluyen el consumo a partir de explotaciones de subsistencia que pertenecen al sistema informal de producción y comercialización.

Los animales destinados a la exportación se faenan con pesos cercanos a dos kilos porque el consumidor europeo prefiere animales más pequeños que tienen una mínima deposición grasa. En nuestro país, el consumo habitual es de animales faenados a partir de los 2.5 kg. Lograr este peso requiere un mayor consumo de alimento que disminuye la rentabilidad debido a que se obtienen mejores índices produciendo cinco animales de 2 kg que cuatro de 2.5 kg.

En nuestro país, existe escasa información acerca de estudios sistemáticos de producción en conejos y aunque la explotación se encuentra en expansión es difícil obtener datos actuales sobre evaluaciones de productividad en establecimientos locales.

#### **I. 4. Sistemas de explotación**

A principios del siglo pasado se inició la organización de la explotación y los criaderos comenzaron a fijar pautas comunes de manejo nutricional y reproductivo, sanidad e instalaciones.

En nuestro país, la explotación cunícola para carne comenzó a difundirse entre los años 1960/1970. Actualmente existen tres tipos de explotaciones (familiar con sistema extensivo, comercial con sistema semi-intensivo e industrial con sistema intensivo) que difieren en cuanto al número de animales y, consecuentemente, al sistema de producción.

Los criaderos familiares podrían considerarse sistemas de subsistencia con 10 a 30 madres en producción, que permiten el autoabastecimiento de los propietarios y la generación de pequeños excedentes que comercializan de manera precaria. Las instalaciones constan de jaulas de cemento al aire libre y su manejo nutricional y sanitario suele ser deficiente.

Las explotaciones comerciales cuentan con 100 a 500 madres cuya producción destinan al mercado interno o a frigoríficos concentradores, mientras que las explotaciones industriales con más de 500 madres destinan su producción a la exportación. Estos sistemas requieren mayores controles sanitarios e higiénicos dado el hacinamiento de los animales que suelen encontrarse bajo galpones, en jaulas de alambre montadas sobre caballetes en hileras, con pasillos de circulación, con bebederos y comederos automáticos, pisos de cemento y tratamiento de efluentes. Estos galpones con techos a dos aguas o parabólicos deben construirse con sistemas de aislamiento térmico y buena ventilación incluyendo cumbrera con abertura para circulación del aire.

### **1.5. Variabilidad de las poblaciones y componentes de aptitud y producción**

Según Price (1984) (10), la domesticación es un proceso por el cual los animales en cautiverio se adaptan al hombre y al ambiente que éste les provee. Este

ambiente modificado, podría sugerir un aumento de los recursos disponibles para ser utilizados en la producción debido a que, entre otras cosas, no hay costo energético en la búsqueda de alimento. Sin embargo, Beilharz *et al*, (1993) (11) afirman que cabría esperar también limitantes ambientales en los animales domésticos provocadas por sus nuevas condiciones de vida, por ejemplo, el estrés como consecuencia del hacinamiento (Rauw *et al*, 1998, 12)

Una vez comenzado el proceso de domesticación, surge de manera simultánea la búsqueda de animales homogéneos, parecidos entre sí, con características particulares comunes que pudieran ser transmitidas a través de las generaciones, para conformar diferentes razas.

En Producción Animal, una raza se define principalmente por sus características morfológicas, los individuos provienen de un tronco común y en la mayoría de los casos de una zona geográfica determinada. Luego, los animales de una raza de interés económico pueden exportarse a otras zonas geográficas y se ha probado que la evolución de una raza no es la misma en todos los ambientes. A la variabilidad entre los animales de una raza deben añadirse las diferencias entre agrupaciones animales de las diferentes poblaciones de la misma raza.

Con el transcurso de las generaciones, la población de una zona concreta, como consecuencia del aislamiento reproductivo, de la selección natural impuesta por las características de la zona y por la selección voluntaria realizada por los criadores de conejos, adquiere ciertos rasgos peculiares de morfología externa y algunas características productivas que la diferencian de otras poblaciones de zonas distintas. Algunos autores consideran a estos grupos como estirpes o líneas dentro de una raza determinada (4, 13, 14).

Tanto la selección realizada para la conformación de los tipos raciales, como la interacción de las razas con diferentes ambientes, contribuyen a que la variabilidad de cada población sea distinta. La variabilidad genética existente dentro de una población, particularmente, la magnitud relativa de la variabilidad de los caracteres determinan las posibilidades de respuestas a la selección artificial y de cambios que permitan su adaptación a los diversos sistemas de manejo reproductivo y productivo.

La uniformidad buscada en las características morfológicas que constituyen un determinado tipo racial (color de ojos, tamaño corporal -pequeño, mediano, grande-, tipo de orejas, etc.) no necesariamente se alcanza para los caracteres relacionados con la producción, generalmente no incluidos en la definición del tipo racial. Es común observar entre individuos pertenecientes a una misma raza importantes diferencias en relación a la velocidad de crecimiento, a la prolificidad o a la rusticidad, estos últimos caracteres, estrechamente relacionados con la aptitud biológica.

La aptitud biológica de un individuo puede estimarse como el aporte de genes que realiza a la siguiente generación o como el número de sus descendientes presentes en la siguiente generación. Sin embargo, la sobrevivencia de un individuo no depende exclusivamente de su aptitud sino también de la aptitud de sus progenitores existiendo una superposición de efectos que deben ser evaluados en ambas generaciones (15).

Según Falconer (15), la aptitud de un individuo es el resultado final de todos sus procesos fisiológicos y de desarrollo. Es por lo tanto un carácter que puede descomponerse en múltiples variables medibles con diferente grado de complejidad

y jerarquía. En el caso de las hembras de los mamíferos en general, y del conejo en particular, se pueden identificar dos componentes mayores, uno relacionado con la fertilidad (número total de progenie) y otro relacionado con la habilidad materna (producción de leche, conducta materna). Cada uno de ellos es el resultado de la acción e interacción de otros caracteres, en el caso de fertilidad se pueden considerar éxito en el servicio, intervalo entre partos, etc.

La habilidad materna es un término que incluye una serie de características de las hembras que se ven modificadas durante el proceso de domesticación (16). Tanto la capacidad de armar su nido cuanto la cantidad de leche producida son componentes particularmente importantes de la habilidad materna y pueden evaluarse de manera indirecta a través de la sobrevivencia perinatal y predestete y del peso de la camada destetada.

Otros autores (17) consideran dentro de la aptitud toda característica productiva, reproductiva o fisiológica que contribuya a la performance de un individuo. De esta forma la variación de los caracteres métricos refleja con distinto grado la variación de la aptitud.

Rauw *et al* (1998) (12), sostienen que, en animales sujetos a planes de mejoramiento enfocados hacia una mayor eficiencia productiva, además de los efectos deseados, aumenta el riesgo de padecer trastornos de origen fisiológico, inmunológico, reproductivo, etc. En pollos parrilleros se observó una disminución de la fertilidad y un aumento de la aparición de huevos defectuosos en hembras reproductoras seleccionadas para mayor peso (18), en cerdos los individuos con valores de cría superiores para ganancia diaria de peso (14.6 g/d) prolongaron su intervalo destete - concepción (19), en bovinos lecheros el incremento genético de

producción de leche llevó a aumentar el riesgo de mastitis y cetosis (20). En conejos, la introducción de la raza Gigante de Flandes con la intención de mejorar los pesos y la ganancia posdestete en sus cruzas con animales de raza Neocelandesa y Californiana, tuvo efectos negativos en la productividad de los establecimientos. Los animales requerían más tiempo para alcanzar la madurez y se observó una disminución de la fertilidad y de la prolificidad de las hembras reflejada en un menor número de gazapos destetados por hembra.

En conejos destinados a la producción de carne la eficiencia de la producción y la rentabilidad de las granjas depende, en gran medida, del éxito reproductivo que se ve afectado alternativamente por la capacidad de la hembra para lograr una preñez y el número de crías producidas por parto.

La mayoría de los planes de selección están enfocados al tamaño de camada (viva o destetada) y de una manera indirecta, con baja presión resultante, a la fertilidad a través del descarte de hembras improductivas (21).

El tamaño de camada destetada es un carácter que depende tanto del tamaño de camada nacida viva cuanto de la supervivencia predestete. Por lo tanto, seleccionando este carácter podrían modificarse de manera conjunta la prolificidad y la habilidad materna. Sin embargo, la importancia relativa de estas variables productivas se modifica cuando el sistema de explotación practica la regulación del tamaño de camada por adopción, debido a que el tamaño de camada nacida viva puede incrementarse sin alterarse otros rasgos asociados a habilidad materna (producción de leche) (22).

Las respuestas genéticas obtenidas en los experimentos de selección para mejorar el tamaño de la camada fueron menores de las esperadas (13). Entre las

posibles causas que se han aducido se encuentran las presiones de selección diferentes a las previstas, el no considerar todos los factores que afectan a los caracteres analizados y la reducción de la variancia aditiva del carácter seleccionado hasta un punto de equilibrio que generalmente se alcanza en cinco o seis generaciones – efecto Bulmer - (23). Otros autores consideran que la consanguinidad acumulada de manera inevitable (22) (24) y el antagonismo entre efectos directos e indirectos, (23) (25) enmascaran el progreso realizado.

Diversos autores presentaron valores de heredabilidades relativamente altas que difícilmente puedan observarse en experimentos a campo, permitiendo suponer que en algunos casos podrían estar sobreestimados (4, 26, 27, 28). Sin embargo, se dispone de poca información acerca de valores de heredabilidad para fertilidad femenina estimada como número de servicios por parto (29).

Para cuantificar la producción de carne en conejos existen antecedentes sobre estimadores e índices calculados a partir de una o más variables de interés productivo, según el objetivo de producción general o de la línea en particular. Sin embargo, ésto no siempre fue precedido de una ponderación de esas variables por su peso relativo respecto de la productividad total (4, 23).

Es así, que la producción de carne debería analizarse en su verdadera complejidad, segregando el aporte relativo de cada uno de sus componentes, para conocer la estrategia de producción, tal como lo expresan Rabasa *et al* (1984) (30) en bovinos para carne.

Según Dobzhansky (1970) (31) cada especie tiene su propia estrategia genética, a veces es generalista y otras es especialista. Las especies generalistas ocupan nichos ecológicos amplios, mientras que las especialistas están adaptadas a

un hábitat restringido. De una manera análoga, dentro de una misma especie de interés económico (ovinos, caprinos, cerdos, conejos, etc.), los animales seleccionados para doble o triple propósito difieren en su estrategia de aquellos seleccionados para alta productividad de un carácter.

Una estrategia no solo caracteriza a una especie, raza o población como consecuencia de un proceso evolutivo sino que también condiciona sus posibilidades de cambio futuras (30).

La variabilidad de las estrategias de producción depende de la constitución genética de las poblaciones, de las heredabilidades de los componentes de la producción, de las asociaciones genéticas entre ellos **y de** la relación entre productividad y aptitud biológica. Esta última relación es determinante en Mejoramiento Genético para definir los objetivos de selección, debido a que un deterioro de la aptitud involucra una menor eficiencia productiva.

## **II. HIPOTESIS**

Los caracteres relacionados con la aptitud biológica, sometidos o no a un proceso de selección artificial, se expresan de manera diferente para distintos niveles de producción de carne en conejos.

### **- Objetivos**

- Evaluar la respuesta a la selección por prolificidad en conejos para carne
- Conocer los cambios producidos en otras variables no incluidas en el criterio de selección utilizado
- Estudiar la productividad de animales seleccionados por prolificidad durante siete generaciones.
- Identificar las variables de mayor importancia en la productividad final
- Estimar las heredabilidades y correlaciones genéticas de los caracteres de aptitud y producción

### III. FUNDACIÓN Y MANEJO DEL CONEJAR

#### III.1. Instalaciones y Razas

El conejar experimental de la Cátedra de Introducción a la Producción Animal se encuentra en dependencias de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la U.N.L.P. Está ubicado en la ciudad de La Plata, provincia de Buenos Aires (35° 55' Latitud Sur y 57° 57' Longitud Oeste). En esa región los veranos presentan medias mensuales máximas inferiores a 22 ° C , con una estación fría poco notable donde la media del mes más frío, julio, es de 7° C. La precipitación media anual histórica es de 950 mm.

El sistema de explotación utilizado corresponde a una producción semi-intensiva bajo galpón con ventilación no forzada, comederos tipo tolva y bebederos automáticos. Los animales reciben una dieta *ad-libitum* de alimento balanceado comercial con suplemento de fibra según la categoría (crianza o engorde).

Los conejos se encuentran en secciones según su estado productivo en jaulas adecuadas a su condición (jaulas de hembras con nido, jaulas de machos y jaulas de engorde). Las hembras destinadas a la reposición del plantel permanecen en las jaulas de engorde hasta el diagnóstico de gestación positiva.

Los animales fundadores pertenecían a las razas Neocelandesa y Californiana utilizadas habitualmente en esta zona y provenían de establecimientos comerciales de la región. Las madres fundadoras del plantel fueron diecisiete. En el lapso analizado (1990-2000), se utilizaron un total de sesenta y tres machos, treinta y uno de los cuales se introdujeron a lo largo del período y el resto fueron descendientes nacidos en el establecimiento. Las generaciones se consideran por

línea materna. En el caso de los machos existe superposición de generaciones debido a que en sus períodos de servicio tienen apareamientos con hembras de diferentes generaciones de manera simultánea.

La reposición de las hembras se realizó seleccionando las hijas de las hembras con mayor prolificidad. Las hembras se descartaron en aquellos casos en que habiendo sido servidas en dos o tres ciclos consecutivos no dejaron descendencia viable.

### **III.2. Manejo reproductivo**

La Figura 2 describe gráficamente el ciclo reproductivo ideal de una coneja. La coneja es poliéstrica continua con ovulación inducida por el coito y tiene ciclos sexuales poco definidos con manifestaciones de celo discretas, excepto por la coloración de la mucosa vulvar (blanca, rosada, roja, rojo-violácea), con aceptación del apareamiento con el macho que alterna con períodos de diestro. Lacchini *et al*, (1994) (32) observaron que existe relación entre la coloración de la vulva y el porcentaje de preñez, como así también, con la prolificidad a medida que aumenta la intensidad de la coloración vulvar.

Para efectuar los servicios por monta natural, las hembras se trasladan a la jaula del macho donde se verifica el servicio de manera positiva por la observación de signos externos reconocidos en el comportamiento coital. Una vez realizado el servicio la hembra se lleva nuevamente a su jaula.

El intervalo mínimo esperado entre partos fue de 34 días, teniendo en cuenta que el período gestacional es de  $30 \pm 2$  días, que la lactancia dura aproximadamente

28 días y que el primer servicio posparto se efectuó al cuarto día con servicio natural, en el primer ciclo después de la parición. A los quince días postservicio, se realizó el diagnóstico por palpación para confirmar la gestación o la necesidad de un nuevo servicio.

### **III.3. Registros**

En el Anexo pueden observarse los modelos de las planillas y fichas utilizadas en el manejo diario del conejar (servicios, machos, madres y engorde) (Figuras 3, 4, 5 y 6). En ellas se registra la identificación del animal (número tatuado en la oreja al destete), datos filiatorios, fechas de servicios, fechas de partos, tamaño de camada al parto y al destete, peso de la camada al nacimiento y pesos de los gazapos al destete.

De este archivo se tomaron datos de siete generaciones que incluyen 390 hembras con dos o más partos que se aparearon con 63 machos, para las siguientes variables:

- Relacionadas con fertilidad:

s: número de servicios recibidos en la vida de la hembra

p: número de partos en la vida de la hembra

IEP: intervalo entre partos en días

- Relacionadas con prolificidad:

TCT: tamaño de camada nacida total por parto

TCV: tamaño de camada nacida viva por parto

TCD: tamaño de camada destetada por parto

- Relacionadas con crecimiento

PD: peso de destete

ED: edad de destete

P40: peso a los cuarenta días de edad ( $\pm$  tres días)

P50: peso a los cincuenta días de edad ( $\pm$  tres días)

P60: peso a los sesenta días de edad ( $\pm$  tres días)

P70: peso a los setenta días de edad ( $\pm$  tres días)

P80: peso a los ochenta días de edad ( $\pm$  tres días)

P90: peso a los noventa días de edad ( $\pm$  tres días)

## **IV. SELECCIÓN POR PROLIFICIDAD**

### **IV.1. Introducción**

La prolificidad es uno de los caracteres más seleccionados en los pequeños y medianos establecimientos cunícolas (criaderos familiares y comerciales descritos en el punto I.4) para mejorar la performance de las hembras, no sólo por su relación directa con la productividad sino también por ser fácilmente identificable.

En el conejar de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de la Plata, con el objetivo de incrementar la prolificidad, se realizó selección positiva para tamaño de camada destetada. Se seleccionaron como madres de la siguiente generación a las hembras con mayor promedio del tamaño de camada al destete, evaluadas con no menos de dos partos.

Diversos autores sostienen que el tamaño de camada al destete está asociado de manera directa tanto al tamaño de camada nacida total cuanto al tamaño de camada nacida viva (33). Por lo cual se pueden esperar respuestas correlacionadas para tamaño de camada nacida total y tamaño de camada nacida viva cuando se selecciona por tamaño de camada destetada. Por esta razón, los análisis realizados para los tres caracteres de prolificidad en este capítulo fueron los mismos. En el punto VI.3.2. se presentan las correlaciones genéticas y respuestas esperadas de estos caracteres.

Para evaluar la respuesta a la selección por prolificidad se estudió la evolución de los tamaños de camada nacida total, viva y destetada a través de las generaciones. Se calcularon los diferenciales de selección esperados,

estandarizados y efectivos, los índices entre diferenciales de selección, las respuestas a la selección y los diferenciales y respuestas acumulados.

## IV. 2. Materiales y Métodos

### IV.2.1. Caracteres de prolificidad: tamaños de camada nacida total, nacida viva y destetada

Para todas las hembras con más de dos partos se calcularon los promedios por hembra para el carácter seleccionado y los caracteres asociados de la siguiente manera:

- *Carácter seleccionado:*

**tcd:** tamaño de camada destetada promedio por hembra

$$tcd = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p TCD_j$$

siendo: **p:** número de partos en la vida de la hembra

**TCD<sub>j</sub>:** número de crías destetadas en el j-ésimo parto

- *Caracteres asociados*

❖ **tcv:** tamaño de camada nacida viva promedio por hembra

$$tcv = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p TCV_j$$

siendo **p**: número de partos en la vida de la hembra

**TCT<sub>j</sub>**: número de crías nacidas vivas en el j-ésimo parto

❖ **tct**: tamaño de camada nacida total promedio por hembra

$$tct = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p TCT_j$$

siendo: **p**: número de partos en la vida de la hembra

**TCT<sub>j</sub>**: número de crías nacidas totales en el j-ésimo parto

Se estimaron los promedios y desvíos estándar por generación de los caracteres de prolificidad (tct, tcv y tcd)

#### IV.2.2. Diferenciales de selección y respuestas

Con el fin de cuantificar la selección artificial aplicada se calcularon los diferenciales de selección esperados por generación, correspondientes a cada uno de los caracteres de prolificidad mediante la diferencia fenotípica entre los promedios de las madres seleccionadas y los promedios por generación, reemplazando tc por tct, tcv y tcd en la siguiente expresión:

$$DS_{\text{esp}}(tc)_{G_n} = \overline{tc}_{\text{sel}G_n} - \overline{tc}_{G_n}$$

siendo

$DS_{\text{esp}}(tc)_{G_n}$ : diferencial de selección esperado del tc en la enésima generación

$\overline{tc}_{\text{sel}G_n}$ : promedio del tc de las hembras seleccionadas de la enésima generación

$\overline{tc}_{G_n}$  : promedio del tc de las hembras de la enésima generación

Dado que los diferenciales de selección están afectados por la distribución del carácter, la intensidad de la selección practicada, la unidad de medida y la media de la población para el carácter, se estimaron los diferenciales de selección estandarizados para cada uno de los caracteres de prolificidad, a partir de:

$$DS_{est_G} = \frac{DS_{esp_G}}{S_G}$$

siendo

$DS_{est_G}$  : diferencial de selección estandarizado en la generación G

$S_G$  : desvío estándar de la generación G

Como estimación conjunta de la selección artificial aplicada y de la selección natural se calcularon los diferenciales de selección efectivos. Estos diferenciales permiten identificar el aporte real de cada hembra seleccionada, ponderando la diferencia entre el fenotipo de la hembra y el promedio de la población por el número de descendientes aportados a la siguiente generación por esa hembra (34).

El diferencial de selección efectivo se calculó para tamaño de camada destetada, nacida viva y nacida total reemplazando tc por tcd, tcv y tct, respectivamente, en la siguiente expresión

$$DS_{ef} = \frac{1}{TCDT} \sum_{i=1}^{n_{sel}} [TCDT_i (tc_i - tc_G)]$$

siendo

$DS_{ef}$  : diferencial de selección efectivo

TCDT : total de descendientes destetados de las hembras seleccionadas

$TCDT_i$  : número de descendientes destetados por la i-ésima hembra seleccionada.

$tc_i$  : promedio de tamaño de camada de la i-ésima hembra seleccionada.

$tc_G$  : promedio de tamaño de camada de la generación a la que pertenecen las hembras seleccionadas

Se calculó la razón entre los diferenciales de selección efectivos y esperados.

$$IDS = \frac{DS_{ef}}{DS_{esp}}$$

siendo

IDS : índice entre los diferenciales de selección efectivo y esperado

$DS_{ef}$  : diferencial de selección efectivo

$DS_{esp}$  : diferencial de selección esperado

Cuando el cociente entre los diferenciales de selección efectivo y esperado es igual a uno, es decir que los valores de  $DS_{esp}$  y  $DS_{ef}$  son similares, indica que la selección natural no tendría efecto sobre el carácter en estudio. Cuanto mayor o menor que uno sea este cociente indicaría un efecto favorable o en dirección contraria de la selección natural sobre el carácter, respectivamente.

Se estimó la relación entre los IDS y los  $DS_{est}$  para los caracteres de prolificidad para las siete generaciones en conjunto, mediante el ajuste de la siguiente ecuación de segundo grado:

$$IDS = \alpha + \beta DS_{est} + \gamma DS_{est}^2 + \varepsilon$$

La respuesta a la selección ( $R_{G_n}$ ) fue calculada como la diferencia entre el promedio del tamaño de camada de las hembras de una generación ( $G_n$ ) y el promedio del tamaño de camada de las hembras de la generación anterior ( $G_{n-1}$ ), reemplazando tc, por tcd, tcv y tct en la siguiente expresión:

$$R_{G_n} = \overline{tc}_{G_n} - \overline{tc}_{G_{n-1}}$$

A partir de los diferenciales de selección esperados y de las respuestas se calcularon los diferenciales de selección y las respuestas acumuladas mediante la suma secuencial de las generaciones estudiadas:

❖ Diferencial de selección esperado acumulado

$$DS_{G_{ac}} = \sum_{i=1}^G DS_{esp_i}$$

❖ Respuesta a la selección acumulada

$$R_{G_{ac}} = \sum_{i=1}^G R_i$$

Se estimó el coeficiente de regresión lineal entre las respuestas a la selección acumuladas y los diferenciales de selección acumulados.

### IV. 3. Resultados

#### IV.3.1. Descripción de los caracteres de prolificidad

En la Tabla 3 pueden observarse los promedios y los desvíos estándar correspondientes a las variables tamaño de camada nacida total, viva y destetada a lo largo de las siete generaciones estudiadas. Se observa menor variación en las medias por generación del tct (7.04 a 7.59) que de tcv y tcd. El carácter seleccionado se incrementó hasta la generación 3 y luego decreció hasta alcanzar prácticamente su valor original. Durante el período seleccionado no se observó una disminución de los desvíos fenotípicos.

Tabla 3: Promedios y desvíos estándar de caracteres de prolificidad

generación	<b>Tct</b>	<b>tcv</b>	<b>tcd</b>
<b>G<sub>1</sub></b>	7.04±2.52	5.88±2.75	4.18±2.14
<b>G<sub>2</sub></b>	7.47±2.44	6.57±2.85	5.07±2.55
<b>G<sub>3</sub></b>	7.24±1.95	6.60±2.23	5.35±1.88
<b>G<sub>4</sub></b>	7.54±1.94	6.87±2.03	5.09±1.99
<b>G<sub>5</sub></b>	7.59±2.22	6.53±2.77	4.64±1.85
<b>G<sub>6</sub></b>	7.26±2.44	6.19±2.85	4.12±2.54
<b>G<sub>7</sub></b>	7.37±2.58	6.59±2.54	4.44±2.58
tct: tamaño de camada total, tcv: viva y tcd: destetada			

### IV.3.2. Diferenciales de selección y respuestas

En las Tablas 4 y 5 se encuentran los valores correspondientes a los diferenciales de selección esperados y efectivos. Tanto los  $DS_{esp}$  cuanto los  $DS_{ef}$  son positivos a lo largo de las generaciones estudiadas para las tres características de prolificidad.

Tabla 4. Diferenciales de selección esperados de los caracteres de prolificidad

Generación	tct	tcv	tcd
<b>G<sub>1</sub></b>	1.38	1.19	0.80
<b>G<sub>2</sub></b>	0.97	1.31	0.94
<b>G<sub>3</sub></b>	0.43	0.84	0.54
<b>G<sub>4</sub></b>	0.01	1.37	0.54
<b>G<sub>5</sub></b>	0.69	1.08	0.41
<b>G<sub>6</sub></b>	1.61	2.09	1.28
tct: tamaño de camada total, tcv: viva y tcd: destetada			

Tabla 5. Diferenciales de selección efectivos de los caracteres de prolificidad

Generación	tct	tcv	tcd
<b>G<sub>1</sub></b>	1.25	1.18	1.58
<b>G<sub>2</sub></b>	0.98	1.27	1.08
<b>G<sub>3</sub></b>	0.69	0.91	0.92
<b>G<sub>4</sub></b>	0.82	0.94	0.77
<b>G<sub>5</sub></b>	0.98	1.53	0.84
<b>G<sub>6</sub></b>	1.59	1.92	1.30
tct: tamaño de camada total, tcv: viva y tcd: destetada			

Los DS de tcv, en general, son mayores que los correspondientes de tct y tcd. Estas diferencias no se atribuyen a efectos de escala dado que los  $DS_{est}$  mantienen valores superiores para tcv (Tabla 6).

Tabla 6: Diferenciales de selección estandarizados de los caracteres de prolificidad

Generación	tct	Tcv	tcd
<b>G<sub>1</sub></b>	0.55	0.43	0.38
<b>G<sub>2</sub></b>	0.40	0.46	0.37
<b>G<sub>3</sub></b>	0.22	0.38	0.29
<b>G<sub>4</sub></b>	0.005	0.67	0.27
<b>G<sub>5</sub></b>	0.31	0.39	0.22
<b>G<sub>6</sub></b>	0.69	0.73	0.50
tct: tamaño de camada total, tcv: viva y tcd: destetada			

La Figura 7 muestra las variaciones de los IDS a lo largo de las generaciones para tct, tcv y tcd. Para tcd los valores de IDS son, generalmente, mayores que uno. Para tcv, cercanos a 1, mientras que para tct presentan una gran variación.

En la Figura 8 se describe la relación entre los  $DS_{est}$  y los IDS para los caracteres de prolificidad. Cada punto representa los valores del  $DS_{est}$  y del IDS correspondiente a un carácter de prolificidad y a una generación.

El ajuste de una curva de segundo grado fue altamente significativo ( $F= 34,4$ ;  $p<0.001$ ;  $R^2=0.76$ ) y la ecuación estimada fue:

$$IDS = 2.6087 - 4.6328 DS + 3,0022 DS_{est}^2$$

Cuando los  $DS_{est}$  son menores a 0,4, se observa una relación inversa, a menores  $DS_{est}$  corresponden valores mayores de IDS y viceversa. Mientras que a

partir de este punto, cualquiera sea el  $DS_{est}$  los IDS tienen valores similares. Es decir, los valores de IDS disminuyen a medida que aumentan los  $DS_{est}$  llegando a una asíntota en los valores cercanos a 1 de IDS.

La respuesta a la selección por generación para los caracteres de prolificidad tomó valores positivos y negativos durante las siete generaciones (Tabla 7)

Tabla 7: Respuesta a la selección por generación de caracteres de prolificidad

Generación	tct	tcv	tcd
<b>G<sub>2</sub></b>	0.43	0.69	0.89
<b>G<sub>3</sub></b>	-0.23	0.03	0.28
<b>G<sub>4</sub></b>	0.30	0.27	-0.26
<b>G<sub>5</sub></b>	0.05	-0.34	-0.45
<b>G<sub>6</sub></b>	-0.33	-0.34	-0.52
<b>G<sub>7</sub></b>	0.11	0.40	0.32
tct: tamaño de camada total, tcv: viva y tcd: destetada			

En las Figuras 9, 10 y 11 se comparan las evoluciones de los diferenciales de selección esperados y efectivos y de las respuestas a lo largo de las generaciones de tct, tcv y tcd respectivamente.

La respuesta observada para tct no guarda ninguna relación con las variaciones en los diferenciales de selección, mientras que la respuesta para tcv tiene una tendencia a aproximarse en sus variaciones a los  $DS_{esp}$  y  $DS_{ef}$ . Para tcd los valores de  $DS_{ef}$  son siempre superiores a los  $DS_{esp}$  con una trayectoria similar a lo largo de las generaciones que también se corresponde con la respuesta obtenida (Figura 11).

Esta ausencia de relaciones entre los  $DS_{esp}$ ,  $DS_{ef}$  y las R para tct y tcv, se evidencian mejor al estimar las regresiones entre las Rac y los DSac de estos caracteres de prolificidad (Tabla 8).

Tabla 8: Regresión de las respuestas acumuladas en los diferenciales de selección acumulados para caracteres de prolificidad

<b>carácter</b>	<b>b</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>p</b>
<b>tct</b>	-0.02	0.05	0.66 <sup>ns</sup>
<b>tcv</b>	-0.03	0.11	0.53 <sup>ns</sup>
<b>tcd</b>	-.27	0.55	0.09 <sup>ns</sup>
tct: tamaño de camada total, tcv: viva y tcd: destetada; b: coeficientes de regresión, R <sup>2</sup> : coeficiente de determinación			

## **V. CARACTERES NO SELECCIONADOS RELACIONADOS CON APTITUD Y CRECIMIENTO**

### **V.1 Introducción**

Si bien no se llevó a cabo un proceso de selección sistemática de otros caracteres de aptitud y crecimiento, la eliminación de animales estériles, infértiles o subfértiles (debido al descarte de las hembras en las que no se diagnosticó gestación positiva por palpación luego de tres servicios), puede producir como consecuencia una cierta presión de selección.

En este caso se consideraron variables no seleccionadas relacionadas con aptitud a la sobrevivencia (supervivencia perinatal y predestete) y a la fertilidad (eficiencia al servicio e intervalo entre partos).

Asimismo, se estudiaron pesos de destete (30 días) y de faena (60 días) y las curvas de crecimiento que permiten representar de manera relativamente sencilla un gran número de sucesos que ocurren en forma simultánea en el individuo (procesos metabólicos, físico-químicos, etc) como la expresión conjunta del genotipo, el ambiente que lo rodea y sus interacciones en función del tiempo.

Los caracteres no seleccionados fueron estudiados de manera similar a los seleccionados con el fin de analizar y comparar el comportamiento de sus variaciones entre generaciones. Para estos caracteres, se calcularon las diferencias entre las medias de las hembras seleccionadas por tamaño de camada de la  $G_n$  y la media de la generación a la cual pertenecen, su ponderación por la fertilidad de las hembras seleccionadas, el cociente entre ambas, las diferencias entre las medias de

las generaciones contiguas, y los correspondientes valores acumulados a lo largo de las generaciones estudiadas.

## V.2. Materiales y métodos

### V.2.1. Caracteres de aptitud: sobrevida y fertilidad

A partir de los registros utilizados en el conejar, se tomó información de los TCT, TCV, TCD, s, p y fechas de parto para todas las hembras con más de dos partos, y se calcularon los siguientes coeficientes:

- *sobrevida*

❖ **SPe**: supervivencia perinatal

$$SPe = \frac{TCV}{TCT}$$

siendo, TCV :tamaño de camada nacida viva por parto por hembra

TCT :tamaño de camada nacida total por parto por hembra

❖ **SPred**: supervivencia predestete

$$SPred = \frac{TCD}{TCV}$$

siendo TCD : tamaño de camada destetada por parto por hembra

TCV :tamaño de camada nacida viva por parto por hembra

- *fertilidad*

❖ **iep**: intervalo entre partos promedio en días

$$iep = \frac{f_{up} - f_{pp}}{p}$$

siendo  $f_{up}$  : fecha del último parto

$f_{pp}$  fecha del primer parto

$p$ : número total de partos en la vida de una hembra

❖ **efi**: eficiencia al servicio

$$efi = \frac{p}{s}$$

siendo  $p$  = número de partos en la vida de una hembra

$s$ =número de servicios en la vida de una hembra

Se calcularon los promedios y desvíos estándar de SPe, SPred y efi, y la mediana y cuartiles  $Q_1$  y  $Q_3$  de iep.

Se estimaron las variaciones entre los promedios de cada uno de los caracteres de sobrevivida y aptitud de las hembras seleccionadas para prolificidad y el promedio de la generación a la cual pertenecen ( $\Delta G_{Gn}$ ). Asimismo, estas variaciones fueron ponderadas por la fertilidad de cada una de las hembras en función del TCDT ( $\Delta G_{pGn}$ ):

$$\Delta G_{Gn} = \overline{x_{hsGn}} - \overline{x_{Gn}}$$

siendo

$\overline{x_{hsGn}}$  = promedio del carácter de las hembras seleccionadas para tcd de la enésima generación

$\overline{x_{Gn}}$  = promedio del carácter de las hembras de la enésima generación

$$\Delta Gp_{Gn} = \frac{1}{TCDT} \sum_{i=1}^{n_{sel}} [TCDT_i(x_i - x_G)]$$

siendo

$x_i$  = promedio del carácter para todos los partos de la i-ésima hembra seleccionada de la generación G

$x_G$  = promedio del carácter para todos los partos de las hembras de la generación G

También se estimaron las variaciones entre los promedios de cada uno de los caracteres de sobrevivencia y aptitud de las hembras de dos generaciones sucesivas.

$$\Delta F_{Gn} = \overline{x_{Gn}} - \overline{x_{Gn-1}}$$

### V.2.2. Caracteres de crecimiento: pesos y curvas de crecimiento

Se tomaron los registros de pesos a intervalos semanales desde los 30 a los 90 días de 3374 individuos provenientes de 1848 partos para un total de 390 madres a través de siete generaciones. Se calcularon las siguientes variables:

- pesos

- ❖ **ppa30**: peso promedio de las crías ajustado a 30 días por hembra

$$ppa30 = \frac{1}{TCDT} \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^{TCD_j} pa_{30jk}$$

siendo:

**TCDT**: número total de crías destetadas por la i-ésima hembra

**p**: número de partos en la vida de la hembra

**TCD<sub>j</sub>**: número de crías destetadas en el j-ésimo parto

**pa<sub>30jk</sub>**: peso ajustado a 30 días de la k-ésima cría en el j-ésimo parto

- ❖ **ppa60**: peso promedio de las crías a los 60 días por hembra

$$ppa60 = \frac{1}{TCDT} \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^{TCD_j} pa_{60jk}$$

siendo:

**TCDT**: número total de crías destetadas por la hembra

**p**: número de partos en la vida de la hembra

**TCD<sub>j</sub>**: número de crías destetadas en el j-ésimo parto

**pa<sub>60jk</sub>**: peso ajustado a 60 días de la k-ésima cría en el j-ésimo parto

- ❖ **gpd**: ganancia de peso promedio posdestete

$$gpd = ppa60 - ppa30$$

Para describir a cada una de estas variables se calcularon los promedios y desvíos estándar, las variaciones entre los promedios para peso de las hembras seleccionadas por prolificidad y el promedio para peso de la generación a la cual pertenecen ( $\Delta G_n$ ), su ponderación por fertilidad ( $\Delta G_{p_n}$ ) y las variaciones entre los promedios de generaciones sucesivas ( $\Delta F$ ) de la misma forma que para los caracteres de aptitud y fertilidad.

- *curvas de crecimiento*

A partir de los pesos semanales de 3374 animales se estimaron las curvas de crecimiento para cada generación. Los pesos fueron ajustados por tamaño de camada. Coincidiendo con otros autores (35, 36, 37), no se consideraron efectos debidos al sexo del individuo en la ganancia de peso postdestete dado que no existe dimorfismo sexual en conejos en el intervalo de tiempo estudiado y consecuentemente no se observan diferencias entre machos y hembras prepúberes en la evolución de sus pesos entre el destete y la faena.

El modelo utilizado para ajustar las curvas de crecimiento corresponde al propuesto por von Bertalanffy, derivado a partir de supuestos fisiológicos (Von Bertalanffy, 1960) (38). Es del tipo exponencial y se representa a partir de la siguiente ecuación:

$$w = [ a ( 1 - b e^{-kt} ) ]^3$$

Los parámetros  $a$  y  $k$  tienen significado descriptivo más que fisiológico, “ $a$ ” es el peso asintótico, “ $k$ ” es la tasa de crecimiento del animal. A la edad  $\ln 2/k$  el animal alcanza el peso medio entre su peso inicial y su peso asintótico.

Con el fin de evaluar el ajuste de los pesos estimados obtenidos a partir del modelo de von Bertalanffy se realizó una prueba de signos y calificaciones para datos apareados de Wilcoxon (39).

### V. 3. Resultados

#### V.3.1. Descripción de los caracteres de aptitud y crecimiento

En la Tabla 9 se observan los promedios y los desvíos estándares para supervivencia perinatal y predestete, eficiencia al servicio, pesos ajustados de las crías a los 30 y 60 días, y la ganancia de peso posdestete. La Tabla 10 muestra las medianas para intervalo entre partos y los cuartiles  $Q_1$  y  $Q_3$ .

Tabla 9. Promedios y desvíos estándares de las variables relacionadas con sobrevida, fertilidad, y crecimiento

gen	<b>SPe</b>	<b>SPred</b>	<b>efi</b>	<b>ppa30</b>	<b>ppa60</b>	<b>gpd</b>
<b>G1</b>	0.80±0.26	0.66±0.22	0.72±0.23	587.±89	1412±216	825±177
<b>G2</b>	0.83±0.27	0.68±0.27	0.76±0.20	581±84	1459±201	874±195
<b>G3</b>	0.89±0.19	0.77±0.20	0.72±0.24	601±86	1601±275	995±260
<b>G4</b>	0.91±0.14	0.73±0.18	0.72±0.22	643±115	1629±212	993±215
<b>G5</b>	0.85±0.24	0.70±0.21	0.67±0.20	604±105	1551±254	955±242
<b>G6</b>	0.83±0.26	0.60±0.31	0.76±0.24	583±88	1613±231	1038±225
<b>G7</b>	0.86±0.21	0.63±0.27	0.74±0.24	566±111	1554±264	995±257

SPe: supervivencia perinatal, SPred: supervivencia predestete, efi: eficiencia, ppa30: peso promedio ajustado a 30 días, ppa60: peso promedio ajustado a 60 días y gpd: ganancia posdestete

Los promedios de las diferentes generaciones oscilan durante el período estudiado de forma tal, que no se observan diferencias entre la primera y la última generación, con excepción del peso promedio a los 60 días y de la ganancia de peso posdestete que se incrementan en un 10 y 21%, respectivamente.

Tabla 10: Medianas y cuartiles del intervalo entre partos

gen	iep		
	Q <sub>1</sub>	Mna	Q <sub>3</sub>
<b>G1</b>	41.5	45	48.83
<b>G2</b>	35.75	42.22	48.31
<b>G3</b>	38.11	42	47.57
<b>G4</b>	40.58	49.01	60
<b>G5</b>	41.2	46.09	53.14
<b>G6</b>	37	42.71	54.5
<b>G7</b>	35	39	56

En el caso del intervalo entre partos, la mediana se incrementó y luego disminuyó acompañada por un aumento en la dispersión de los datos y en la asimetría de la distribución a la derecha.

### **V.3.2. Variaciones en los estimadores de aptitud y crecimiento a través de las generaciones estudiadas**

#### *- Variaciones en aptitud: fertilidad y sobrevida*

En las Tablas 11, 12 y 13 se observa la evolución de los  $\Delta G$ ,  $\Delta G_p$  y  $\Delta F$ , de los caracteres relacionados con fertilidad y sobrevida. Las Figuras 12 y 13, muestran

conjuntamente las evoluciones de estas variables para cada uno de los caracteres de fertilidad (efi, iep) y sobrevida (Spe y SPred), respectivamente.

Tabla 11: Diferencias entre el promedio de las hembras seleccionadas y el promedio de la generación ( $\Delta G$ ). Caracteres de fertilidad y sobrevida

$\Delta G_n$	efi	iep	SPe	SPred
<b>G<sub>1</sub></b>	0.006	0.85	0.037	0.012
<b>G<sub>2</sub></b>	-0.037	-0.09	0.101	0.075
<b>G<sub>3</sub></b>	0.039	-4.18	0.048	0.026
<b>G<sub>4</sub></b>	0.015	-0.09	0.004	0.004
<b>G<sub>5</sub></b>	0.005	-0.07	0.071	-0.026
<b>G<sub>6</sub></b>	0.026	0.81	0.101	0.062
<b>G<sub>7</sub></b>	0.017	2.82	0.068	-0.042
efi: eficiencia al servicio, iep: intervalo entre partos, Spe: supervivencia predestete y SPred: supervivencia postdestete				

Tabla 12: Diferencias entre el promedio de las hembras seleccionadas ponderadas por su fertilidad ( $\Delta Gp_n$ ) y el promedio de la generación. Caracteres de fertilidad y sobrevida

$\Delta Gp_n$	efi	iep	SPe	SPred
<b>G<sub>1</sub></b>	0.087	-2.54	0.094	0.123
<b>G<sub>2</sub></b>	-0.015	-3.39	0.104	0.109
<b>G<sub>3</sub></b>	0.047	-3.37	0.055	0.067
<b>G<sub>4</sub></b>	0.044	-2.55	0.023	0.016
<b>G<sub>5</sub></b>	0.034	-1.68	0.093	-0.008
<b>G<sub>6</sub></b>	0.014	-2.01	0.083	0.070
<b>G<sub>7</sub></b>	0.044	1.49	0.062	-0.074
efi: eficiencia al servicio, iep: intervalo entre partos, SPe: supervivencia predestete y SPred: supervivencia postdestete				

Tabla 13: Diferencias entre generaciones en fertilidad y sobrevida

$\Delta F_n$	efi	iep	SPe	SPred
<b>G<sub>2</sub></b>	-0.002	-3.99	-0.031	-0.015
<b>G<sub>3</sub></b>	-0.012	0.74	-0.066	-0.093
<b>G<sub>4</sub></b>	-0.015	4.31	-0.019	0.037
<b>G<sub>5</sub></b>	-0.055	-0.41	0.066	0.034
<b>G<sub>6</sub></b>	0.032	4.31	0.013	0.103
<b>G<sub>7</sub></b>	0.095	-5.87	-0.032	-0.033
efi: eficiencia al servicio, iep: intervalo entre partos, Spe: supervivencia predestete y Spred: supervivencia posdestete				

En la Figura 12 puede observarse que para las variables relacionadas con fertilidad, el comportamiento de  $\Delta F$  fue independiente de  $\Delta G$  y de  $\Delta G_p$  a través de las generaciones estudiadas.

En la Figura 13 se pone en evidencia para las variables relacionadas con sobrevida la similitud en el comportamiento de  $\Delta G$  y  $\Delta G_p$ , mientras que  $\Delta F$  tuvo una trayectoria invertida, es decir, en aquellas generaciones con mayores diferencias ( $\Delta G$  y  $\Delta G_p$ ) hubo menores  $\Delta F$  y viceversa.

Las variables no seleccionadas relacionadas con aptitud –fertilidad y sobrevida– mostraron  $\Delta G$  favorables, en el sentido de que las hembras seleccionadas tuvieron mayor fertilidad y sobrevida que sus contemporáneas. Los  $\Delta G$  aumentaron al ponderarlos por la fertilidad de las hembras ( $\Delta G_p$ ), dando cocientes superiores a uno en la mayoría de las generaciones estudiadas (Figura 14). Sin embargo, los  $\Delta F$  no reflejaron un incremento de los valores positivos sino una recurrencia entre avances y retrocesos.

- *Variaciones en crecimiento.*

En las Tablas 14, 15 y 16 se presentan las diferencias en los caracteres relacionados con peso y la Figura 15 permite comparar las diferencias entre generaciones y descendientes.

Tabla 14: Diferencias entre el promedio de las hembras seleccionadas y el promedio de la generación ( $\Delta G$ ) para peso

$\Delta G_n$	ppa30	ppa60	gpd
<b>G<sub>1</sub></b>	0.49	35.64	71.6
<b>G<sub>2</sub></b>	33.51	29.00	10.68
<b>G<sub>3</sub></b>	14.73	77.96	69.61
<b>G<sub>4</sub></b>	-11.07	-44.56	-39.31
<b>G<sub>5</sub></b>	-23.66	14.5	24.9
<b>G<sub>6</sub></b>	-25.22	-100.9	-83.44
<b>G<sub>7</sub></b>	30.04	3.95	-42.09
ppa30: peso ajustado a 30 días, ppa60: peso ajustado a 60 días, gpd: ganancia posdestete			

Tabla 15: Diferencias entre el promedio de las hembras seleccionadas ponderados por fertilidad y el promedio de la generación para peso

$\Delta Gp_n$	ppa30	ppa60	gpd
<b>G<sub>1</sub></b>	27.32	108.41	81.1
<b>G<sub>2</sub></b>	26.17	68.08	47.88
<b>G<sub>3</sub></b>	15.18	48.37	26.32
<b>G<sub>4</sub></b>	-29.53	-65.64	-44.23
<b>G<sub>5</sub></b>	-34.19	-2.29	22.33
<b>G<sub>6</sub></b>	8.60	-115.35	-132.87
<b>G<sub>7</sub></b>	31.08	-59.75	-112.2
ppa30: peso ajustado a 30 días, ppa60: peso ajustado a los 60 días, gpd: ganancia posdestete			

Tabla 16: Diferencias entre generaciones para peso

$\Delta F_n$	ppa30	ppa60	gpd
<b>G<sub>2</sub></b>	4.16	47.26	49.62
<b>G<sub>3</sub></b>	22.34	110.6	120.69
<b>G<sub>4</sub></b>	7.58	38.76	-1.797
<b>G<sub>5</sub></b>	-26.02	-90.84	-37.71
<b>G<sub>6</sub></b>	-9.86	23.27	82.34
<b>G<sub>7</sub></b>	-5.78	31.96	-42.55

ppa30: peso ajustado a 30 días, ppa60: peso ajustado a los 60 días,  
gpd: ganancia posdestete

Las variables relacionadas con el peso transcurren las generaciones con variaciones similares en  $\Delta G$ ,  $\Delta G_p$  y  $\Delta F$  observándose una tendencia decreciente para ppa60 y gpd (Figura 15).

En la Figura 14 se identifican valores mayores a uno de la relación  $\Delta G_p/\Delta G$  en las primeras generaciones que indicarían un ligero efecto favorable de la selección natural sobre las variables relacionadas con el peso, el cual luego va disminuyendo en especial para ppa30 hasta tomar valores cercanos a cero.

La Figura 16.A muestra la evolución de los pesos y de los pesos ajustados de destete (30 días) y posdestete (60 días). La prueba de signos y calificaciones para datos apareados de Wilcoxon permitió contrastar los datos observados de 30 y 60 días con los valores estimados a partir del ajuste del modelo de von Bertalanffy, obteniéndose para todas las generaciones diferencias no significativas ( $p > 0.50$ ). Gráficamente, esto se evidencia en la coincidencia de las curvas (Figura 16 A).

No se utilizó el peso asintótico ya que el intervalo caracterizado abarcó desde los 15 a los 90 días solamente.

Asimismo, en la Figura 16.A se observa el comportamiento diferencial, particularmente en las primeras generaciones, entre los valores de peso a los 30 y 60 días. En el caso del peso a los 30 días se observa un pequeño aumento en las primeras generaciones que luego se revierte, estas pequeñas diferencias no son significativas. Las variaciones en el peso a los 60 días coinciden con el incremento de la tasa de crecimiento en las primeras generaciones y a partir de la cuarta generación los ppa60 y las tasas se mantienen más o menos constantes (Figura 16.B).

La Figura 17 muestra las curvas de crecimiento entre los 15 y 90 días ajustadas para cada una de las generaciones estudiadas. A los 15 días, las curvas parten del mismo punto inicial, pero al llegar a los 90 días se separan, aumentando las diferencias entre las generaciones que ya se habían evidenciado a los 60 días.

## **VI. ESTRATEGIA DE PRODUCCION**

### **VI.1. Introducción**

Como ya se mencionó, el peso relativo de los caracteres de interés económico en la producción de carne en conejos de un determinado establecimiento depende de la variabilidad de la población y de las relaciones y asociaciones genéticas entre los caracteres que se encuentran involucrados de manera directa o indirecta en ella.

La producción puede medirse con distintos indicadores. Pero si además de medirla, se desea realizar comparaciones entre individuos o establecimientos no se pueden utilizar unidades elásticas (40), por ejemplo cantidad de animales o kilogramos producidos. Los valores obtenidos sin un anclaje común llevarán a tener mediciones no comparables entre sí.

Además, es necesario conocer si el aporte relativo de cada carácter justifica su inclusión en los indicadores, como así también, qué porcentaje de la variación total de ese indicador puede ser explicado por cada uno de ellos.

En algunas ocasiones las expectativas generadas por un plan de mejoramiento para incrementar la producción no se satisfacen al final del proceso. Esto puede deberse a que los caracteres involucrados que se intentan seleccionar tienen una escasa variación atribuible a la componente genética aditiva o están correlacionados negativamente entre sí. Se dispone de información acerca de los caracteres de prolificidad, sobrevivencia, fertilidad y peso en estudios realizados en otros países, por ejemplo España (4, 26). Sin embargo, no se encuentran con facilidad datos regionales.

Estudios preliminares permitieron conocer las relaciones entre estos caracteres a través del estudio de sus correlaciones fenotípicas como así también algunas estimaciones de heredabilidades a partir del análisis de grupos familiares (27, 28).

Diversos autores (27, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49) estudiaron el efecto de componentes ambientales tales como época del año y manejo reproductivo, poniendo en evidencia la importancia de considerar estos efectos en el análisis conjunto de las variables que se desean mejorar.

Existe poca información acerca de los valores de heredabilidad referidos a las variables relacionadas con la fertilidad y prolificidad (29). Piles *et al*, (2005) (21) afirman que la fertilidad femenina evaluada en términos de efectividad (relación parto/servicio) podría ser incluido dentro de planes de mejoramiento pero dado su baja heredabilidad sólo cabría esperar resultados limitados.

En este capítulo se analiza el aporte de cada uno de los caracteres estudiados a la variabilidad fenotípica total y a la producción de carne, la estructura de las relaciones entre ellos, sus heredabilidades y correlaciones genéticas.

## **VI.2. Materiales y Métodos**

### **VI.2.1. Componentes principales y coeficientes de paso**

La contribución relativa de los caracteres de prolificidad, fertilidad, sobrevida y peso a la variabilidad fenotípica total se realizó mediante un Análisis de Componentes Principales.

El Análisis de Componentes Principales permite reemplazar las variables iniciales por variables no correlacionadas y disminuir el número de variables a considerar, con el fin de estudiar la variabilidad en un espacio de menores dimensiones e interpretar a las componentes más importantes (51, 52, 53). Estas componentes, funciones lineales de las variables originales, se definen como:

$$Y_i = w_{i1}X_1 + w_{i2}X_2 + \dots + w_{ik}X_k$$

siendo  $i = 1, 2, \dots, k$

$k$  el número original de variables.

Se obtienen tantas componentes como variables se incorporen en el análisis, sin embargo, sólo se utilizan aquellas que explican los mayores porcentajes de la variabilidad total.

En el Análisis de Componentes Principales se incluyeron los siguientes caracteres: número de partos, eficiencia al servicio, tamaño de camada nacida total, viva y destetada, supervivencia perinatal y predestete peso ajustado a los 30 y 60 días e intervalo entre partos.

Según Upton (1989) (54), la productividad siempre se puede representar por un cociente donde el numerador indica un producto y el denominador un factor limitante. En base a esta definición, una forma de evaluar la productividad o performance de una coneja destinada a la producción de carne es a partir de la cantidad de kg faenados (producto) por unidad de tiempo (factor limitante).

Entonces, un estimador posible de productividad se puede calcular a partir de los gramos de conejo a los 60 días producidos por hembra en relación al tiempo transcurrido para producirlos. El peso a los 60 días se tomó como indicador del peso de faena con el fin de no extrapolar datos ya que la faena se realizó entre los 65 y 95 días. El tiempo se calculó considerando los días transcurridos entre el primero y último parto más una constante (30 días) que corresponde a la primera gestación.

$$P_i = \frac{\sum pa60}{(f_{up} - f_{pp}) + 30}$$

siendo  $P_i$ : productividad de la i-ésima hembra

$f_{up}$ : fecha del último parto

$f_{pp}$  fecha del primer parto

Este estimador de productividad fue considerado como una función de las variables número de partos (como indicador de longevidad), tamaño de camada nacida total, viva y destetada, eficiencia al servicio, supervivencia perinatal y predestete, peso ajustado a los 30 días (como peso al destete), peso ajustado a los 60 días e intervalo entre partos. Se realizó un Análisis de Regresión Múltiple con el fin de probar si las variables incluidas en el modelo tienen efecto significativo sobre la productividad:

$$P_i = \beta_0 + \beta_1 np + \beta_2 efi + \beta_3 tct + \beta_4 tcv + \beta_5 tcd + \beta_6 SPe + \beta_7 Spred + \beta_8 ppa30 + \beta_9 ppa60 + \beta_{10} ep + e_i$$

donde:  $P_i$ : productividad de la i-ésima hembra

$\beta_j$ : coeficiente de regresión parcial de P en la j-ésima variable X

$e_i$ : error aleatorio de la i-ésima hembra

Con las variables seleccionadas en el Análisis de Regresión Múltiple se realizó un análisis de Coeficientes de Paso (53), para estimar, de manera independiente, los efectos directos e indirectos de cada una de las variables sobre la productividad.

Las contribuciones directas de cada una de las variables respecto del indicador estimado se calcularon mediante del coeficiente de paso (cpd) a partir del coeficiente de regresión parcial estandarizado:

$$\mathbf{cpd}_{yxi} = \beta_i (\sigma_{xi} / \sigma_{Pp})$$

siendo:

$\beta_i$  : coeficiente de regresion parcial de la i-ésima variable independiente

$\sigma_{xi}$  : desvío estándar de la i-ésima variable independiente

$\sigma_{Pp}$  : desvío estándar de la variable dependiente

Las asociaciones directas entre las variables representadas por los coeficientes de correlación establecen los caminos posibles que permiten considerar las contribuciones indirectas (cpi) al conectar pares de variables.

$$\mathbf{cpi} = 2 \sum \sum \mathbf{cpd}_{pxi} \rho_{ij} \mathbf{cpd}_{pxj}$$

siendo

$cpd_{pxi}$  : coeficiente de paso directo de la i-ésima variable independiente

$\rho_{ij}$  :coeficiente de correlación entre la i-ésima y la j-ésima variables independientes

$cpd_{pxj}$ : coeficiente de paso directo de la j-ésima variable independiente

Finalmente, las hembras se ordenaron de menor a mayor productividad y se conformaron cuatro grupos de igual número. Para cada uno de los caracteres que más peso tuvieron en la explicación de la variabilidad fenotípica y de la productividad se realizó un Análisis de la Varianza con el propósito de probar si existían diferencias entre las medias de los grupos constituidos por niveles de productividad. Se graficaron los promedios estandarizados de cada carácter para los cuatro grupos.

### **VI.2.2. Estimaciones de la heredabilidad de los caracteres**

Se estimaron los valores de heredabilidad para cada uno de los caracteres estudiados a través de los coeficientes de regresión de hijas sobre madres y se compararon con las estimaciones obtenidas a partir de un modelo animal.

*-por regresión*

Se calcularon las regresiones de hijas sobre madres correspondientes a las siguientes variables (34): intervalo entre partos (iep), tamaño de camada nacida total (tct), tamaño de camada nacida viva (tcv), tamaño de camada destetada (tcd), peso promedio ajustado a 30 días (ppa30), peso promedio ajustado a 60 días (ppa60) y también coeficientes tales como supervivencia perinatal (SPe) y predestete (SPred).

$$h^2 \pm S_b = 2 ( b \pm S_b )$$

Asimismo se calculó la heredabilidad realizada como el coeficiente de regresión entre las respuestas a la selección acumuladas ( $R_{ac}$ ) y los diferenciales de selección acumulados ( $DS_{ac}$ )

*-por modelo animal*

Se estimaron las componentes genéticas aditivas y las correlaciones genéticas entre los caracteres de prolificidad, aptitud y sobrevivida mediante el procedimiento DXMUX de REML (55, 56, 57) a partir de la formulación del modelo animal del tipo

$$Y = \chi b + Z d + \varepsilon$$

siendo: **Y**: vector de observaciones de los caracteres

**$\chi$** : matriz de incidencia de los efectos fijos

(generación - mes - año)

**Z**: matriz de incidencia de los efectos genéticos aditivos

**b**: vector de efectos fijos

**d**: vector de efectos genéticos aditivos

**$\varepsilon$** : vector de efectos residuales

Para el peso se utilizó un modelo animal con efecto materno interpretado por la siguiente expresión:

$$Y = \chi b + Z_1 d + Z_2 m + \varepsilon$$

siendo: **Y**: vector de observaciones del carácter peso

**$\chi$** : matriz de incidencia de los efectos fijos

(generación - mes - año - tcd)

**$Z_1$** : matriz de incidencia de los efectos genéticos aditivos

**$Z_2$** : matriz de incidencia de los efectos genéticos maternos

**b**: vector de efectos fijos

**d**: vector de efectos genéticos aditivos

**m**: vector de efectos genéticos maternos

**$\varepsilon$** : vector de efectos residuales

Una vez estimadas las heredabilidades y correlaciones genéticas se calcularon las respuestas correlacionadas esperadas para los caracteres asociados (tct y tcv) al carácter seleccionado (tcd) a partir de la siguiente expresión (15):

$$CR_Y = i h_x h_y r_A \sigma_y$$

siendo  **$CR_Y$** : respuesta correlacionada en el carácter y

**i**: intensidad de selección

**$h_x$** : raíz cuadrada de la heredabilidad del carácter x

**$h_y$** : raíz cuadrada de la heredabilidad del carácter y

**$r_A$** : correlación genética aditiva entre los caracteres x e y

**$\sigma_y$**  : desvío estándar del carácter y

### VI.3. Resultados

#### VI.3.1. Estructura de las relaciones fenotípicas entre prolificidad, aptitud y peso

A partir del Análisis de los Componentes Principales se detectó que las cinco primeras componentes explican el 83,5 % de la variabilidad fenotípica:

En la Tabla 17 se pueden identificar los coeficientes de los caracteres en cada una de las componentes y la proporción de la variabilidad total explicada por ellas.

Tabla 17: Componentes Principales: Coeficientes de los caracteres en cada componente y variabilidad atribuible a cada una de ellas

	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>
<b>np</b>	0.07	0.16	-0.37	0.31	<b>0.83</b>
<b>efi</b>	-0.07	-0.20	<b>-0.62</b>	0.03	-0.28
<b>tct</b>	<b>0.47</b>	-0.27	-0.08	0.11	0.04
<b>tcv</b>	<b>0.53</b>	-0.09	-0.07	0.25	-0.12
<b>tcd</b>	<b>0.47</b>	0.34	0.14	0.16	0.06
<b>SPe</b>	-0.30	0.36	-0.01	0.38	-0.33
<b>Spred</b>	0.11	<b>0.58</b>	0.27	-0.45	0.19
<b>ppa30</b>	0.35	0.21	0.11	0.38	0.10
<b>ppa60</b>	-0.16	0.36	0.24	<b>0.49</b>	-0.18
<b>iep</b>	0.09	-0.29	<b>0.55</b>	0.27	0.18
<b>% variancia explicada</b>	31.46	16.66	16.23	10.53	8.60

<b>% variancia acumulada</b>	31.46	48.12	64.35	74.88	83.54
np: número de partos, tct: tamaño de camada nacida total, tcv: nacida viva y tcd: destetada, spe: supervivencia perinatal y spred: predestete, ppa30: peso a los 30 días y ppa60: a los 60 días, iep: intervalo entre partos					

En la primera componente tienen mayor peso las variables de prolificidad, en la segunda la sobrevivencia predestete, en la tercera la fertilidad, en la cuarta el peso a los 60 días y en la quinta la longevidad.

En síntesis, las variables que más aportan a la variación fenotípica general son aquellas relacionadas con prolificidad y luego, en un orden decreciente, sobrevivencia predestete, fertilidad y peso de 60 días.

A partir del Análisis de Regresión Múltiple, las variables identificadas como principales determinantes de la productividad y las estimaciones de los respectivos coeficientes de regresión fueron:

$$P = -203.2 + 1.96np + 31.6efi + 19.09tct + 202SPred + 0.07ppa60 - 1.75 iep$$

Estas variables explicaron el 83 % de la variabilidad de la productividad, siendo el Análisis de Variancia del modelo indicado altamente significativo (F: 156.83,  $p < 0.001$ ). Los desvíos estándar y los significados de los coeficientes de regresión se encuentran en la Tabla 18.

Tabla 18: Coeficientes de regresión estimados

Efecto	$\beta \pm S$	t	P
np	1.96±0.37	5.27	<0.001
efi	31.6±11.4	2.77	<0.006
tct	19.09±1.1	17.34	<0.001
SPred	202±9.7	20.81	<0.001
ppa60	0.07±.008	8.86	<0.001
iep	-1.75±0.17	-10.32	<0.001

np: número de partos, efi: eficiencia al servicio, tct: tamaño de camada total, SPred: supervivencia predestete, ppa60: peso a los 60 días, iep: intervalo entre partos

En la tabla 19 pueden observarse los coeficientes de correlación entre las variables estudiadas y también los aportes directos e indirectos de cada una de ellas a la productividad estimados mediante los coeficientes de paso, para los caracteres que mayor peso tuvieron en la determinación de la productividad (P) según el Análisis de Regresión.

Tabla 19: Correlaciones (por encima de la diagonal) y coeficientes de paso directos(diagonal) e indirectos (por debajo de la diagonal)

	np	efi	tct	SPred	ppa60	iep
np	0.0259	0.2167***	0.1042	0.0039	-0.032	-0.159*
efi	0.0069	0.0099	-0.0933	-0.113	0.007	-0.497***
tct	0.0189	-0.0105	0.3185	-0.152*	-0.294***	0.1584*
SPred	0.0008	-0.0150	-0.1138	0.4419	0.1452*	-0.071
ppa60	-0.0029	0.0004	-0.0927	0.0540	0.0782	0.0613
iep	0.0186	0.0358	-0.0649	0.0343	-0.0124	0.1317

\* p<0.05 \*\* p<0.01 \*\*\* p<0.001

np: número de partos, efi: eficiencia al servicio, tct: tamaño de camada total, SPred: supervivencia predestete, ppa60: peso de 60 días, iep: intervalo entre partos

A partir de estos datos puede observarse que la suma de los efectos directos es 1.0061 mientras que la suma de los efectos indirectos es -0.1425.

Los efectos directos de cada una de las variables sobre la productividad total ponen en evidencia la importancia de la prolificidad y de la sobrevida predestete, mientras que longevidad y eficiencia tienen valores cercanos a cero.

Los efectos indirectos más importantes son negativos para los cpi calculados entre tct-Spred, tct-ppa60 y tct-iep, y se corresponden con valores de correlación significativos entre esas mismas variables. Sin embargo, esto no se observa entre otras variables con valores de correlación similares entre ellas, ya que los aportes indirectos entre Spred-ppa60 y efi-iep son positivos pero muy pequeños, y entre np-efi y np-iep son cercanos a cero.

En la Tabla 20 se presentan los promedios para los cuatro grupos productivos de los caracteres de prolificidad, fertilidad, sobrevida y peso que mayor peso tuvieron en la explicación de la variabilidad fenotípica según los resultados del Análisis de Componentes Principales.

Tabla 20: Promedios de los caracteres de prolificidad, fertilidad, sobrevida y peso para los cuatro grupos productivos.

carácter	Grupos productivos			
	1	2	3	4
np	5.18 a	6.53 a	6.58 a	9.11 b
efi	0.68 a	0.70 ab	0.73 ab	0.77 b
tct	7.17 a	7.64 ab	8.16 bc	8.51 c
tcv	5.90 a	7.06 b	7.71 c	7.98 c
tcd	3.13 a	5.09 b	5.95 c	6.56 d
SPred	0.55 a	0.73 b	0.79 c	0.83 c

<b>ppa60</b>	1491 a	1541 ab	1584 b	1596 b
<b>iep</b>	53.78 a	48.91 b	46.96 b	41.52 c
np: número de partos, efi: eficiencia al servicio, tct: tamaño de camada nacida total, tcv: nacida viva, tcd: destetada, SPred: supervivencia predestete, ppa60: peso a los 60 días, iep: intervalo entre partos Letras diferentes en las filas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los grupos				

Se observa que los dos promedios de prolificidad y sobrevivencia se incrementan conjuntamente con la productividad para los tres primeros grupos, estabilizándose para el cuarto con valores que no difieren significativamente de los del tercer grupo. En las Figuras 19, 20, 21 y 22 se representan los valores medios estandarizados de productividad comparados con los valores estandarizados de los caracteres de prolificidad, sobrevivencia, fertilidad y peso respectivamente. Los valores estandarizados para fertilidad y peso se mantienen cercanos a la media para los cuatro grupos con una ligera pendiente positiva.

### **VI.3.2. Asociaciones genéticas y heredabilidades**

En la Tabla 21 se observan los valores de la heredabilidad estimados por regresión comparados con estudios realizados por otros autores. Los datos que provienen de la bibliografía resultan de interés relativo dada la amplitud de los valores que se asignan a algunas heredabilidades, por ejemplo, para ppa60 el rango de valores es de 0.03 a 0.72.

Tabla 21. Comparación de estimaciones de heredabilidad en conejos

Variable	Bibliografía Baselga <i>et al</i> (1996) (26)	Valores calculados en el presente trabajo <b>2b ± 2 x S(b)</b>
<b>tct</b>	0.10 a 0.20 0.22 a 0.37	0.14 ± 0.14
<b>tcv</b>	0.04 a 0.21 0.17 a 0.28 0 a 0.14	0.05 ± 0.16
<b>tcd</b>	0.04 a 0.19	0.14 ± 0.16
<b>SPe</b>		0.05 ± 0.18
<b>SPred</b>		0.21 ± .018
<b>iep</b>	0.01 a 0.10	0.16 ± 0.16
<b>ppa30</b>	0.06 a 0.10 0.21 a 0.47	0.34 ± 0.14
<b>ppa60</b>	0.17 a 0.19 0.03 a 0.72	0.58 ± 0.16
tct: tamaño de camada nacida total, tcv: nacida viva y tcd: destetada, SPe: sobrevida perinatal y SPred: predestete, iep: intervalo entre partos, ppa30: peso de 30 días y ppa60: peso de 60 días		

La heredabilidad realizada calculada a partir de las regresiones de Rac en DSac para tct y tcv dio valores cercanos a cero mientras que, para tcd, se observó una tendencia negativa, sin embargo, en todos los casos las pendientes fueron no significativas.

La Tabla 22 muestra los valores de heredabilidad estimados por REML (55, 56) para los caracteres de prolificidad, fertilidad y sobrevida correspondientes al primero y segundo parto. Los valores de heredabilidad calculados por regresión se

asemejan a los valores obtenidos para el primero y segundo partos estimados por modelo animal (Tablas 21 y 22).

Tabla 22: Valores de heredabilidad por parto para caracteres de prolificidad, sobrevida y aptitud

Variables	p1	p2
<b>tct</b>	0.15	0.25
<b>tcv</b>	0.13	0.16
<b>tct</b>	0.16	0.08
<b>SPe</b>	0.08	0.09
<b>SPred</b>	0.24	0.24
<b>iep</b>		0.12
p1: primer parto, p2: segundo parto tct: tamaño de camada nacida total, tcv: nacida viva, tcd, destetada, Spe: supervivencia perinatal, SPred: predestete, iep: intervalo entre partos		

La Tabla 23 presenta los componentes de la variancia y las heredabilidades directa y materna, estimados por REML, para los pesos a 30 y 60 días ajustados por tamaño de camada.

Tabla 23: Componentes de la variancia y heredabilidades para pesos ajustados por tamaño de camada

Variables	$\sigma^2_f$	$\sigma^2_a$	$h^2_a$	$\sigma^2_m$	$h^2_m$
<b>pa30</b>	14817	4856	0.33±0.06	4242	0.29±0.04
<b>pa60</b>	81929	18327	0.22±0.06	16579	0.20±0.03
$\sigma^2_a$ : variancia genética aditiva directa, $\sigma^2_m$ : variancia genética materna, $\sigma^2_f$ : variancia fenotípica, $h^2_a$ : heredabilidad directa y $h^2_m$ materna, pa30: peso a los 30 y pa60: 60 días					

Al analizar la heredabilidad de los caracteres de crecimiento con un modelo con efecto materno, puede observarse que la  $h^2_a$  de pa30 da un resultado similar al obtenido anteriormente por regresión al que se suma la  $h^2_m$ . Mientras que el valor de  $h^2_a$  para pa60 se reduce considerablemente con respecto al estimado por regresión.

En la Tabla 24 pueden observarse los valores de las correlaciones genéticas entre tct, tcv, tcd, SPe, SPred e iep. Se destacan los altos valores para tct-tcv (0.96) y tcv-tcd (0.76). Spe tiene valores positivos pero bajos con tct, tcv e iep, mientras que con tcd y SPred son superiores a 0.85. Las correlaciones genéticas entre iep y tct, tcv, SPe y tcd son moderadas y positivas, mientras que con SPred tiene un valor negativo.

Tabla 24: Correlaciones genéticas entre caracteres de prolificidad, sobrevida y aptitud

<b>Caracteres</b>	<b>tct</b>	<b>tcv</b>	<b>SPe</b>	<b>tcd</b>	<b>SPred</b>
<b>tcv</b>	0.96				
<b>SPe</b>	0.12	0.39			
<b>tcd</b>	0.56	0.76	0.88		
<b>SPred</b>	-0.39	-0.13	0.86	0.54	
<b>iep</b>	0.58	0.58	0.39	0.53	-0.43
tct: tamaño de camada nacida total, tcv: viva, tcd: destetada, SPe: Supervivencia perinatal y SPred: predestete					

En la Tabla 25 se comparan las respuestas correlacionadas esperadas para tct y tcv con las respuestas observadas por generación, y sus respectivas sumatorias que corresponden a las respuestas acumuladas en el período estudiado.

Tabla 25: Respuestas correlacionadas esperadas y observadas para tamaño de camada total (tct) y viva (tcv)

Generación	tct		tcv	
	esperada	observada	esperada	observada
<b>G<sub>2</sub></b>	0.12	0.43	0.16	0.69
<b>G<sub>3</sub></b>	0.11	-0.23	0.16	0.03
<b>G<sub>4</sub></b>	0.05	0.30	0.07	0.27
<b>G<sub>5</sub></b>	0.06	0.05	0.08	-0.34
<b>G<sub>6</sub></b>	0.07	-0.33	0.11	-0.34
<b>G<sub>7</sub></b>	0.05	0.11	0.07	0.40
<b>Σ</b>	0.45	0.33	0.65	0.71

Aunque las respuestas correlacionadas tienen en todas las generaciones valores positivos, mientras que, las respuestas observadas oscilaron entre valores negativos y positivos, las respuestas correlacionadas y observadas acumuladas tanto para tct cuanto para tcv fueron similares.

## VII. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los caracteres relacionados con la aptitud, aún aquellos no incluidos en programas de selección de manera explícita, se encuentran sometidos a algún grado de presión de selección artificial, dado que los animales para ser retenidos en el sistema deberán, al menos, dejar descendencia viable y por lo tanto tener un umbral mínimo de productividad.

El carácter seleccionado (tcd) es un carácter íntimamente relacionado con la aptitud lo mismo que los caracteres asociados (tct y tcv). Entre los caracteres no seleccionados, fertilidad y sobrevida también tienen una estrecha relación con la aptitud. Por ello, se evaluaron las posibles presiones de selección natural y/o artificial que pudieran haberse producido en todos estos caracteres.

Al considerar la evolución de los promedios de los caracteres de prolificidad en el período estudiado se observaron oscilaciones recurrentes en tct, tcv y tcd que no permitieron establecer tendencias en ninguna de las tres variables (Tabla 3).

La selección a favor de estos caracteres se vio reflejada en los  $DS_{esp}$  y  $DS_{ef}$  que fueron positivos en todos los casos (Tablas 4 y 5). Estos diferenciales fueron mayores para tcv, relación que no debe atribuirse a un problema de escala dado que se mantuvo para los  $DS_{est}$ . Sin embargo, a pesar de los DS positivos, las respuestas a la selección (Tabla 7) alternaron entre valores positivos y negativos dando como resultado, luego de siete generaciones, promedios que no se diferencian de manera significativa de los del grupo fundador (Tabla 3).

Cabe destacar que al analizar los diferenciales y las respuestas acumulados no se observaron progresos que permitieran esperar aumentos significativos en el tiempo para tct y tcv. En el caso de tcd se observó una tendencia negativa a lo largo de las generaciones, a medida que aumentaba el DSac disminuía proporcionalmente la respuesta acumulada ( $b = -0,27$  n.s., Tabla 8). Asimismo, las respuestas

observadas acumuladas de los caracteres asociados no difieren de aquellas calculadas como respuestas correlacionadas esperadas.

A pesar de la persistente presión de selección no hubo pérdida de varianza fenotípica, esto podría atribuirse al efecto de componentes genéticas no aditivas, efectos ambientales o interacciones entre ambos que permitieran expresar fenotipos extremos y podría explicar en parte la falta de respuesta a lo largo del período seleccionado.

La persistencia de valores de  $DS_{ef}$  mayores a los respectivos  $DS_{esp}$  para tcd estaría indicando un efecto favorable de la selección natural, en el mismo sentido de la selección artificial, dentro del rango estudiado y en las condiciones de cría en las que los animales se encontraban. Para tct se registraron valores superiores de  $DS_{ef}$  en las generaciones 3 a 5. Contrariamente, los IDS cercanos a 1 para tcv indicarían un efecto neutro de la selección natural sobre este carácter.

La comparación entre los diferenciales de selección esperados estandarizados y los correspondientes IDS puso en evidencia la relación entre la presión de selección y el efecto de la selección natural que se ejerció sobre el proceso de selección artificial. Cuando los diferenciales de selección fueron pequeños, la selección natural actuó de manera favorable al sentido de la selección artificial. A medida que los diferenciales de selección aumentaron, los IDS disminuyeron hasta tomar valores cercanos a 1 mostrando que la selección natural tuvo un efecto neutro. Si bien, en la Figura 8 se observa un ajuste asintótico para el intervalo estudiado, dado que los valores de los  $DS_{est}$  apenas fueron superiores a 0.70, no se puede inferir a partir de extrapolaciones cuál hubiera sido la acción de la selección natural para  $DS_{est}$  mayores a 1.

La falta de respuesta a la selección artificial no se explicaría por la acción contraria de la selección natural ya que, en el intervalo estudiado, el efecto favorable de la selección natural fue disminuyendo hasta valores cercanos a uno, que indican un efecto neutro, pero no adoptó valores menores que uno, que señalarían una oposición de la selección natural al proceso de selección artificial llevado a cabo.

Según Falconer (1981) (15) las poblaciones están sujetas de manera constante a la selección natural que tiende a incrementar su aptitud, pero a pesar de esto las frecuencias génicas no cambian y la aptitud no se mejora, lo que estaría sugiriendo que no existe variancia genética aditiva para este carácter. Turner (17) sostuvo que la causa de la ausencia de variancia genética aditiva en la población se debe a que la selección natural ha actuado a favor de la aptitud desde el origen de la especie, raza o línea.

Siendo el tcd un carácter estrechamente relacionado con la aptitud, una interpretación posible de la falta de respuesta sería la ausencia de variancia genética aditiva.

Podría interpretarse que cuando la selección natural está actuando a favor de tct, como sucede en la generación 4 (Figura 7), lo está haciendo simultáneamente en forma contraria para el tamaño de camada viva aunque de manera moderada. Sin embargo, esta observación se contrapone con los valores de IDS para SPe en los que se verifica para esta generación valores superiores a 1.

Es interesante observar que cuando la selección natural actúa a favor del tamaño de camada total también lo hace a favor de la supervivencia perinatal. Se ve claramente en ambos una acción positiva por parte de la selección natural.

Parece evidente que la selección natural se mueve a favor del tamaño de camada nacida total y de manera conjunta con una mayor supervivencia perinatal como mecanismo que disminuye el costo de producir el nacimiento de individuos no viables. Sin embargo, para supervivencia predestete se observa una tendencia a disminuir el efecto favorable de la selección natural manifestando el límite ofrecido por las hembras en su capacidad de criar y destetar un mayor número de animales. En este caso, es el sistema de explotación el que permitió poner en evidencia esta relación ya que en los sistemas con limitación de número y nodrizaje podría aumentarse la productividad del establecimiento a partir de hembras que aumenten su tct y tcv sin pérdida de crías predestete.

Los promedios de los caracteres no seleccionados relacionados con fertilidad y sobrevivencia oscilaron alrededor de sus valores iniciales. Se produjo un acercamiento de la mediana del iep al valor mínimo posible de 34 días acompañado de un aumento de la variabilidad de este carácter (Tablas 9 y 10)

Los  $\Delta G_{p_n}$  de iep fueron menores que los  $\Delta G_n$ , es decir, al ponderar los diferenciales por la fertilidad se pone en evidencia que las hembras seleccionadas por mayor tamaño de camada tuvieron a su vez intervalos entre partos de menor duración. Sin embargo las correlaciones genéticas entre iep y tcd tuvieron valores positivos, es decir, a mayor tcd deberían ocurrir iep más prolongados ( $r_G$  tcd-iep : 0.53).

Para el resto de los caracteres de fertilidad y sobrevivencia no se encontraron posibles presiones de selección como consecuencia del manejo productivo del conejar ni tampoco dependencias de los  $\Delta F$  de los  $\Delta G_n$ .

Se observó un comportamiento errático de los cocientes entre  $\Delta G_{p_n}/\Delta G_n$  en las características relacionadas con la fertilidad, con alternancia de valores mayores y menores que 1 que no permitieron establecer una tendencia. Siendo estas características una limitante para la supervivencia de la especie y, más aún, para la producción, coincidiendo con Falconer (15) y Turner y Young (17), aunque se realizara de manera constante una ligera presión de selección en contra de animales estériles o subfértiles, no se observarían cambios por agotamiento de la variancia aditiva.

Es notable que, si bien el criterio de selección utilizado se enfocó sobre el tamaño de camada, se observaron variaciones en el peso a los 60 días y en la tasa de crecimiento en las generaciones que permiten describir su evolución a través de las curvas de crecimiento.

La expresión curva de crecimiento evoca la imagen de una curva sigmoidea que describe una secuencia de medidas de tamaño, usualmente el peso, en el tiempo. Cada componente del organismo, ya sea célula, tejido, órgano o todo el cuerpo, sigue un patrón de crecimiento genético influenciado por el ambiente en el cual se expresa. Así, para cualquier observación a un tiempo dado, la curva de crecimiento de un carácter, tal como peso del cuerpo, representará la suma de las curvas de crecimiento correspondientes a todos los componentes que contribuyen a ese carácter. La edad por sí misma no causa el aumento de peso pero provee oportunidad para que el potencial genético del individuo para crecimiento y maduración interactúe con el ambiente (58, 59).

Según Fabens (1965) (60) la tasa de crecimiento de peso de un animal puede pensarse como una diferencia entre la tasa anabólica y catabólica. Es natural asumir

que la tasa de destrucción de tejidos es más o menos constante de manera que la pérdida de peso en el animal debido al catabolismo será proporcional al peso del animal. Se puede asumir que la producción de tejido estaría limitada por la capacidad de respiración e ingestión y como consecuencia por el área de superficie tanto externa cuanto pulmonar, digestivo, etc. Así, si también se asume que la forma del animal no varía a medida que crece, la tasa de crecimiento anabólico sería proporcional al peso elevada a la potencia  $2/3$ .

Fitzhugh *et al*, (1976) (58) sugirieron que los parámetros estimados pueden estar afectados diferencialmente por las características particulares del grupo de datos a partir del cual son calculados, por lo cual, el modelo de elección deberá depender de la importancia de una buena estimación del peso asintótico y/o de la edad a la cual fueron observados los últimos pesos.

La curva de von Bertalanffy (61) ajusta los datos de crecimiento de una gran variedad de animales y es útil para propósitos descriptivos aunque también puede derivarse de un modelo que da significado fisiológico a los parámetros. La información obtenida de la estimación de estas curvas resume un conjunto de datos a través de pocos parámetros permitiendo describir el crecimiento posdestete de los conejos hasta la edad de faena.

El incremento de los pesos a los 60 días hasta la cuarta generación se debería al aumento de la tasa de crecimiento, que con pequeñas oscilaciones, se mantuvo constante a partir de la tercera generación. Los aumentos de los pesos de 60 días y de la ganancia de peso posdestete se dieron con  $\Delta G_n$  positivos y negativos. Durante las siete generaciones, los pesos promedios al destete fueron similares a los iniciales (Tabla 9).

El incremento de la tasa de crecimiento en conejos destinados a la producción de carne disminuye el tiempo necesario para lograr el peso de faena. Por lo cual resulta una variable sumamente importante en la ecuación económica del sistema productivo, ya que la permanencia de los animales en el establecimiento no sólo aumenta el consumo de alimento por individuo, sino también detiene el proceso de rotación de jaulas.

Si bien en este conejar no fue seleccionada, se observaron incrementos en la tasa de crecimiento a lo largo de las generaciones estudiadas las que partiendo de pesos al destete similares ven aumentados los pesos a los 60 días. La Figura 17 muestra las curvas de crecimiento ajustadas para cada generación.

La observación de los cocientes entre  $\Delta G_{p_n}/\Delta G_n$  para las características relacionadas con el peso muestra una ligera tendencia negativa a través del tiempo que podría interpretarse como una reducción del efecto de la selección natural sobre esta característica.

Los incrementos de pesos logrados en las cuatro primeras generaciones de selección de madres podrían deberse a factores atribuibles al efecto fundador, debido al número reducido de hembras utilizadas en cada generación y a la importante componente aditiva de éste carácter.

En este conejar los valores obtenidos de heredabilidad variaron según el método de análisis utilizado pasando de 0.34 y 0.58 a 0.62 (0.33 efecto directo y 0.29 efecto materno) y 0, 42 (0.22 efecto directo y 0.20 efecto materno) para peso a los 30 y 60 días respectivamente (Tablas 21 y 23).

Diversos autores presentan valores de heredabilidad muy diferentes para variables relacionadas con el peso no solo son atribuibles a la metodología de

análisis sino también a la composición genética de los individuos objeto del estudio (4, 26, 27, 28, 29, 21,62).

Algunos autores (63, 64) sostienen que puede observarse un incremento del peso a los 70 días luego de cinco generaciones de selección fenotípica. La tasa de progreso genético por generación que obtuvieron fue de 1.3%, con valores bajos de heredabilidad y en algunos casos la respuesta fue menor a la esperada.

Otras investigaciones (65, 26) mostraron rangos de heredabilidad mayores sugiriendo que la selección por masa corporal podría ser exitosa para mejorar este rasgo.

De Paula *et al.* (1996) (66) establecieron que los valores de heredabilidad obtenidos en sus investigaciones acerca de los pesos de destete y de faena y la ganancia de peso en el período difieren de los publicados por otros autores (25, 67), por lo cual es necesario establecer parámetros propios para cada grupo en estudio y a partir de ellos diseñar los programas de selección a utilizar.

En este sentido, se trató de analizar la variabilidad fenotípica existente en este conejar y pesar cada uno de los caracteres de interés económico en cuanto a su contribución a la producción de carne, como información necesaria para el diseño de un plan de mejoramiento genético conjuntamente con las estimaciones de heredabilidad y de correlaciones genéticas.

Al considerar la estructura de las relaciones entre prolificidad, fertilidad, sobrevida y peso, cabe destacar que el carácter seleccionado fue el que mayor peso tuvo en la primera componente principal, la cual explicó el mayor porcentaje de la variabilidad fenotípica total. El 50% de la variación total se debió a las variaciones en prolificidad y sobrevida (Tabla 17).

Cada una de las características estudiadas, seleccionadas o no seleccionadas tiene un impacto particular sobre la productividad final y forman entre sí un entramado de relaciones que depende no solamente del carácter sino también de la población en estudio y el ambiente en el cual se han desarrollado.

Las variables que más aportaron a la explicación de la variabilidad fenotípica total también tuvieron aportes significativos a la productividad, según se desprende de los resultados de los Análisis de Componentes Principales y de Regresión Múltiple.

Aunque la productividad se vio mayormente influenciada por los efectos directos de las variables tct y Spred, los efectos indirectos que involucran las relaciones entre tct-Spred y tct-ppa60 tuvieron valores medios y negativos. La observación de la estructura de las variables explicaría en parte la estrategia de esta población en las relaciones entre prolificidad, sobrevivencia y peso. Las variables relacionadas con fertilidad se correlacionaron entre sí pero sus efectos indirectos fueron cercanos a cero. Aunque existió correlación significativa entre iep-tct, similar a la observada entre tct y Spred, el efecto indirecto observado por esa vía fue marcadamente menor.

La selección intensa de un carácter o conjunto de caracteres puede incrementar la productividad y simultáneamente deteriorar otros relacionados con la aptitud. Según Beilharz (1993) (11) los animales bajo selección artificial en un ambiente determinado distribuyen de manera óptima sus recursos entre los caracteres de importancia productiva y reproductiva. Esto implica que si hubiera un incremento en la performance de los caracteres seleccionados sin concurrencia de incremento en los recursos cabría esperar una disminución en los otros caracteres a

causa de una reasignación de recursos. Según van der Waaij *et al*, (2002) (68) el decrecimiento en estos caracteres dependerá de la razón en que los recursos sean asignados a la producción y la aptitud.

Oyarzábal y Rabasa (1995) (69) propusieron el seguimiento de la selección de un carácter de interés económico mediante indicadores agregados que incluyan caracteres productivos y reproductivos con el propósito de comprobar hasta qué punto es conveniente continuar con el proceso selectivo.

Diferentes caracteres pueden actuar de manera y grado diverso sobre la aptitud. Falconer (1981) (15) describió la relación funcional entre un carácter y la aptitud. Para este autor, existen caracteres neutros cuya variación no produce cambios en la aptitud, otros caracteres alcanzan un máximo para valores intermedios de la aptitud y, por último, algunos caracteres tienen una relación tal que a mayor valor del carácter mayor aptitud.

Análogamente, se analizó el juego de cada uno de los caracteres para diferentes niveles productivos. En las Figuras 18, 19, 20 y 21 puede observarse que tcd podría considerarse un carácter con mayor peso en la productividad, no neutro, ya que el perfil de sus valores estandarizados acompaña al perfil de productividad a lo largo de casi toda su distribución. Mientras que tct, tcv, Spe y Spred tienen valores óptimos para valores de productividad cercanos a la media, es decir, las hembras de mayor productividad tienen para estos caracteres promedios similares a la media general de la población. Por el contrario, los promedios para fertilidad y peso tienen una variación menor entre los grupos productivos con una pequeña tendencia positiva, con excepción del iep, que, por la relación inversa del carácter con la productividad, invierte la pendiente. Estas diferencias en las medias de los grupos

productivos para los distintos caracteres coinciden con el peso relativo del aporte de cada uno de ellos a la productividad total.

La domesticación de los animales conduce a que algunas características pierdan peso relativo en su aptitud, por ejemplo, la capacidad para esconderse o huir de predadores, y otras aumentan su importancia en el proceso selectivo (70). Price (1999) (71) sostuvo que la domesticación resulta mayormente en cambios cuantitativos y no cualitativos. Es decir, los caracteres de comportamiento no aparecen o desaparecen sino que su umbral de expresión se vería modificado.

Si el proceso de selección artificial hubiera sido más intenso tal vez se hubiera llegado a una relación inversa entre producción y aptitud (evaluada aquí por los caracteres de prolificidad, fertilidad y sobrevida) tal como ocurre en otras especies de interés económico o en modelos con animales de laboratorio (vacas, pollos, ratones, etc.) que presentan para valores de productividad intermedia la mayor aptitud.

O tal vez el escaso margen de variación de los caracteres de este conejar no permita reflejar distintas relaciones entre las variables productivas y la aptitud, o evidenciar diferentes estrategias genéticas de producción para animales de producciones extremas.

De lo expuesto surge que si bien puede observarse en las poblaciones de conejos variabilidad en los diversos caracteres de producción, un plan de selección que se lleve a cabo sin el conocimiento previo de la relación entre ellos y los componentes de esta variación, puede llevar a resultados neutros o no deseados aún después de varias generaciones sometidas a procesos selectivos.

La información disponible puede aportar líneas de trabajo a llevar adelante en el desarrollo de un programa de selección pero no podrá ser utilizada a menos que pueda verificarse la analogía de los parámetros utilizados respecto de la población en estudio, precisamente por la variabilidad genética existente entre las poblaciones.

## BIBLIOGRAFIA

1. LA BIBLIA. Versión Reina-Valera.1960, Salmo 8: 3-4,6-9
2. MANUAL DE CUNICULTURA. Asoc. Argentina de Criadores de Aves, Conejos y Abejas. Tomos I y II. Buenos Aires. 1988
3. MORTON, D.B. Behavior of rabbits and rodents. In: The ethology of domestic animals. Jensen, P. (Ed.), CABI Publishing, Wellingford, UK, 2002, 193-209. 577
4. BASELGA, I.M., y BLASCO, M.A. Mejora Genética del conejo de producción de carne. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. España. 1989
5. ROBINSON, D. Cría de conejos. Razas mundiales. Hispano-europea. 1983
6. LEBAS, F., COUDER, P., ROUVIER, R. y de ROCHAMBEAU, H. El conejo. Cría y Patología. FAO. Roma. Italia. 1992
7. DIPAGA. Rabbit House. [com.ar](http://com.ar) 2004
8. GARRA, F. y LUCIANO C. Perspectivas de la producción de carne en el país INTA Paraná. [www.INTAparaná.com.ar](http://www.INTAparaná.com.ar). 2004
9. IICA Argentina Desempeño y perspectivas favorables para las exportaciones argentinas de carne de conejo. [www.exportar.org.ar](http://www.exportar.org.ar) 2005
10. PRICE, E.O. Behavioral aspects of animal domestication. Q. Rev. Biol. 1984 59, 1-32. 582
11. BEILHARZ, R.G., LUXFORD, B.G., WILKINSON, J.L. Quantitative genetics and evolution: is our understanding of genetics sufficient to explain evolution? J. Anim. Breed. Genet.1993, 110, 161-170. 457
12. RAUW, W.M., KANIS, E., NOORDHUIZEN-STASSEN, E.N., GROMMERS, F.J. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals, a review. Livestock Production Science 1998, 56 15-33

13. BASELGA I. M. y TORRES, C. Estrategia y organización de la mejora del conejo de carne. Cunicultura. Vol XVIII. Barcelona. España. 1993
14. OROZCO PIÑAN, F. Zootecnia, bases de la producción animal. Tomo IV, Capítulo 1. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 1995
15. FALCONER, D. S. Introducción a la Genética Cuantitativa. CECSA. 1986
16. SELZER, D. JAUKER, F., HOY, S. Comparative studies of suckling behaviour in wild and domestic rabbits. KTBL-Schrift 391, 187-194. 2000
17. TURNER y YOUNG Quantitative Genetics in Sheep Breeding. Cornell U. Press. New York. 1969
18. LIU, G., DUNNINGTON, E.A., SIEGEL, P.B. Correlated responses to long-term divergent selection for eight-week body weight in chickens: growth, sexual maturity, and egg production. Poultry Sci. 1995, 74, 1259-1268
19. TEN NAPEL, J., JOHNSON, R. Genetic relationships among production traits and rebreeding performance. J. Anim. Sci. 1997, 75, 51-60
20. PRYCE, J.E., VEERKAMP, R.F., THOMPSON, R. HILL, W.G., SIMM, G. Genetic aspects of common health disorders and measures of fertility in Holstein Friesian dairy cattle. Anim. Sci. 1997, 65, 353-360
21. PILES, M., RAFEL, O., RAMON, J. and, VARONA, L. Genetic parameters of fertility in two lines of rabbits with different reproductive potential. J. Anim. Sci. Vol 2005, 83: 340-343
22. POUJARDIEU, B., BRUN, J.M., DUZERT, R. ROUVIER, R. MATHERON, G. ROCHAMBEAU, H. Amélioration de la prolificité de la lapine. Expériences de sélection a long terme. Gente. Sél. Evol. 1998

23. GOMEZ, E.A., BASELGA, M., CIFRE, J. The influence of genetic diversity between parities in selection for litter size in rabbits. 5th World Congreso on Genetics Applied to Livestock Production 1994, 19:253-256
24. ROUVIER, R. L'amélioration génétique du Lapin de Chair par selection et croisement: une syntèse de résultats sur le progrès génétique pour la taille de la portée et la vitesse de croissance post sevrage. I.T.E.A. Producción Animal. 1991, Vol 87<sup>a</sup> (2-3): 199-209
25. FERRAZ, J.B.S., ELER, J.P. Comparison of animal models for estimation of variant components and genetic parameters of reproductive, growth and slaughter traits of California and New Zealand rabbits raised under tropical conditions. 6th World Rabbit Congress. 1996, 2:279-284. Toulouse
26. BASELGA, M., SANTACREU, M.A., ARGENTE, M.J., CIFRE, P. Genética y selección del conejo de carne. Bases de la Producción Animal. Tomo X. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 1996
27. ANTONINI, A.G., MURO, M.G. y LACCHINI, R. Análisis de factores genéticos y ambientales que afectan el peso de faena en conejos para carne. Actas XXV Congreso Argentino de Genética. 1994, pp 121
28. ANTONINI, A.G. y OYARZABAL, M.I. Heredabilidad de caracteres de interés productivo en conejos. VII Jornadas de la Facultad de Ciencias Veterinarias. UNR. Rosario, 2006, p 4
29. MOURA, A.S.A.M.T., COSTA, A.R.C. and POLASTRE, R. Variant components and response to selection for reproductive litter and growth traits through a multi-purpose index. World Rabbit Sci. 2001, 9: 77-86

30. RABASA de S.P., A., SAL PAZ, F., y RABASA, S.L. Estrategias genéticas de diferentes especies y razas de bovinos para carne en caracteres de producción. Mendeliana. 1984, Vol VI n°2.
31. DOBZHANSKY, T. Genetics of the evolutionary process. Columbia University Press. New York. 1970
32. LACCHINI, R., G. MANILLA, A. SOTO, P. DIOTTO y A. ANTONINI. Fertilidad en conejas cruce de acuerdo a la coloración de la mucosa vulvar. XVIII Congreso Argentino de Producción Animal. Rev. Arg. Prod. Animal 1994, Vol XIV, p 119
33. PRAYAGA K. C. and EADY, S. J. Performance of purebred and crossbred rabbits in Australia: doe reproductive and pre-weaning litter traits Australian Journal of Agricultural Research 2002, 53(9) 993 - 100
34. FALCONER, D. S. and T. F. C. MACKAY. Introduction to Quantitative Genetics. Longman. Fourth Edition. 1996
35. GOMEZ, E.A. y BLASCO. Growth curves of lines selected on growth rate or litter size. J. Appl. Rabbit Res. 1992, 15:872
36. MC NITT, J.L. y LUKEFAHR, S.D. Breed and environmental effects on postweaning growth of rabbits. J. Anim. Sci. 1993, 71:1996
37. LACCHINI, R, MANILLA, G. SOTO, A. DIOTTO, P. y ANTONINI, A.. Estandarización de pesos a los 70 días de edad en conejos para carne. R. XVIII Congreso Argentino de Producción Animal. Rev. Arg. Prod. Animal, 1994, Vol 14, p. 107-108
38. VON BERTALANFFY, L. Principles and Theory of Growth. Ed. Nowinski. Elsevier. 1960
39. SOKAL, R. y ROHLF, J. Biometría. H. Blume Ed., Madrid. 1979

40. GALLI, I.O. Reconversión de la empresa ganadera en el MERCOSUR. Rev. Arg. Prod. Anim. 1997, Vol 17 n°3: 183-189
41. YAMANI, K.A.O., DAADER, A.H., ASKAR A.A. Non-genetic factors affecting rabbit production in Egypt. Options mediterraneennes. Serie Seminaires, 1991, n° 17, 159-172
42. TORRES, C., BASELGA, M. GOMEZ, E. Effect of weight daily gain selection on gross feed efficiency in rabbits. J. Appl. Rabbit Res. 1992, 15:885-888
43. LACCHINI, R., ANTONINI, A., SAFIGUEROA, M., EIRIN, M., MURO, G., MANILLA, G., DIOTTO, P., CORDIVIOLA, C. Producción de conejas reproductoras de alta productividad para proveer a cunicultores. Actas II Jornadas de Extensión Universitaria, UNLP. 1995.
44. LACCHINI, R., S. CORVA, M. MURO, G. MANILLA, A.G. ANTONINI. Evaluacion de variables relacionadas con el destete para la intensificacion del manejo reproductivo en conejos. Actas I Congreso Internacional de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNLP, 1993, p RU 42
45. BEKYRECK, J. The effects of GnRH on the fertility of Angora rabbits in summer. Cahiers Options Méditerranéennes, 1998, Vol 41, 123-126..
46. GOMEZ E.A., BASELGA, M. RAFEL, O. GARCIA, M.L., RAMON, J. Selection, difusion and performances of six Spanish lines of meat rabbit, 2nd Internation Conference on Rabbit Production in Hot Climates. Cahiers Options Mediterraneennes, 1998, 41, 147-152
47. DALLE ZOTTE A. Main factors influencing the rabbit carcass and meat quality. Proc. 7th World Rabbit Congress, 2000, Vol A :507-537.

48. BELHADI, S. y BASELGA, M. 2003 Effets non génétiques directes sur les caracteres de croissance d'une lignée de lapin. 10èmes Journées de Recherche Cunicole, Paris, 2003
49. BELHADI, S. BOUKIR M. AMRIOU, L. Non genetic factors affecting rabbit reproduction in Algeria. World Rabbit Scie. 2002, Vol 10(3), 103-109
50. DAGNELIE, P. Analyse Statistique à plusieurs variables. Les Presses Agronomiques de Gembloux. A.S.B.L. Francia. 1977
51. NORMAN G.R. y STEINER, D.L. Bioestadística. Mosby-Doyma libros. 1996
52. ZAR, J.H. Bioestatistical Analysis. Cambridge University Press. New York. 1995
52. UPTON, M. Livestock productivity assessment and herd growth models. Agric. Systems 1989, 20. 149-164
53. WALSH, B.; LYNCH, M. Evolution and Selection of Quantitative Traits. 2000 <http://nitro.biosci.arizona.edu/>
54. MEYER, K., DFREML, User notes, 1998
55. MEYER, K. Wombat. A program for mixed model analices by restricted maximum likelihood. Animal Genetics and Breeding Unit. Armidale. 2006
56. MEYER, K. Digging deep for quantitative genetic analyses by restricted maximum likelihood. Proc. 8th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. 2006
57. FITZHUGH, H.A. Analysis of Growth curves and strategies for altering their shape. Journal of Animal Science, 1976, Vol, 42 n° 1036-1051
58. TANNER, J.M. Sequence and tempo in the somatic changes in puberty. In Grumbach, Grave and Meyer (Ed.) The control of the Onset of Puberty. John Wiley and Sons, New Cork. 1974

59. FABENS, A.J. Properties and fitting of the von Bertalanffy Growth Curve. *Growth*, 1965, pp.265-289.
60. BERTALANFFY, L, von. Principles and Theory of Growth, 1960, p.137-259 Ed. Nowinski, Ámsterdam.
61. HILL, W. G. Maintenance of quantitative genetic variation in animal breeding programmes. Review article. *Liv. Prod. Sci.* 2000, 63: 99-109.
62. LUKEFAHR, S.D., ODI, H.B. and ATAKORA, J.K.A. Mass Selection for 70 day body weight in rabbits. *J. Animal. Sci.* 1996, 74:1481-1489
63. ESTANY, J., CAMACHO, J. BASELGA, M. and BLASCO, A. Selection response of growth rate in rabbits for meat production. *Genet. Sel. Evol.* 1992, 24:527
64. MOURA A.S.A.M.T., KAPS, M., VOGT D.W. and LAMBERSON, W.R. Two-way selection for daily gains and feed conversión in acomposite rabbit population. *Journal of Animal Science*, 1997, 15:2344-2349
65. DE PAULA, M. G., FERRAZ, J.B., ELER, J.P. Estimativas de parâmetros genéticos para pesos em coelhos da Raça Califórnia. Estimados através de Modelos Animais. 1994- [www.sbz.org.br](http://www.sbz.org.br)
66. ROCHAMBEAU, H de, BOLET, G., TUDELA, P. Long term selection – Comparison of two rabbit strains. 5th World Congreso on Genetics Applied to livestock production. *Proceedings 1994*, V.20 p. 257-260
67. VAN DER WAAIJ, E.H., JANSS, L.L.G., BIJMA, P. A resource allocation model describing consequences of artificial selection under metabolic stress. *Proc. of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock*, Montpellier, 2002, 23, 11.

68. OYARZABAL, M. I. y RABASA, S. L. Selección divergente de peso en ratones con alta endocría seguida de 90 generaciones de cría libre. *Mendeliana* 1995, 10(2): 119 - 132.
69. MIGNON-GRASTEAU,S; BOISSY, A; BOUIX, J; FAURE , JM; FISHER, A; HINCH, G; JENSEN, P; NEINDRE, P; MORMEDE, P; PRUNET, P; VANDEPUTTE, M; BEAUMONT, C. Genetics of adaptation and domestication in livestock. *Livestock Production Science* 2005, 93: 3-14
70. PRICE, E.O. Behavioral development in animals undergoing domestication. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1999, 65, 245-271.

## **IX. ANEXO**

**Figura 1: Faena de conejos en miles de cabezas en los últimos años**

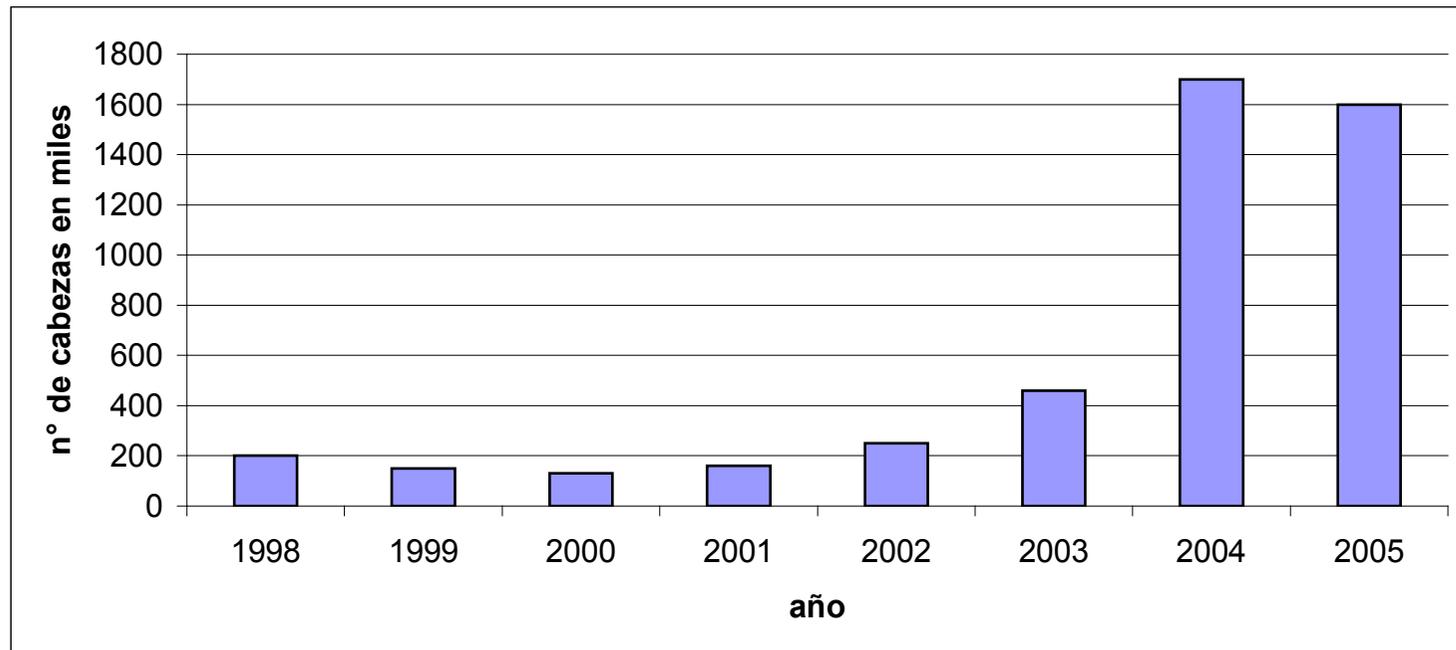
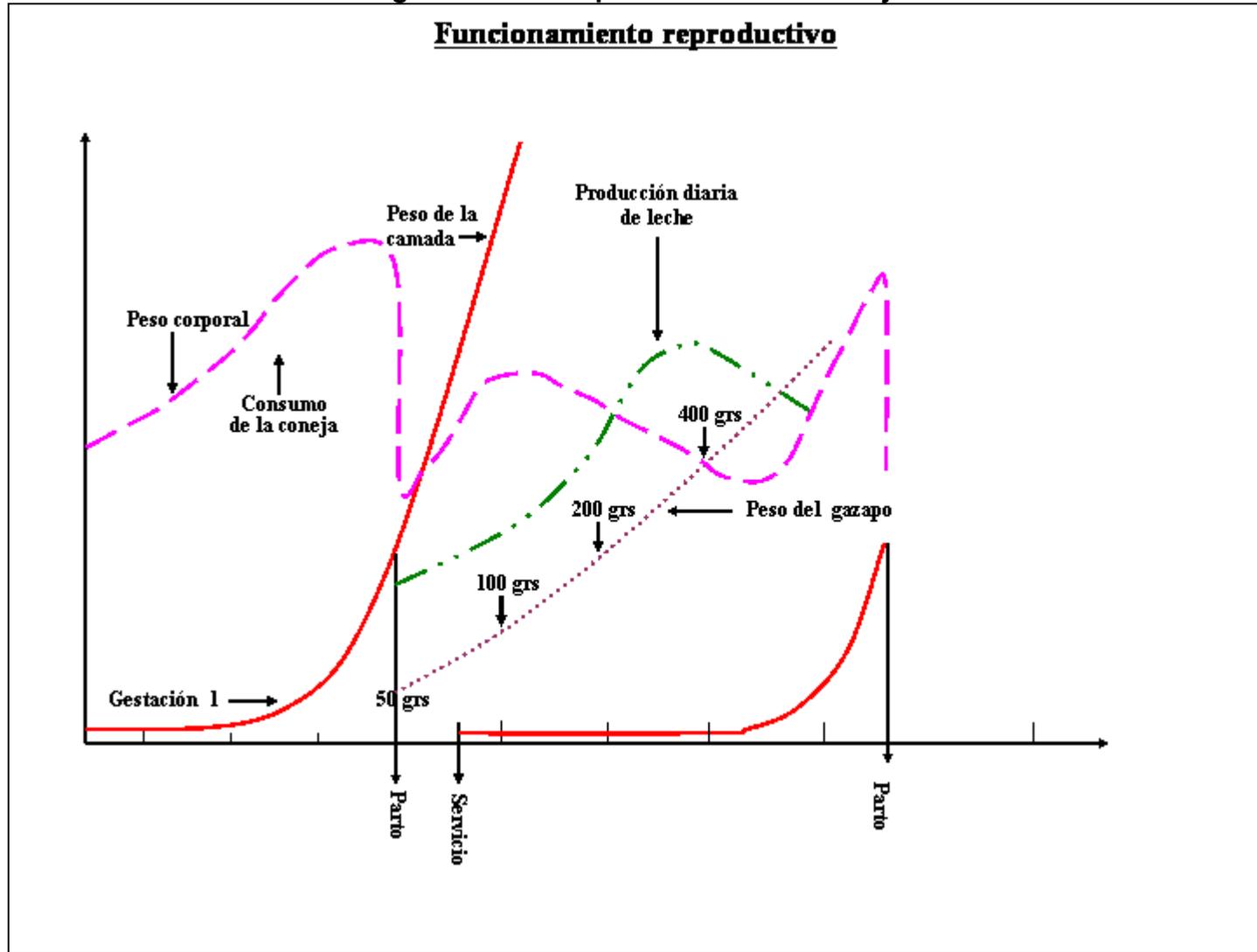


Figura 2: Ciclo reproductivo de la coneja









### Figura 5: ficha de madre

Hembra

Nº: 405

Jaula

Nº: 4

Padre: 66

Madre:68

Raza/color: Neozelandesa

Fecha de nacimiento u origen: 28-06-94

Servicio	Palp.	Parto	T' Gest.	NT	NV	NM	Dest.	Acum.	PTC	Peso ind.Prom.	Edad	Macho	Obs.
10-10-94	+	12-11-94	33	7	6	1	4	4	2,890	0,722	30	13	
18-11-94	+	21-12-94	33	5	4	1	4	8	3,210	0,802	29	187	
25-12-94	+	26-01-95	32	7	7	0	6	14	3,520	0,586	31	92	
30-01-95	Falló											13127	
17-02-95	+	22-03-95	32	6	6	0	6	20	3,760	0,626	28	13127	
27-03-95	+	28-04-95	32	6	6	0	6	26	4,040	0,673	28	187	
02-05-95	+	03-06-95	32	8	8	0	8	34	3,350	0,560	28	847	
08-06-95	Falló											762	
22-06-95	Falló											762	
12-07-95	+	13-08-95	32	7	7	0	6	40	3,890	0,648	28	187	
17-08-95	+	17-09-95	32	7	7	0						762	
21-09-95												13127	



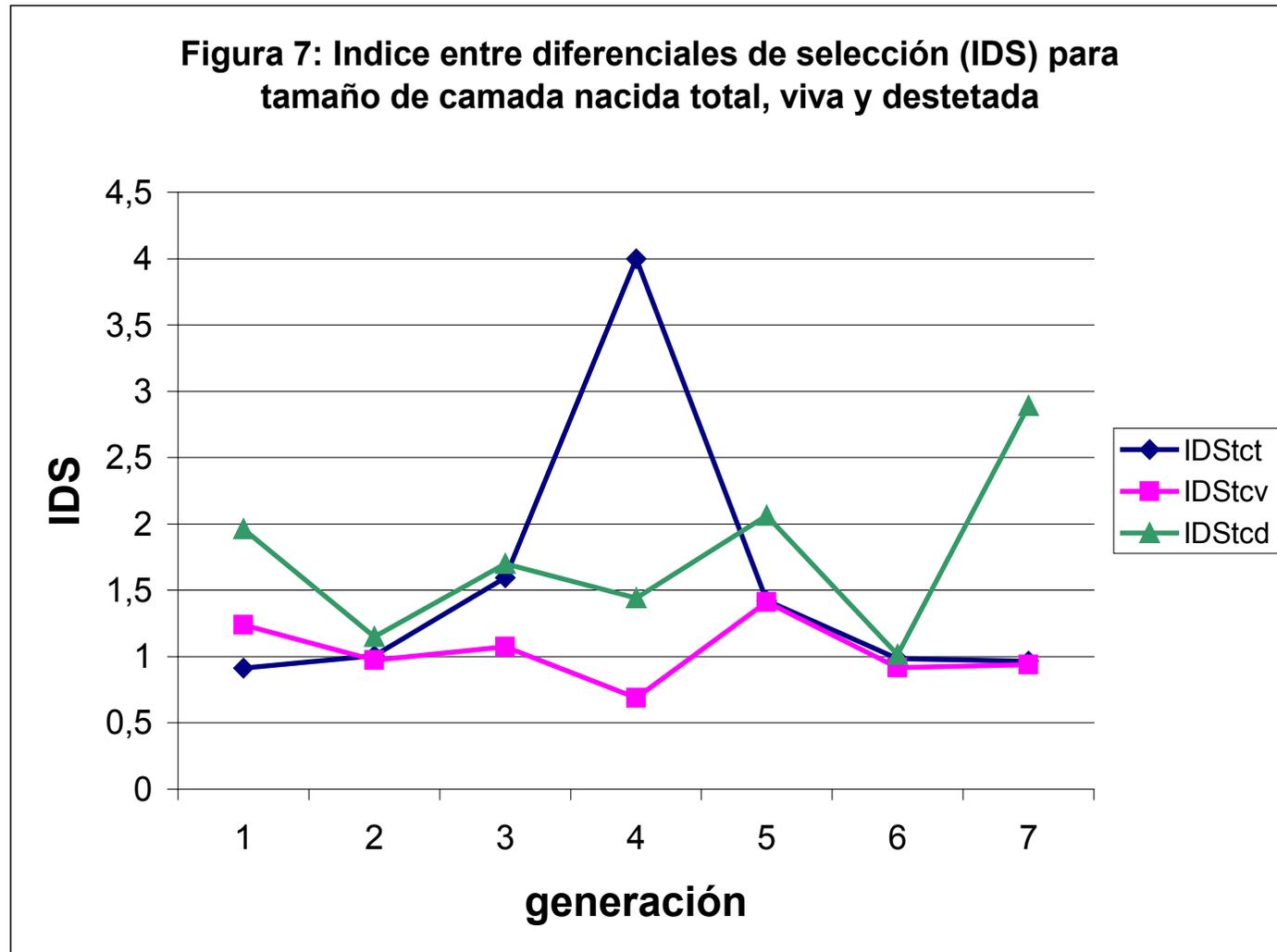
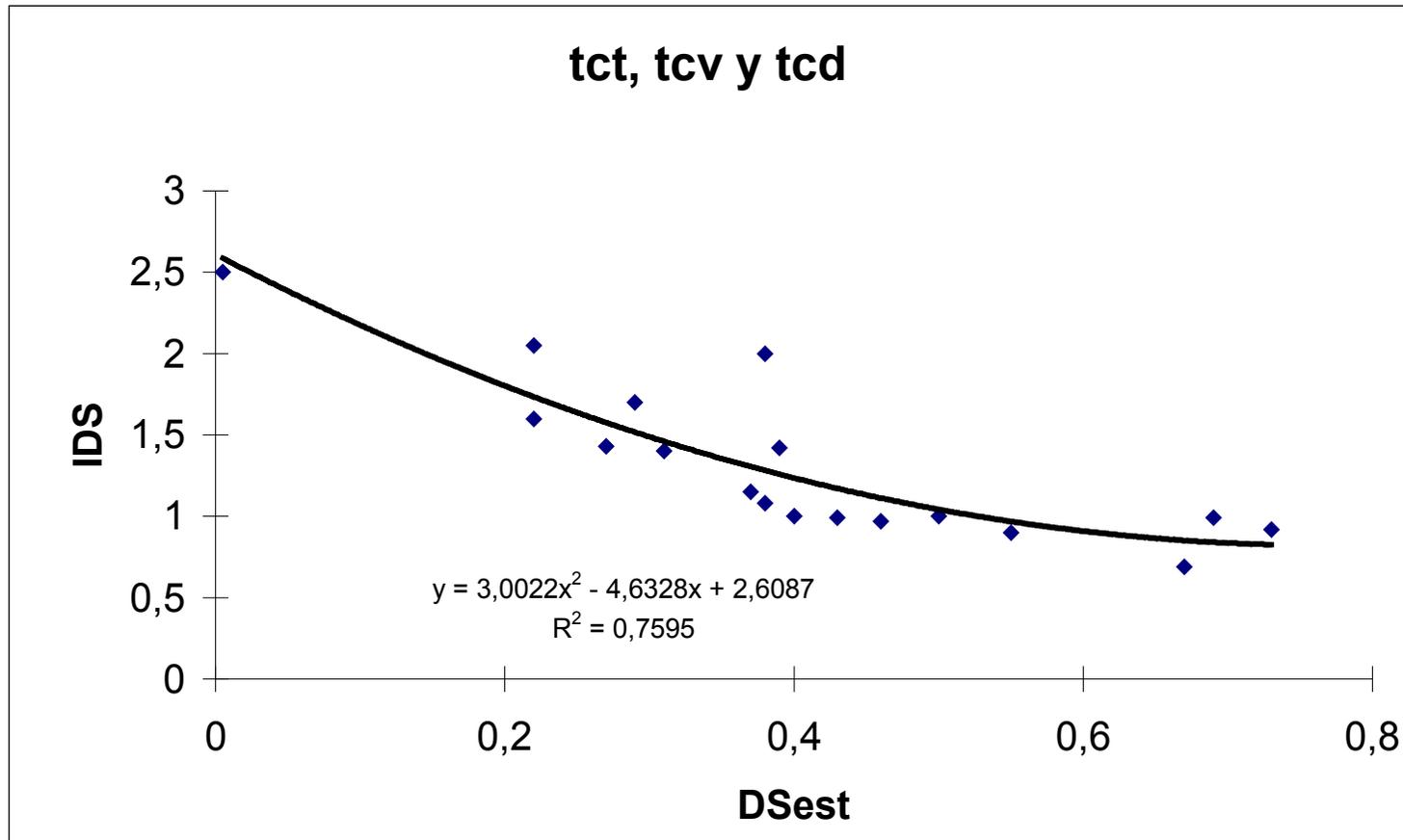
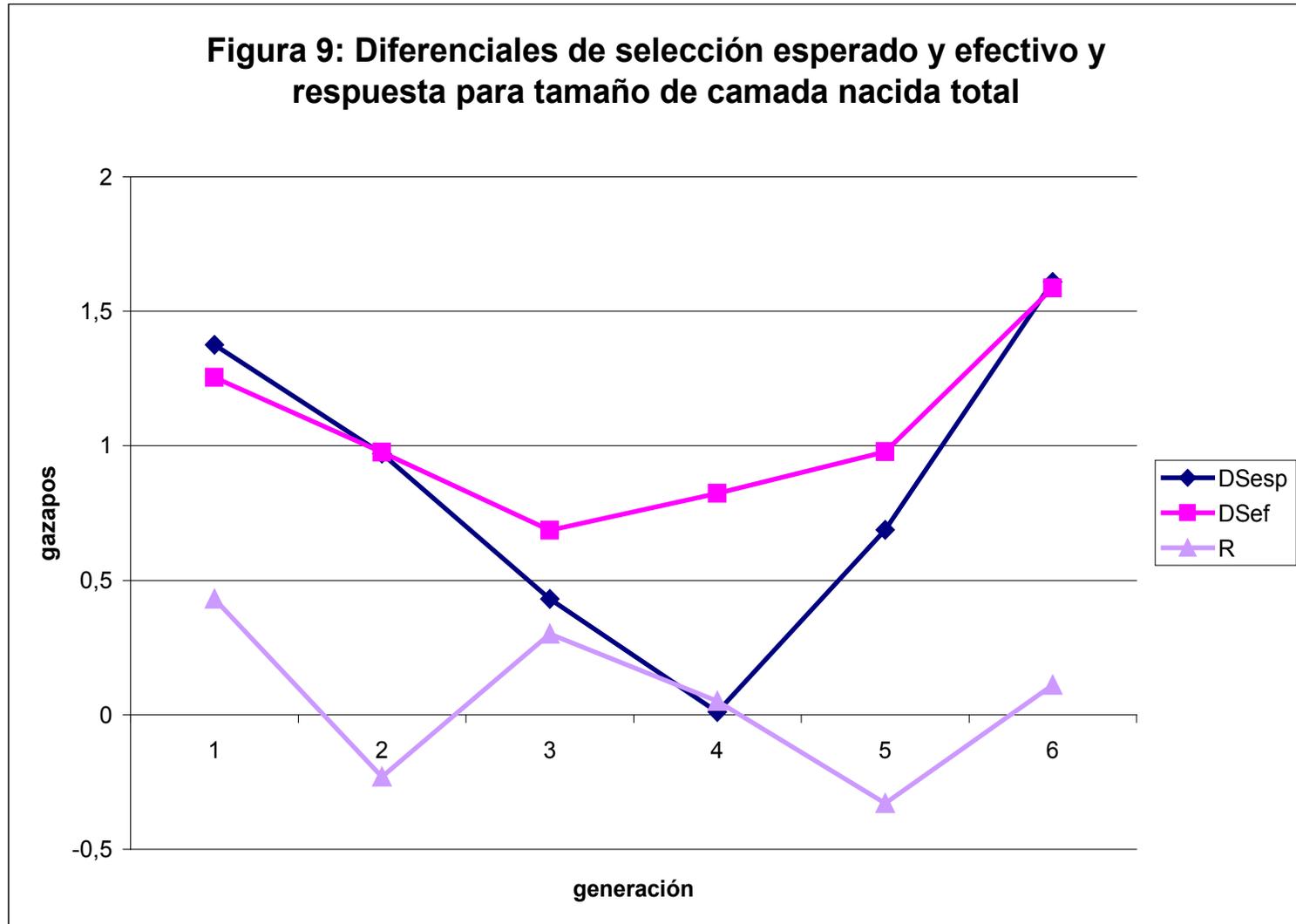
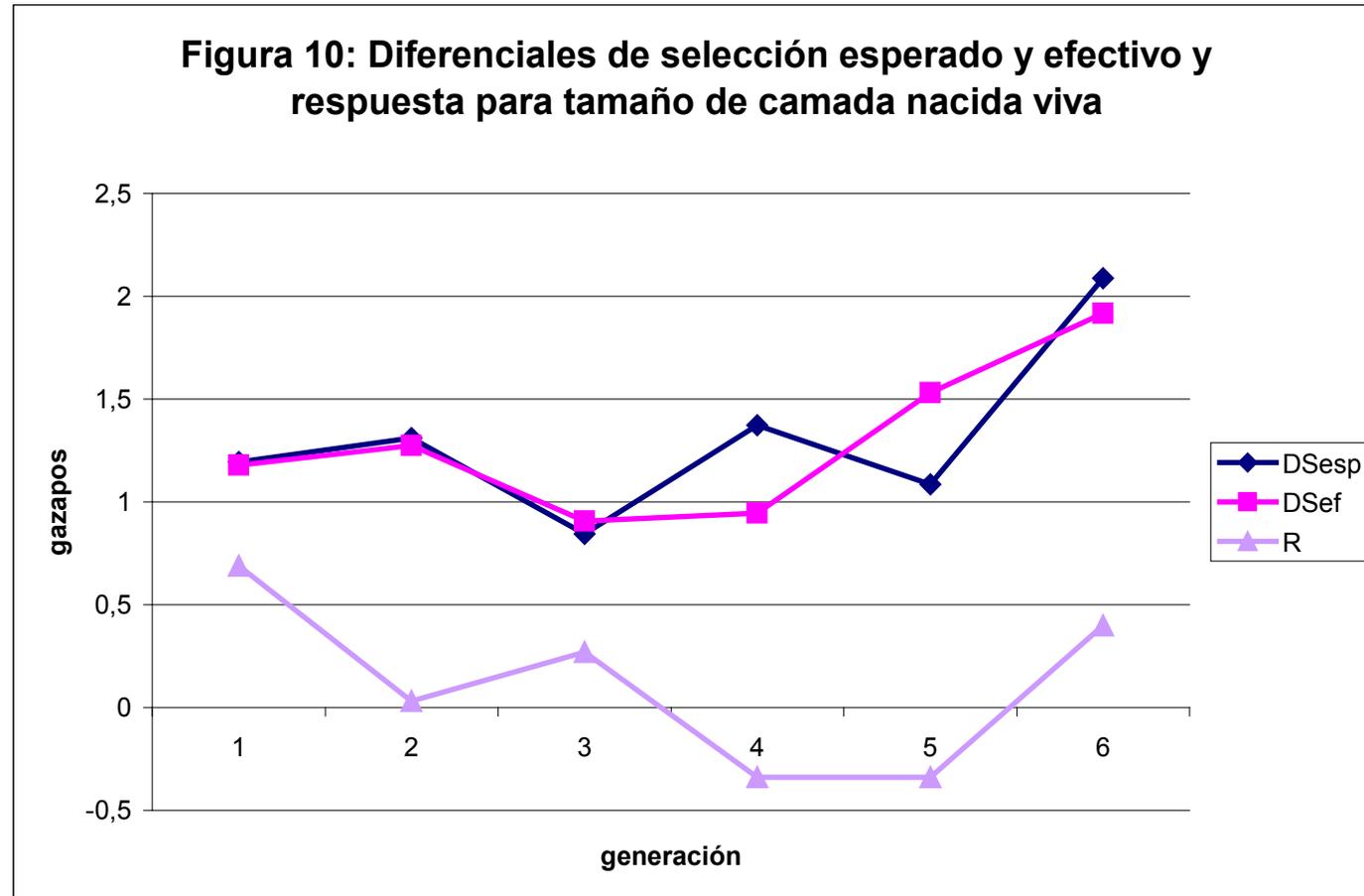
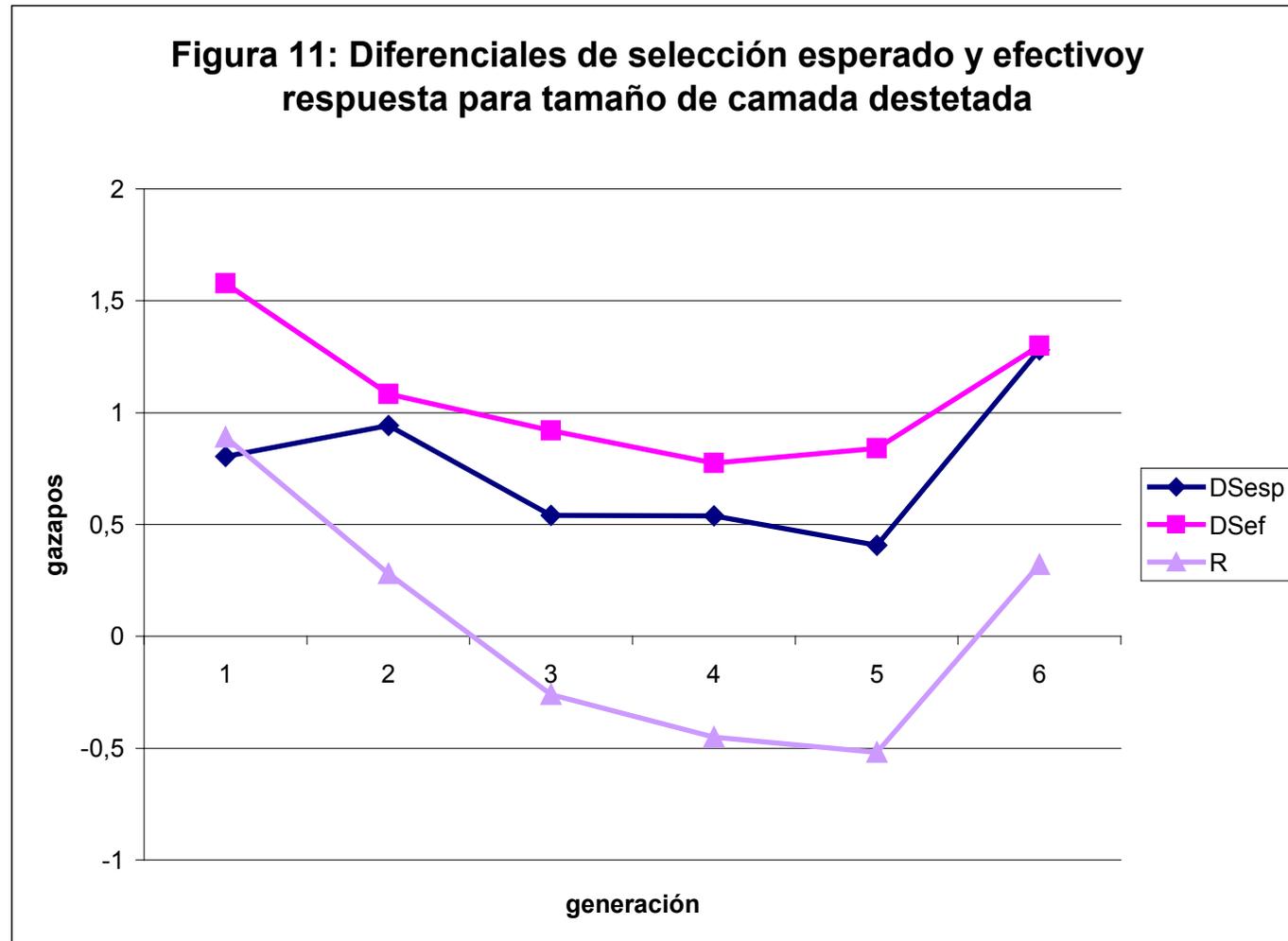


Figura 8: Relación entre los Diferenciales de Selección estandarizados ( $DS_{est}$ ) para tamaño de camada nacida total (tct), viva (tcv) y destetada (tcd) y sus correspondientes Índices entre los diferenciales de selección (IDS)

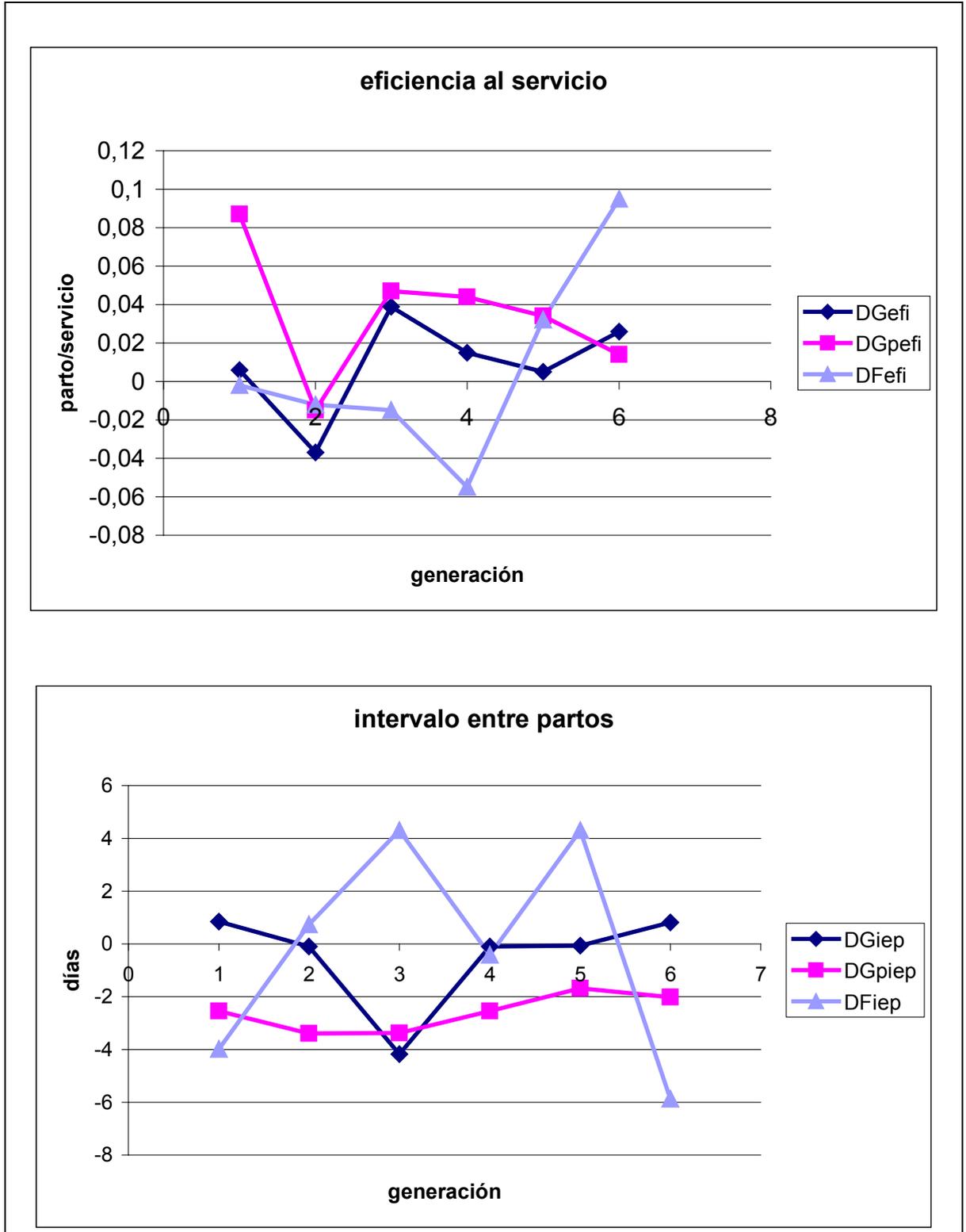




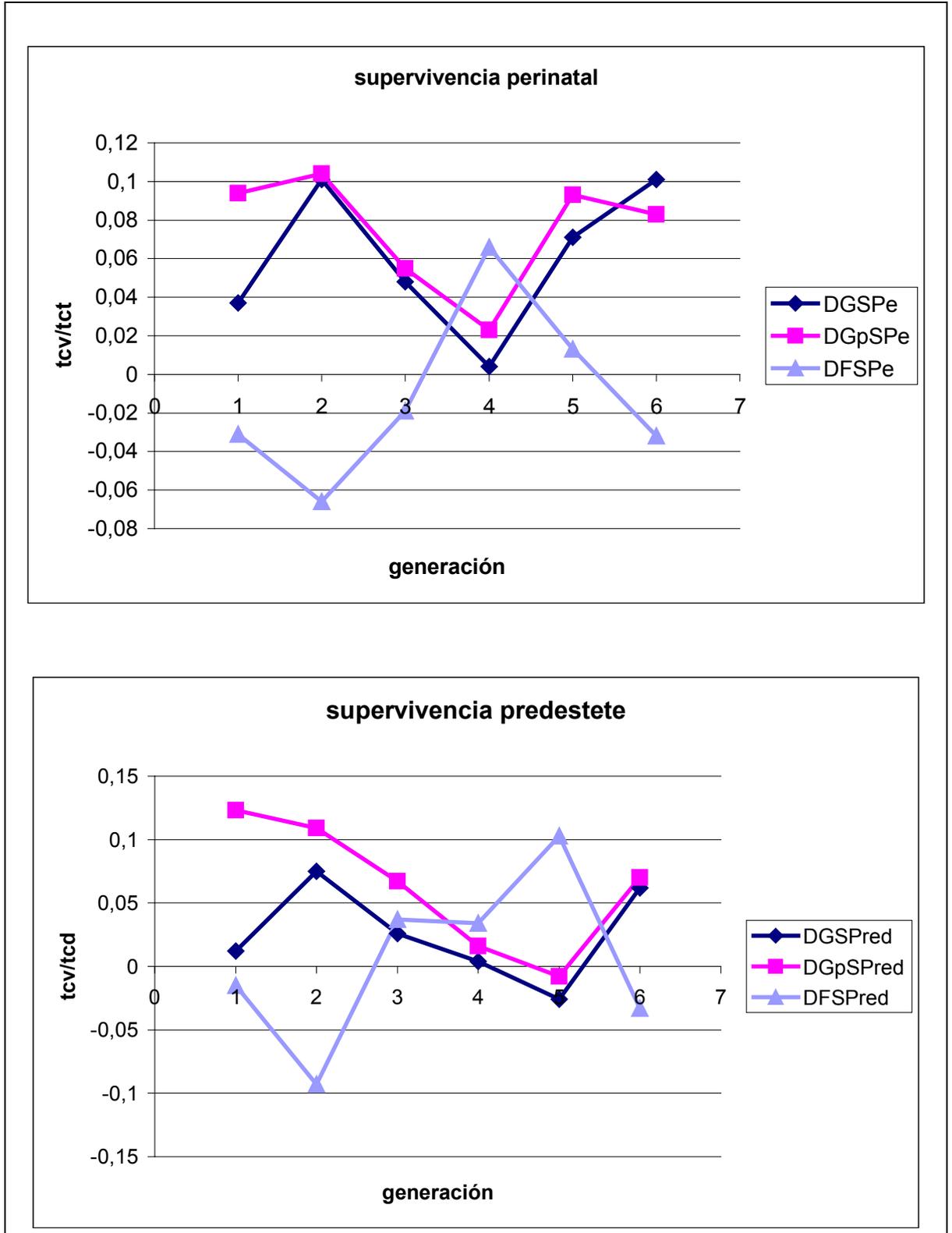




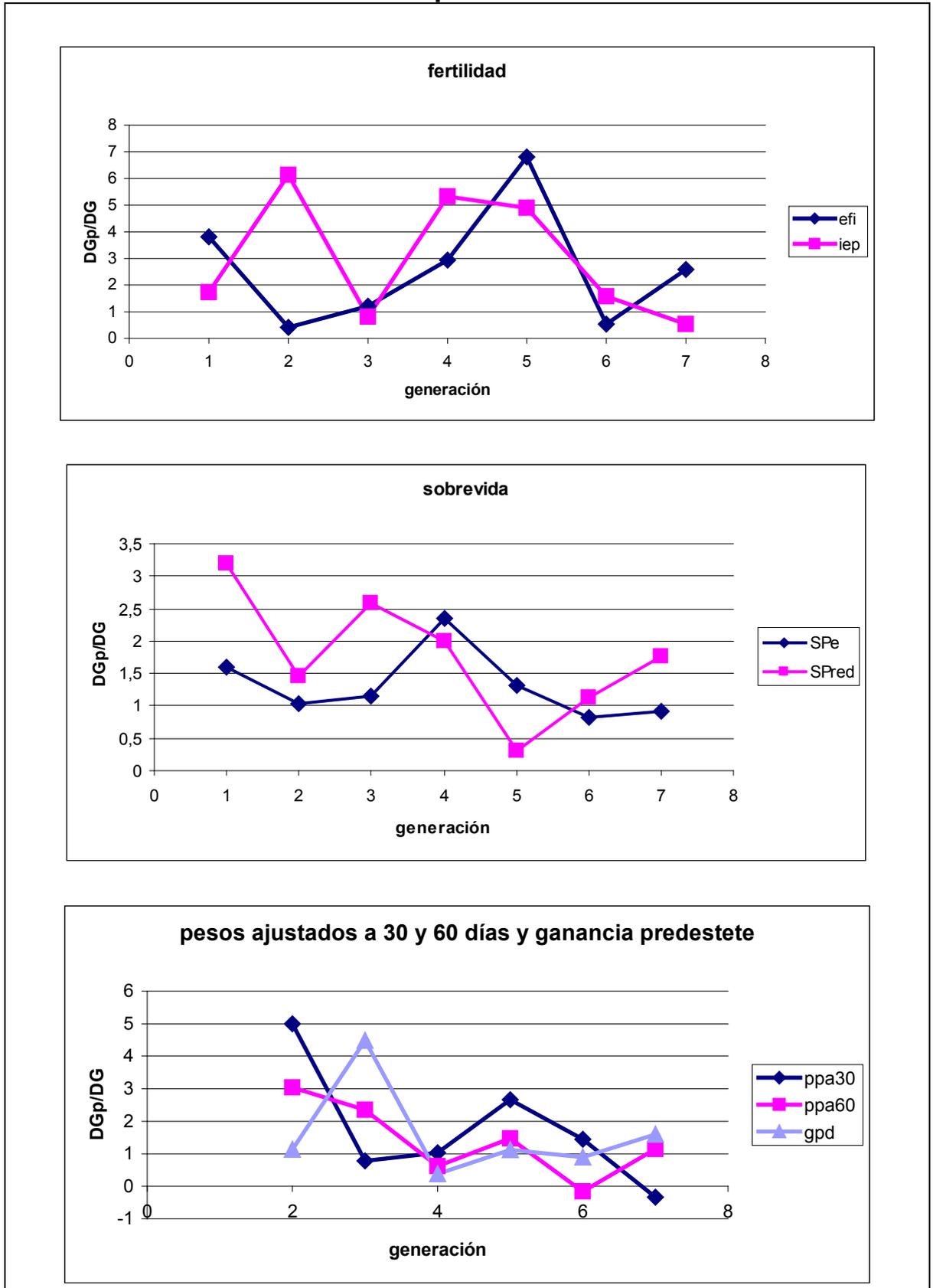
**Figura 12: Evolución de  $\Delta G$ ,  $\Delta G_p$  y  $\Delta F$  a través de las generaciones para fertilidad**



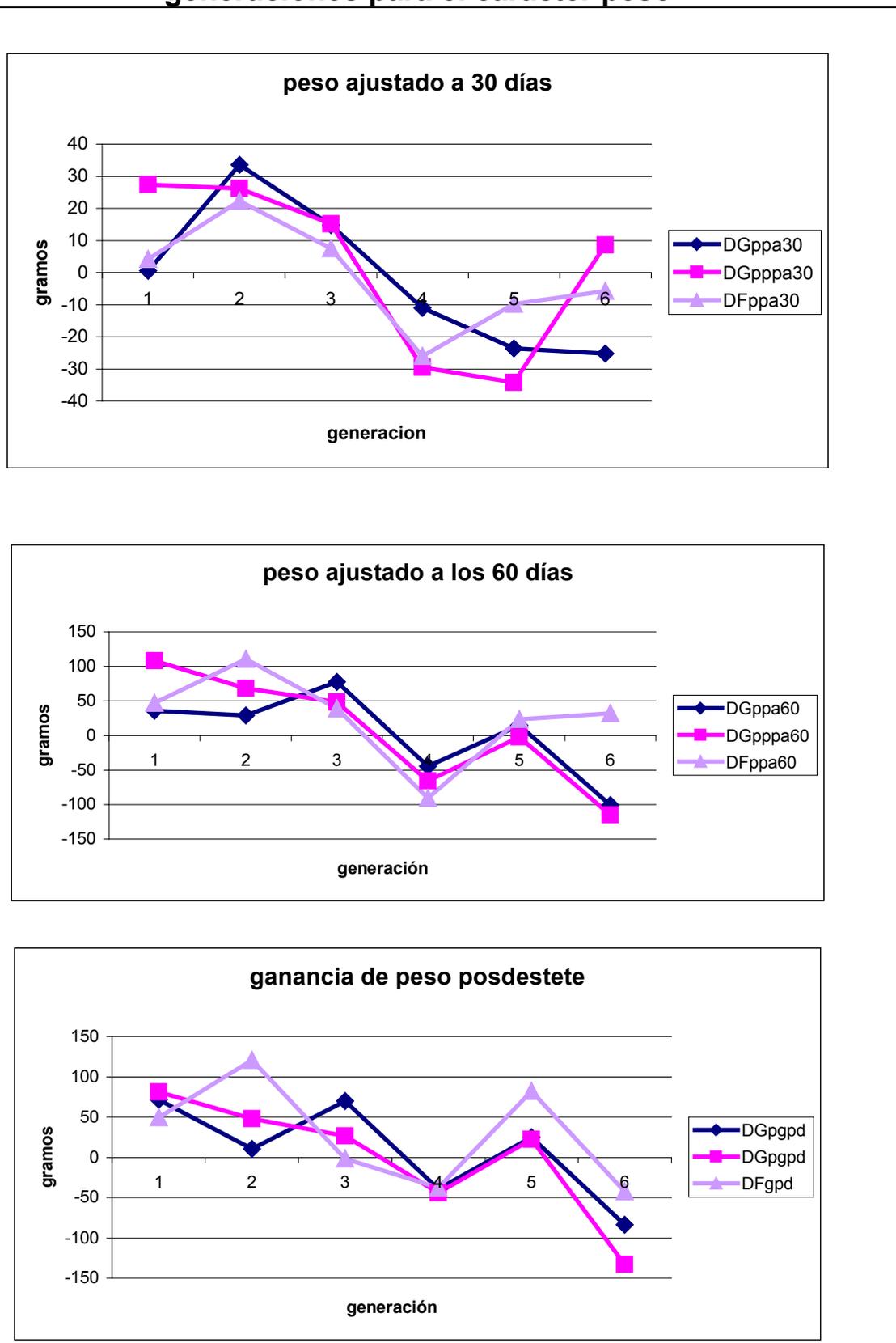
**Figura 13: Evolución de  $\Delta G$ ,  $\Delta G_p$  y  $\Delta F$  a través de las generaciones para sobrevida**



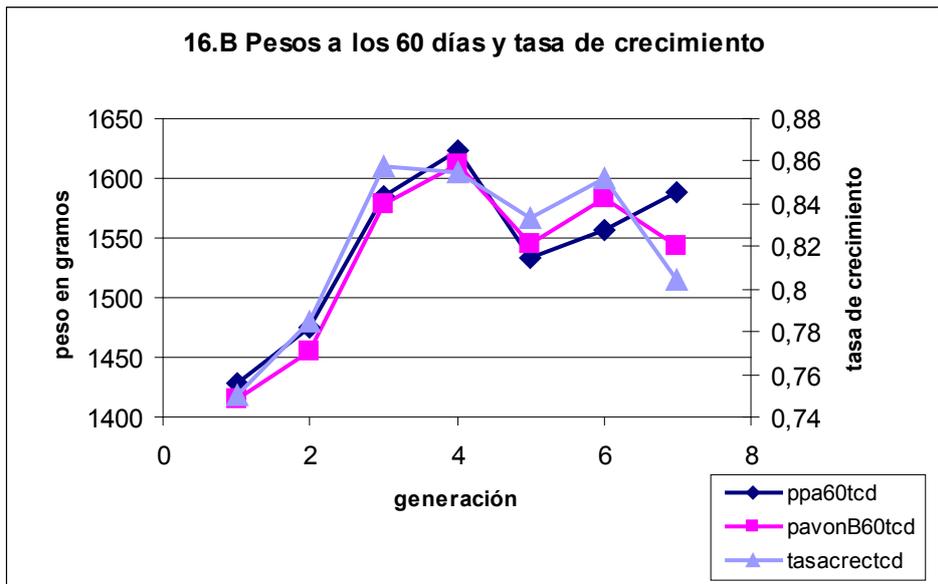
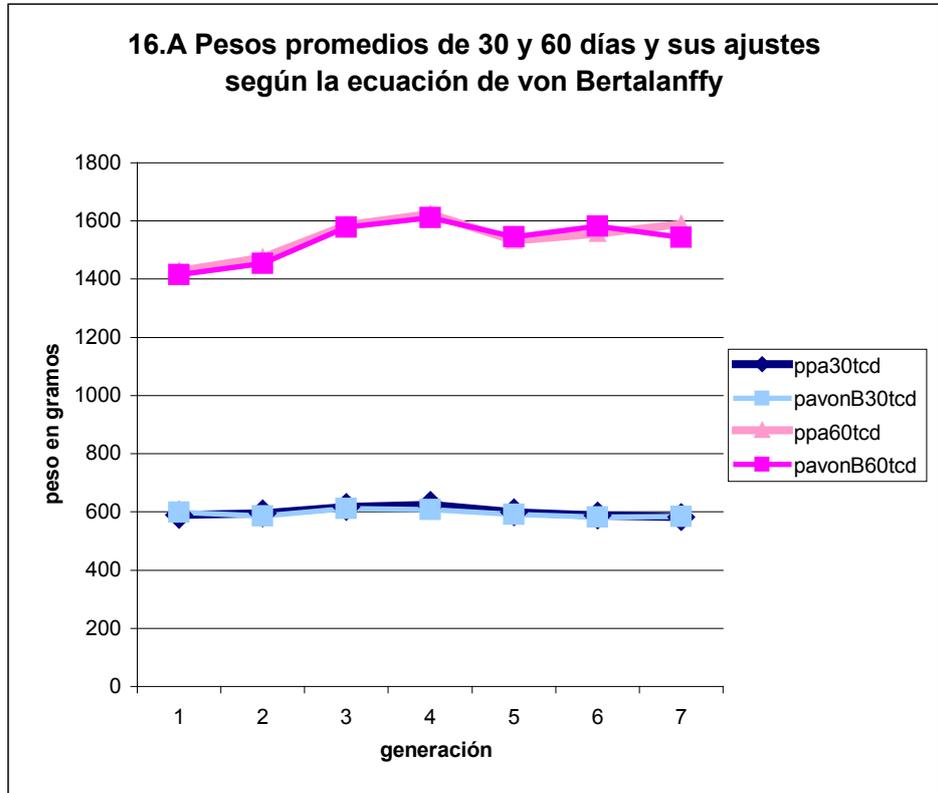
**Figura 14: Relación entre  $\Delta G_p$  y  $\Delta G$  para fertilidad y sobrevida y peso**



**Figura 15: Evolución de  $\Delta G$ ,  $\Delta G_p$  y  $\Delta F$  a través de las generaciones para el carácter peso**

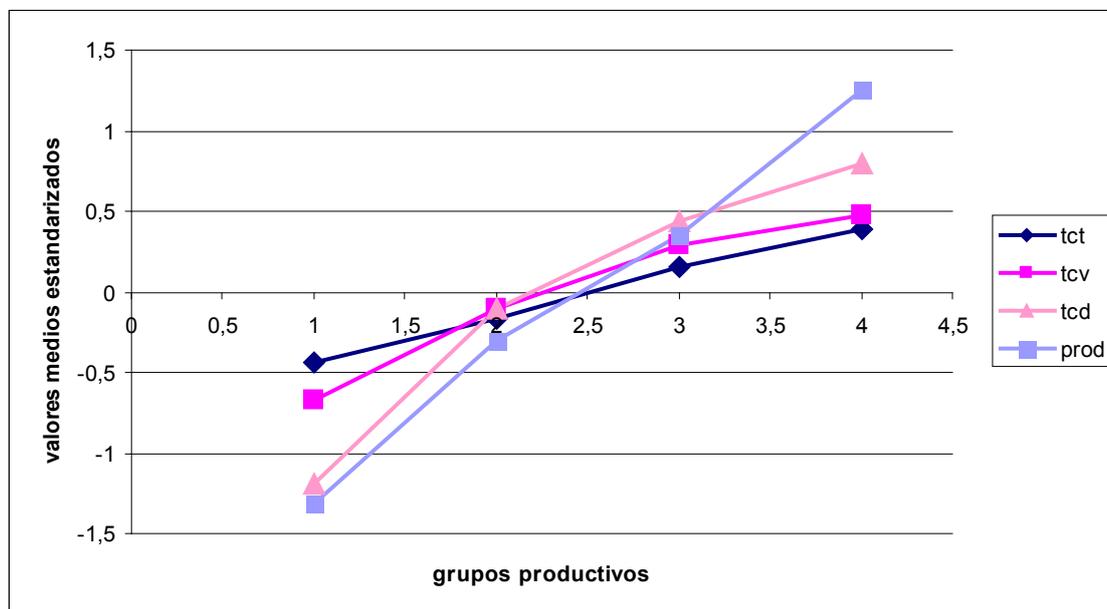


**Figura 16: Pesos ajustados y tasa de crecimiento**

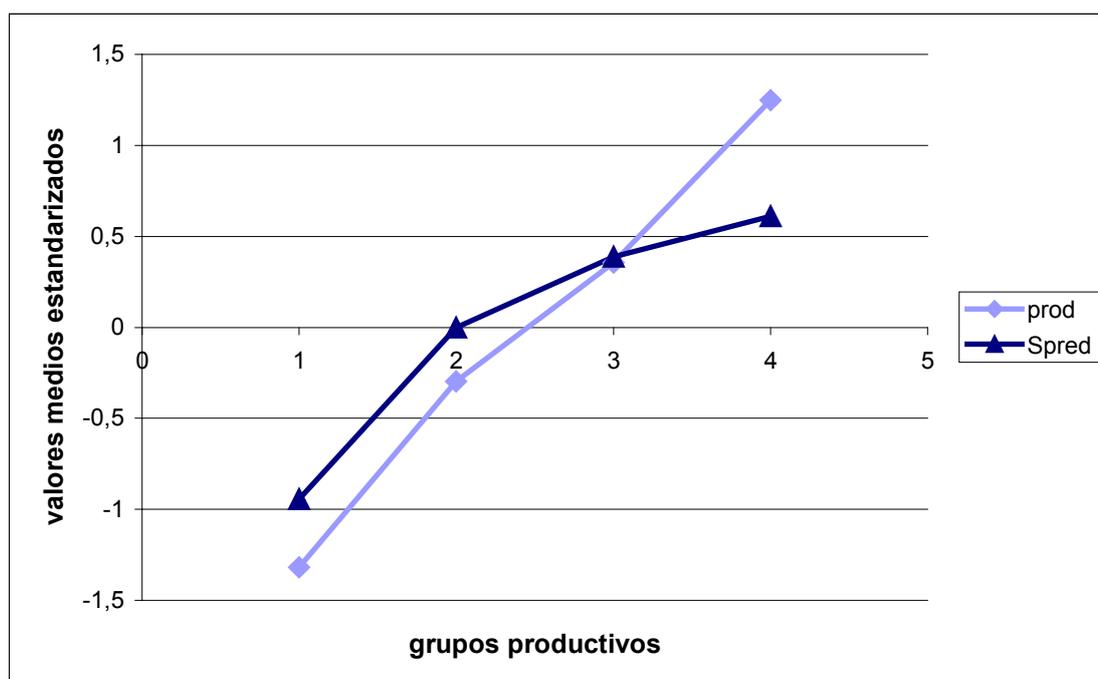




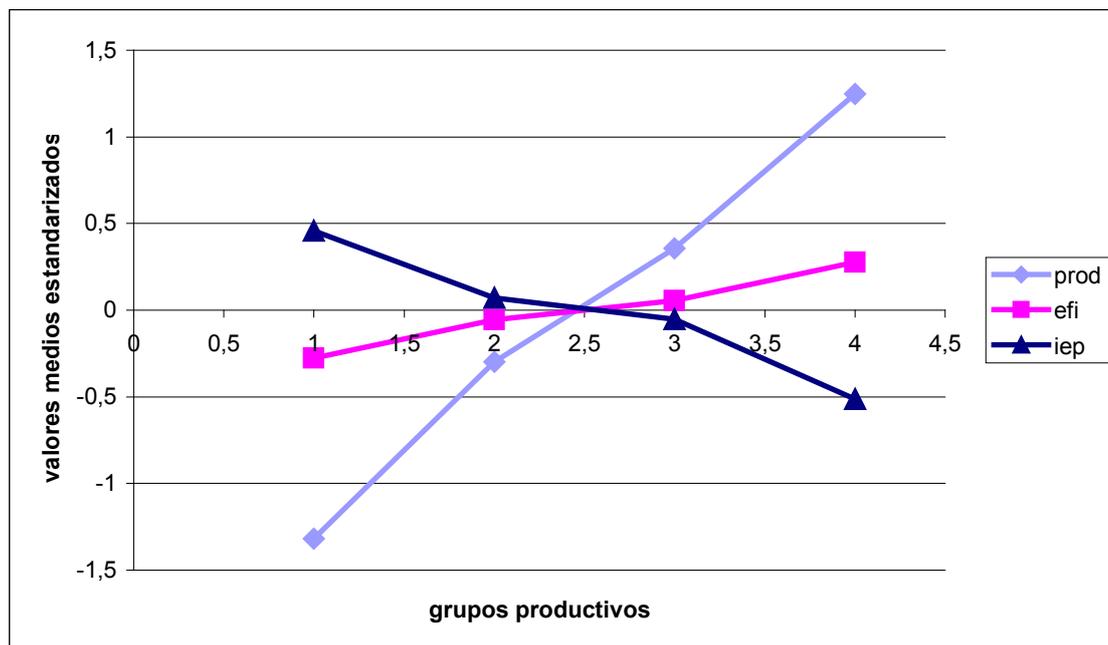
**Figura 18: Valores medios estandarizados para productividad y prolificidad**



**Figura 19: Valores medios estandarizados para productividad y sobrevida**



**Figura 20: Valores medios estandarizados para productividad y fertilidad**



**Figura 21: Valores medios estandarizados para productividad, peso y longevidad**

