

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE POSGRADO

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE ÍNDICES DE SELECCIÓN  
EN CERDOS A NIVEL DE FINCA

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico  
Académico del Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y  
de los Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de  
Investigación y enseñanza, para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

Por

JOSE LUIS ARAYA VILLALOBOS

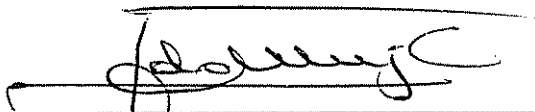
TURRIALBA, COSTA RICA

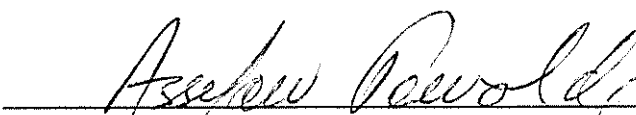
1988

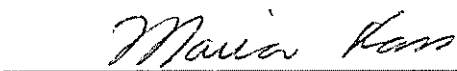
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

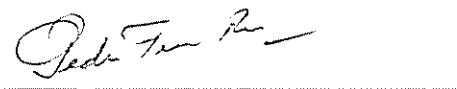
MAGISTER SCIENTIAE

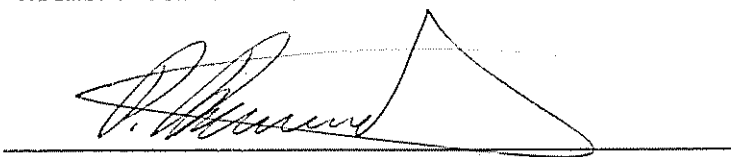
COMITE ASESOR:

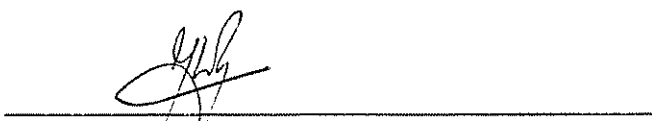
  
Fernando Mujica Castillo, Ph. D.  
Profesor Consejero

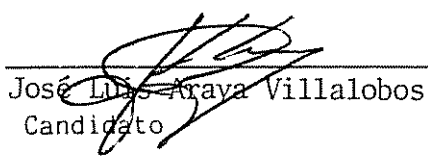
  
Assefaw Tewolde Medhin, Ph. D.  
Miembro del Comité

  
María L. Kass, Ph. D.  
Miembro del Comité

  
Pedro Ferreira Rossi, Ph. D.  
Miembro del Comité

  
Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.  
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado

  
Dr. José Luis Parisí  
Subdirector General Adjunto de Enseñanza

  
José Luis Araya Villalobos  
Candidato

## DEDICATORIA

A Olga Rodríguez A., mi esposa, a mis hijas:  
Ana Carolina, Maria Lourdes y Pamela, por su  
cariño, apoyo y sacrificio en los momentos más  
críticos de mis estudios.

y a Luis Alfonzo , que vino al mundo al cumplir  
mi primer año de estudio.

## RECONOCIMIENTO

Mi eterna gratitud:

Al Dr. Fernando Mujica, Consejero Principal, al Dr. Assefaw Tewolde, Miembro del Comite, por sus excelentes consejos en la realización del presente trabajo, así como por sus oportunos y constantes estímulos, los que me permitieron llegar a un feliz término mis estudios en Mejoramiento Animal.

A los miembros del Comité Asesor. Dr. Pedro Ferreira y Dra. Maria Kass por sus importantes sugerencias para mejorar el trabajo.

Mi sincera gratitud al Ing. Denis José Salgado F., amigo, compañero y maestro, por su gran apoyo y enseñanza durante los dos años de estudio compartido.

Al Señor Jerry Simon e Ing. Juan Méndez, propietarios de la porqueriza PROCEA S.A., los cuales, gracias a su buena administración y control productivo de su explotación, hicieron posible que este trabajo se realizara a corto tiempo.

A los compañeros estudiantes del CATIE, particularmente al grupo de Producción Animal, por su colaboración y amistad.

Al Gobierno de Holanda, al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y al Ministerio de Agricultura y Ganadería de mi país, por la oportunidad que me brindaron.

A las familias Palma González, Guevara Gómez (Colombianos) y Tortos Sánchez, por su gran apoyo y amistad brindado a mi familia.

A las secretarias del Area de Ganaderia Tropical, especialmente

a Marlene, Mirna y Lorena, así como a los amigos Gerardo Martínez y Gerardo Gómez, funcionarios de CATIE, por su gran colaboración.

A todas aquellas personas que de una u otra manera me brindaron su amistad y apoyo.

## BIOGRAFIA

El autor nació el 20 de setiembre de 1953 en San Ramón, Costa Rica. Realizó sus estudios primarios en la Escuela Laboratorio y de bachillerato en el Instituto Superior de San Ramón. En 1972 inició sus estudios superiores en el Centro Universitario de Occidente(UCR), ingresando a la Facultad de Agronomía en 1975, obteniendo en febrero de 1977 el Título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista.

A partir de 1977, se desempeña como funcionario del Ministerio de Agricultura y Ganadería, primero como zootecnista de la Dirección Regional Central y luego, a partir de 1984, como zootecnista de la Dirección de Salud y Producción Pecuaria.

En setiembre de 1986, ingresó a la Escuela de Producción Animal del Programa de Posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, graduándose de Magister Scientiae, en diciembre de 1988.

## CONTENIDO

RESUMEN	ix
SUMMARY	xi
LISTA DE CUADROS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xvii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Valores medios de las características analizadas	6
2.2 Indice de selección	9
2.3 Factores ambientales	11
2.4 Variabilidad genética	14
2.4.1 Indice de herencia o heredabilidad	14
2.4.2 Indice de constancia o repetibilidad	17
2.5 Correlaciones genéticas y fenotípicas	18
2.6 Relacion entre características reproductivas y post-destete.	22
2.7 Relación entre características de crecimiento	23
3. MATERIALES Y METODOS	
3.1 Localización y descripción de la granja	25
3.2 Manejo y alimentacion de los cerdos	25
3.3 Metodología	27
3.3.1 Descripción de los datos	27
3.4 Análisis estadístico	29
3.4.1 Análisis para realizar ajustes para efectos no genéticos	30
3.4.2 Análisis genéticos para PECAN, PECA21 y PECAD	36
3.4.2.1 Estimación del índice de constancia para PECAN, PECA21, PECAD Y PESOLD	36
3.4.2.2 Estimación del índice de heredabilidad para PECAN, PECA21 y PECAD	39
3.4.2.3 Estimación de correlaciones genéticas entre las características en estudio	40
3.4.3 Indice de selección	41
3.4.3.1 Indice de selección para mejorar una característica	42
3.4.3.2 Indice de selección para mejorar dos o más características	45
4. RESULTADOS Y DISCUSION	46
4.1 Factores ambientales	46
4.2 Indice de constancia o repetibilidad	48
4.3 Indice de herencia o heredabilidad	51
4.4 Correlaciones genéticas y fenotípicas	53
4.5 Indice de selección	56
4.5.1 Selección individual	57
4.5.2 Indice de selección para mejorar dos o más características.	61
4.5.3 Selección considerando informacion del individuo y sus parientes para mejorar solo una característica	62

5. CONCLUSIONES	77
7. LITERATURA REVISADA	79
APENDICE	84



ARAYA V., J.L. 1988. Desarrollo y evaluación de Índices de Selección en cerdos a nivel de finca. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 103 p.

Palabras claves: Característica, factores de ajuste, índice de selección, heredabilidad, repetibilidad, parámetros genéticos.

## DESARROLLO Y EVALUACION DE INDICES DE SELECCION EN CERDOS A NIVEL DE FINCA

### RESUMEN

En el presente trabajo, se analizaron datos de 5665 lechones, nacidos en la granja porcina PROCEA S. A. (ubicada en el canton de Pococí-Limón) durante los años 1985, 1986 y 1987, con el objetivo de estimar parámetros genéticos (heredabilidad, repetibilidad, correlaciones genéticas) y estudiar la posibilidad de desarrollar índices de selección, con datos recolectados a nivel de finca. Las características estudiadas fueron peso de la camada a edades diferentes: al nacimiento (PECAN), a los 21 días (PECA21) y al destete (PECAD). En la construcción del índice de selección fueron evaluadas dos alternativas para el mejoramiento genético de una característica, selección considerando la característica medida en el mismo individuo y selección considerando la característica medida en distintos grupos familiares y una tercera alternativa, en la cual se consideró el mejoramiento genético de más de una característica. Los análisis para determinar factores de ajuste, así como para estimar la repetibilidad ( $r$ ) fueron realizados empleando los procedimientos de mínimos cuadrados Harvey (1987). Mediante un análisis de regresión madre-hija se obtuvo los estimadores de heredabilidad ( $h^2$ ) y correlaciones genéticas ( $r_g$ ). Las  $r$  obtenidas fueron  $0,31 \pm 0,003$ ,  $0,18 \pm 0,01$  y  $0,26 \pm 0,003$ , para PECAN, PECA21 y PECAD, respectivamente, en tanto los

estimadores de  $h^2$ , fueron  $0,13 \pm 0,18$ ,  $0,19 \pm 0,13$  y  $0,03 \pm 0,06$ , en el mismo orden. Las correlaciones genéticas entre PECAN con PECA21 y PECAD fueron de  $0,31 \pm 0,76$  y  $0,93 \pm 0,12$ , respectivamente, la  $r_g$  entre PECA21 y PECAD fue de  $0,56 \pm 0,81$ . La correlación fenotípica entre PECAN con las otras dos características resultaron con igual valor ( $r_f=0,71$ ), en tanto que se obtuvo una mayor correlación ( $r_f=0,88$ ) entre PECA21 y PECAD. De los índices de selección evaluados en el presente estudio, para mejorar el PECAD, el más eficiente resultó ser aquel que consideró PECAN y PECAD como características a mejorar  $[I=1.05*(PECAN)-0,08(PECAD)]$ . El cambio genético directo que se obtendría en esta característica (PECAD) es superior al obtenido mediante la selección individual, la que basada en PECAN produce el mejor cambio genético para PECAD ( $I=0,13*PECAN$ ), lo que es indicativo de la importancia de contar con características de información, medidas en el mismo individuo o bien en sus parientes, al realizar selección sobre características con bajo índice de heredabilidad.

ARAYA V., J.L. 1988. Development and evaluation of swine selection index on farm. Thesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 103 p.

KEY WORDS: Traits, adjustment factors, selection indexes, genetic parameters, heredability, repeatability.

## DEVELOPMENT AND EVALUATION OF SWINE SELECCTION INDEX ON FARM

### SUMMARY

Data from 5665 piglets were analyzed to estimate genetic parameters (heredability, repeatability and genetic correlations) and to study the possibility to develop selection indexes. Animales were born from 1985-1987 at PROCEA PORCINA FARM COMPAMY, located in Pococi county, Limon. Data were collected on farm. The traits studies were litter weight 1<sup>st</sup>. day of age (PECAN), at 21 days of age (PECA21) and weaning time (PECAD). Two alternative methods for the improvement of a genetic traits were evaluated in the construction of a selection index: selection by a trait measured on the individual and selection by a trait measured on different family groups. A third method used was by the genetic improvement involving more than one traits. Harvey Least Squares Analysis Procedures (1978) were used to determine adjustment factors and to estimate repeatability( $r$ ). Mother-daughter regression analys's was used to obtain heredability estimates( $h^2$ ) and genetic correlation ( $r_g$ ). Obtained  $r$ 's were  $0,31 \pm 0,003$ ,  $0,18 \pm 0,01$  and  $0,26 \pm 0,003$  for PECAN, PECA21 and PECAD, respectively. The  $h^2$  estimates were  $0,13 \pm 0,18$ ,  $0,19 \pm 0,13$  and  $0,03 \pm 0,06$ , in the same order. Genetic correlations for PECAN-PECA21, PECAN-PECAD and PECA21-PECAD were  $0,31 \pm 0,76$ ,  $0,93 \pm 0,12$  and  $0,56 \pm 0,81$ , respectively. Phenotypic correlations for PECAN and the other two traits were similar ( $r_f = 0,71$ ); however, for PECA21-PECAD,  $r_f$  was higher ( $0,88$ ). The most efficient of the selection indexes evaluated in the present study to improve PECAD was the one that included PECAN and

PECAD as trait  $[I=1.05*(PECAN)-0,08(PECAD)]$ . The direct genetic change to be obtained on PECAD, when including PECAN and PECAD as traits would be superior than when by individual selection. The best genetic change for PECAD by individual selection was when PECAN was included ( $I=0,13*PECAN$ ). The present study indicates the importance of data on trait measured on the own individual and his/her relatives when selection is to be made on low heredability traits.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro No		
1.	Medias para las características PECAN, PECA21 y PECAD, reportadas en la literatura para las zonas templadas.	8
2.	Indices de selección propuestos por la N.S.I.F para programas de pruebas de fincas.	10
3.	Número de registros (lechones) disponibles para el estudio, según la característica evaluada.	29
4.	Distribución del tipo de alimento usado, según año de estudio.	31
5.	Número de lechones por verraco, según la variable TA (Año nacimiento del lechón: tipo de alimento)	37
6.	Análisis de varianza y componentes de varianza para estimar el índice de constancia (r) para las características en estudio.	39
7.	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para peso de la camada al nacimiento (PECAN).	48
8.	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para peso de la camada a los 21 días de edad. (PECA21).	48
9.	Análisis de varianza de mínimos cuadrados para peso de la camada al destete. (PECAD).	49
10.	Estimadores del índice de repetibilidad (r), de heredabilidad ( $h^2$ ) y error estandar para las tres características estudiadas.	49
11.	Varianzas, covarianzas y correlaciones genéticas entre las características estudiadas.	54
12.	Varianzas, covarianzas y correlaciones fenotípicas entre las características estudiadas.	54
13.	Cambio genético esperado (CG) por generación en PECAN, PECA21 y PECAD y correlación entre el genotipo y el índice (r) para selección simple de una característica ( $i=1$ ).	57
14.	Cambio genético esperado (CG) expresado como una proporción del CG directo producto de seleccionar sobre una simple característica ( $i=1$ )	58
15.	Cambio genético esperado (CG) en las distintas características estudiadas al seleccionar para mejorar dos o más características.	61

16.	Cambio genético esperado por generación para las distintas características estudiadas y correlación entre el genotipo y el índice (r) al seleccionar sobre PECAN usando diferentes números de registros de distintas fuentes de información.	66
17.	Cambio genético esperado por generación para las distintas características estudiadas y correlación entre el genotipo y el índice (r) al seleccionar sobre PECA21 usando diferentes números de registros de distintas fuentes de información.	68
18.	Cambio genético esperado por generación para las distintas características estudiadas y correlación entre el genotipo y el índice (r) al seleccionar sobre PECAD usando diferentes números de registros de distintas fuentes de información.	70

#### APENDICE

1A.	Número de registros (lechones), según el número de de parto y año de nacimiento de las camadas.	85
2A.	Número de verraco, raza y número de registros (lechones), según año de uso.	85
3A.	Generación de TA, a partir de año de nacimiento de los lechones (ANL) y tipo de alimento (TIPOA).	86
4A.	Análisis de varianza de mínimos cuadrados, para peso del lechón al nacimiento.	86
5A.	Análisis de varianza de mínimos cuadrados, para peso del lechón a los 21 días de edad.	87
6A.	Análisis de varianza de mínimos cuadrados, para peso del lechón al destete.	87
7A.	Medias de mínimos cuadrados y error estandar para PESQLN, PECALD y factores de ajuste (F) por número de parto dentro de TA.	88
8A.	Medias de mínimos cuadrados y error estandar para PESQLN, PESOLD y factores de ajuste (F) para sexo.	89
9A.	Medias de mínimos cuadrados y error estandar para PESQL21 y factores de ajuste (F) por número de parto.	89

10A.	Peso promedio de los lechones al destete y desviación estandar, según las diferentes clases de tamaño de camada.	90
11A.	Peso promedio individual al destete y desviación estandar, obtenidos al ajustar el peso al destete a los 28 días de edad, con base en los tres criterios utilizados para ajustar por tamaño de la camada.	91
12A.	Análisis de varianza de mínimos cuadrados, para peso de la camada al nacimiento.	92
13A.	Análisis de varianza de mínimos cuadrados, para peso de la camada a los 21 días de edad.	92
14A.	Análisis de varianza de mínimos cuadrados, para peso de la camada al destete.	93
15A.	Medias de mínimos cuadrados y error estandar para PECAN y PECA21, factores de ajuste (F) por número de parto.	94
16A.	Componentes de varianza para la cerda ( $\sigma_c^2$ ) y el error estandar ( $\sigma_e^2$ ) para las distintas características estudiadas.	94
17A.	Media, error estandar y coeficiente de variación para las características en estudio. Datos sin ajustes.	95
18A.	Clasificación de las cerdas que aportaron información en el presente estudio, según el valor genético estimado (VGE), con su respectivo valor de Índice Individual (INV)	96

## LISTA DE FIGURAS

### Figura No.

1. Cambio genético esperado (CG) expresado como una proporción de CG directo para cada una de las características estudiadas al seleccionar sobre PECAN, PECA21 o PECAD. 60
2. Efecto del número de medias hermanas paternas y hermanas completas (con un registro) sobre el cambio genético esperado por generación de selección en PECAN al seleccionar sobre esta característica. 74
3. Efecto del número de medias hermanas paternas y hermanas completas (con un registro) sobre el cambio genético esperado por generación de selección en PECA21 al seleccionar sobre esta característica. 75
4. Efecto del número de medias hermanas paternas y hermanas completas (con un registro) sobre el cambio genético esperado por generación de selección en PECAD al seleccionar sobre esta característica. 76
- 1A. Peso de los lechones al nacimiento, según el número de parto, en las diferentes clase de TA. 102
- 2A. Peso de los lechones al destete, ajustado a los 28 días de edad, según el número de parto, en las diferentes clase de TA. 103



## 1. INTRODUCCION

El fenotipo es la denominación que recibe el conjunto de caracteres externos de los animales domésticos. Es la consecuencia de la carga genética del individuo, a la que se suma la acción modificadora del medio ambiente. El medio ambiente no cambia al genotipo, solo modifica su expresión. Un animal de alta producción podrá producir más o menos, si se le alimenta bien o mal, pero siempre transmitirá a su descendencia su genotipo para alta producción. Es un hecho que se puede obtener progresos más rápidos y espectaculares en la productividad a través del mejoramiento del medio ambiente: mejorando la alimentación, el manejo, la sanidad. Sin embargo, los progresos del medio ambiente no son permanentes y la producción disminuye conforme se deteriora éste. En cambio, el proceso de mejoramiento del genotipo es más lento, pero sus logros son de naturaleza más permanentes, sin que esto implique, descuidar los factores ambientales. Aquellos genotipos favorables que se logran a través de selección van a transmitir a sus hijos la alta capacidad de producción. Por lo demás debe considerarse que existiendo limitaciones genéticas, por más que se mejoren las condiciones ambientales, no hay aumento en la producción.

Por lo anterior, la selección de animales para reproducción es uno de los aspectos más importantes de la producción porcina. Por selección se define el proceso por el cual un grupo de animales de una población dada son elegidos para la reproducción. Las decisiones adoptadas sobre la selección o eliminación de los animales, puede tener efectos, que se mantienen durante varias generaciones en los cerdos. Es entonces de vital importancia comprender los principios de la selección porcina y los métodos para la aplicación de éstos. Un análisis cuidadoso de los principios genéticos y de los valores económicos, indica que la selección del pie de cría debe hacer énfasis en aquellas características que tengan el mayor valor

económico y que sean lo suficientemente heredables para que se obtenga progresos mediante la selección.

La eficiencia máxima de la producción (producir carne con el mínimo costo) debe ser la meta de los criadores de cerdos. Esto, obliga a producir cerdos con capacidad genética para responder favorablemente a un determinado conjunto de condiciones ambientales, lo que hará la producción porcina ventajosa, en un lugar determinado.

En Costa Rica, no se tiene programas de evaluación genética de los sistemas de explotación porcina y mucho menos, un programa de selección para pie de cría, con base en los comportamientos productivos y reproductivos de los cerdos. Por tal motivo, mediante el presente trabajo, se pretende ver la posibilidad de desarrollar y evaluar una metodología de selección de pie de cría a nivel de finca, utilizando registros propios y con base en Índices de Selección, que puedan servir para desarrollar programas de mejoramiento porcino a nivel nacional.

En base a lo anteriormente expuesto, el presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

- a) Estimar parámetros genéticos para características de la camada a diferentes edades (peso al nacimiento, a los 21 días y al destete); así como para el peso individual de los lechones al destete.
- b) Desarrollar un índice de selección para cerdas, que consideren: peso de la camada al nacimiento, a los 21 días y al destete como características maternas, así como, pesos individuales de los lechones al destete.
- c) Evaluar los diferentes índices propuestos para la selección de las cerdas de cría, en función del avance genético estimado

por generación, así como con base en la correlación entre el índice y el valor genotípico de los animales a seleccionar.

## 2. REVISION DE LITERATURA

El mejoramiento de la producción ganadera, tan marcado en muchos países desarrollados, se debe al efecto combinado de los rápidos progresos conseguidos en diversos campos de la industria ganadera. Los factores de estos progresos son: la mayor producción de alimentos para el ganado, el mejoramiento de la sanidad animal, el perfeccionamiento de los métodos de explotación y la cría de animales con el potencial genético necesario para servir de base a las actividades de mejora de la producción. Sin embargo, en los países en desarrollo, los mejoramientos correspondientes en estos campos han sido en general insuficientes.

En el caso particular de Costa Rica, se tiene un pie de cría porcino variado en razas y posiblemente de cierto potencial genético, ya que ha sido frecuente a través de los años, la renovación de sangre, mediante la importación de cerdos, principalmente de los Estados Unidos. Sin embargo, el efecto de tales importaciones sobre la porcinocultura nacional no ha sido cuantificado y no se ha desarrollado una base genética, a partir de la cual, se puedan desarrollar estrategias genéticas de relevancia. Esto último debe incluir el desarrollo de un programa de selección apropiado (Araya y Padilla, 1984). Por lo anterior, es necesario e importante establecer programas adecuados de mejoramiento, siendo uno de ellos, la creación de un sistema de prueba de hato y selección a nivel de finca, esto sería el paso previo al establecimiento de una estación de prueba de reproductores, las cuales han demostrado ser de gran importancia para impulsar el progreso genético de la actividad porcina.

Según Quijandria(1980), existen tres formas de mejoramiento genético, para mejorar la productividad de las especies domésticas. Estas son: la selección, el cruzamiento racial y la consanguinidad. Este último método se practica en

condiciones experimentales para la producción de linajes destinados a la formación de híbridos, pero no tiene aplicación en la crianza comercial. El cruzamiento es la forma de elevar la productividad a través del apareamiento de razas o linajes de animales de origen distinto, produciéndose una complementariedad genética, que hace que estos individuos sean superiores al promedio de los padres. Este método es muy usado en la producción porcina nacional, pero es efectuado sin tener una verdadera evaluación genética de los animales que se están utilizando.

En relación a la selección, es conveniente que se lleve a cabo con base en varias características que directa o indirectamente van a influir en el aumento de la producción, ya que, el valor biológico de un animal, no depende solo de una característica (Mujica, 1983). Para esto, existen diferentes alternativas para seleccionar individuos destinados a ser padres de la siguiente generación. Hazel y Lush (1942), indicaron tres métodos mediante los cuales se puede seleccionar a los reproductores, si la selección se efectúa sobre la base de más de una característica de importancia económica. Estos métodos se describen a continuación brevemente:

**METODO TANDEM.** Los animales son seleccionados en generaciones sucesivas con base en una sola característica, hasta llevarla a un nivel deseado y posteriormente se seleccionan, en forma sucesiva, con base en las otras características que se desean mejorar, olvidándose de las anteriores.

**METODO DE NIVELES INDEPENDIENTES DE ELIMINACION.** En este método, se fijan niveles mínimos de selección para las diferentes características, seleccionándose los animales, cuyas características cumplan con todos estos niveles mínimos.

**METODO DE NIVELES DEPENDIENTES DE ELIMINACION.** En este sistema se relaciona los valores de las diferentes características, permitiendo compensar deficiencias relativas de una característica con la marcada superioridad de otras. Esto se

realiza mediante la combinación, de la información de aquellas características de importancia económica en un índice de selección. El individuo es seleccionado con base en un registro total, constituido por la suma de los méritos en cada característica individual. Al haber selección simultánea para varias características, este método de selección es siempre superior a los anteriores, principalmente al aumentar el número de características. Esta superioridad de los índices de selección es aún mayor, cuando se consideran características de baja heredabilidad o si éstas solo pueden medirse en parientes del individuo ya sea por ser limitadas por el sexo o porque solo se pueden medir en el animal sacrificado.

## 2.1 VALORES MEDIOS DE LAS CARACTERISTICAS ANALIZADAS.

Peña et al. (1979), en Venezuela, a partir de 410 camadas y mediante un modelo que incluyó, mes de parto, raza del padre, raza de la madre y número de lechones destetados, reportaron un promedio ajustado para peso total de la camada al destete ( $29,77 \pm 0,84$ , días) de  $34,16$  Kg., con un peso promedio por lechón de  $4,71 \pm 0,05$ . En Cuba, Rico et al. (1979), basándose en la información suministrada por 1626 camadas, provenientes de la raza Duroc, señalaron un efecto significativo del parto sobre el peso de la camada al nacimiento (PECAN), peso de la camada a los 21 días de edad (PECA21) y para peso de la camada al destete (PECAD), el cual se manifestó en un incremento en estas características hasta el tercer parto (10,07, 11,59 y 11,71 al nacer, 33,21, 38,76 y 38,90 a los 21 días y 72,06, 85,95 y 89,12 al destete).

Peña y Verde (1983), estudiaron la varianza del peso de la camada al destete ( $27,94 \pm 0,63$  días), en 867 camadas resultado del cruce de verracos Duroc (D,267), Landrace (L,230) y Yorkshire (Y,3707, con hembras D(96), L(116), Y(23), F<sub>1</sub> LY(92), F<sub>1</sub> DL(240), F<sub>1</sub> DY(19) y triples cruces DLY(130) y YLD(141),

obteniendo un promedio de  $34,27 \pm 1,28$  Kg. para peso total de la camada, indicando que el triple cruce YLD fue superior por esta característica.

Segura(1986), de la información de 750 camadas al nacimiento y 720 al destete, obtiene una media para PECAN de  $12,64 \pm 2,1$  Kg. y de  $64,50 \pm 5,50$  para PECAD, afirmando que las cerdas primerizas tienen camadas más pequeñas y lechóns más livianos al nacimiento y al destete; de la razas maternas analizadas (Landrace, Yorkshire, Hampshire y Duroc), la raza Landrace produjo mayor tamaño y peso en las camadas al nacimiento y al destete. Por el lado paterno, las razas Duroc y Hampshire rindieron camadas más grandes y pesadas al nacimiento, al destete no se determinaron diferencias entre las razas. Navarro *et al.*(1986), al reunir y analizar información sobre el peso y tamaño de la camada al nacimiento y al destete, en 12 granjas comerciales e involucrando más de 10000 camadas, estiman valores para PECAN, del primero al décimo parto, dentro del rango de 9,78 a 12,20, el PECAD fluctuó entre 30,88 y 42,59. Por su parte Pérez y Suárez(1986), trabajando en un centro genético con la raza Hampshire en Cuba, con 412 camadas nacidas en un período de 4 años y por medio de los cuadrados mínimos, determinaron las siguientes medias,  $10,76 \pm 2,87$ ,  $36,24 \pm 11,81$ , y  $101,14 \pm 26,50$  para las características PECAN, PECA21 Y PECAD, respectivamente. Ferrer(1988), también en Cuba y para la raza Yorkshire, encontró valores de 11,14, 47,2 y 89,71 Kg. para PECAN. PECA21 Y PECAD, respectivamente.

A modo de comparación, en el Cuadro 1, se presentan promedios para las características en estudio, obtenidos en zonas templadas y reportadas por varios investigadores.

CUADRO 1 Medias para las características PECAN, PECA21 y PECAD, reportadas para las zonas templadas.

Autor y País	Gr.R	PECAN	PECA21	PECAD	DD
Urban <u>et al.</u> (1966) (EE.UU.)				77.9±5.4	56
Edwards y Omtvedt (1971) (EE.UU.)		13,1±,24	46,0±1,7	103,2±2,9	42
		11,5±,34	41,6±1,7	89,1±2,9	42
		15,3±,37	57,8±1.8	124,0±3,5	42
		16,0±,37	46,8±1.8	112,8±3.5	42
Robison (1972) (EE.UU)		14,4±2,8		143,4±43.0	56
Young <u>et al.</u> (1976) (EE.UU.)	X..	11,11			
	D*D	11,38			
	H*H	10,24			
	Y*Y	10.70			
	D*H	10.60			
	D*Y	10.64			
	H*D	11.65			
	H*Y	10,71			
	Y*D	13,30			
	Y*H	10,75			
Wilson y Johnson. (1980) (EE.UU.)	D		29,40		
	H		35,77		
	Y		37,14		
	D*H		38,35		
	D*Y		35,09		
	H*Y		37,59		
Gaugler <u>et al.</u> (1984) (EE.UU)	Y*L	14,27		90,59	42
	L*Y	11,79		80,66	42
Mc. Carter <u>et al.</u> (1987) (EE.UU.)	Y		51,55±14		
Kuhlers <u>et al.</u> (1988) (EE.UU.)	D	14,90	44,10	126,7	56
	Y	14,70	40,90	112,6	56

Y=Yorkshire D=Duroc H=Hampshire L=Landrace DD=Días al destete



## 2.2 INDICE DE SELECCION

El alimento es el gasto más fuerte en una operación porcina y es por esto que un lugar lógico para buscar el mejoramiento de la eficiencia en la producción, será mejorando genéticamente la conversión alimenticia del animal. La mayoría de las estaciones centrales de pruebas porcinas y compañías de crianza están diseñadas para medir la eficiencia alimenticia en los cerdos. Sin embargo, la mayor parte de los criadores de cerdos no tienen facilidades para obtener los registros del rendimiento sobre la eficiencia alimenticia, pues se requiere, de alimentación individual (Kuhlers y Steve, 1982).

Es por esta razón, que la mayoría de los estimadores de la intensidad y diferencial de selección, así como las varianzas y covarianzas para características de importancia económica en cerdos, están basadas en datos recolectados en estaciones experimentales (Whatley, 1942; Hazel, 1943; Comstock y Winters, 1944; Blunn et al., 1953).

Sin embargo, existe la posibilidad de desarrollar índices de selección con datos obtenidos a nivel de finca. Kuhlers y Steve (1982) analizaron datos experimentales sobre registro de eficiencia alimenticia durante cinco años, para cuantificar el mejoramiento posible en esta característica y compararlo con el efecto de la selección sobre aumento de crecimiento y disminución de grasa dorsal. En este trabajo los autores mencionados encontraron que el progreso indirecto (seleccionando para el mejoramiento del crecimiento y en menor cuantía grasa dorsal) sobre la eficiencia alimenticia, fue mayor que seleccionando directamente para la eficiencia alimenticia. Esto implica, entonces, que es posible dirigir la selección sobre características que sean fáciles de medir y al mismo tiempo sean deseables, para así, indirectamente buscar el beneficio sobre características secundarias.

Así también, la National Swine Improvement Federation de los Estados Unidos (N.S.I.F.), ha propuesto tres índices de selección (Cuadro 2), que incluyen 4 características factibles de evaluar a nivel de finca (Kuhlers y Steve, 1982).

Cuadro 2 INDICE DE SELECCION PROPUESTOS POR LA N.S.I.F. PARA PROGRAMAS DE PRUEBAS EN LAS FINCAS.

---

General  $I=100 + 6,6 (L-\bar{L}) + 0,4 (W-\bar{W}) - 1,6 (D-\bar{D}) - 65 (B-\bar{B})$

Materno  $I=100 + 7,6 (L-\bar{L}) + 0,5 (W-\bar{W}) - 1,5 (D-\bar{D}) - 45 (B-\bar{B})$

Paterno  $I=100 + 5,2 (L-\bar{L}) + 0,3 (W-\bar{W}) - 1,8 (D-\bar{D}) - 80 (B-\bar{B})$

---

L = Número de lechones vivos al parto.

W = Peso ajustado de la camada a los 21 días

D = Días a 230 lbs. de P.V.

B = Grasa dorsal ajustado a 230 lbs.

Letras con barra = Media poblacional correspondiente

(Kuhlers y Steve, 1982)

Bernard et al. (1954), para construir un índice de selección en cerdos criados bajo condiciones de campo, consideraron las siguientes 4 características: número de lechones por camada al nacimiento ( $X_1$ ) y a los 154 días ( $X_2$ ), peso de la camada ( $X_3$ ) y peso individual ( $X_4$ ) de los cerdos a los 154 días de edad. En este estudio el índice que mejor estimó la habilidad de transmisión genética a los 5 meses fue el que incluyó las 4 características estudiadas. Sin embargo, en términos de su correlación con el valor genotípico ( $r_{GI} = 0,399$ ) fue ligeramente superior a los otros tres índices calculados con base a dos ( $X_2$  vs  $X_4$ ) o tres ( $X_1$  vs  $X_2$  vs  $X_4$  y  $X_2$  vs  $X_3$  vs  $X_4$ ) características, los cuales, tuvieron una  $r_{GI}$  de 0,394, 0,395 y 0,397 respectivamente.

En México, Saldaña y Castro (1978), trabajando con la información obtenida de 3105 camadas de una granja comercial, desarrollaron varios índices de selección para la clasificación de las hembras y encontraron, una mayor eficiencia con los

índices que incluyeron tres variables de las cuatro analizadas (número de lechones nacidos vivos, lechones destetados, peso total de la camada al destete y peso promedio al destete, ajustado a 28 días). Napolis *et al.* (1986), en Brasil y con la información de 869 cerdos, calcularon dos índices de selección, mediante la evaluación de la conversión alimenticia (CA), ganancia diaria de peso (GDP) y espesor del tocino (ET) para el primer índice y las características de GDP y ET para el segundo índice, indicado que este último, puede ser desarrollado y utilizado a nivel de granja comercial.

## 2.3 FACTORES AMBIENTALES

La productividad de las cerdas tiene influencias muy importantes sobre la eficiencia de una empresa porcina. La productibilidad está determinada por varias características que incluyen, tasa de ovulación, tasa de concepción, supervivencia embrionaria y la habilidad de la cerda en parir cerdos vivos. En adición a esta, la cerda contribuye a la supervivencia y al crecimiento de su camada, a través de efectos genéticos y el medio ambiente que ella proporciona (Gaugler *et al.*, 1984), el rendimiento de los animales está entonces influenciado por diferentes factores no genéticos (Khalil *et al.*, 1987).

Navarro *et al.* (1986) indicaron que es bien conocido que el comportamiento productivo de la camada es influido por la edad de la cerda, la cual ha resultado significativa en prácticamente todos los estudios que la han evaluado. Pero la curva que relaciona el número de parto con la productividad de la camada es diferente para distintos sistemas de producción; así es necesario conocer la influencia de la edad de la cerda sobre los indicadores de productividad de la camada, para estar en condiciones de tomar mejores decisiones sobre sistemas de desecho y reemplazo y para poder desarrollar factores de ajuste que permitan una justa comparación entre camadas producidas por

cerdas de distinta edad.

Velarezo y Quijandría(1978), en Perú, encontraron efectos significativos de año, sexo y número de parto de la cerda, para las características: número de crías nacidas y destetadas, peso individual al nacimiento, a la tercera semana y al destete. Por su parte, Peña et al. (1979), en trabajo realizado en Venezuela, reportaron, que el peso al nacimiento, fue influenciado por el número de parto, año de parto, raza de la madre y el número total de lechones al nacimiento. El peso promedio al destete fue afectado por el mes de parto y la edad al destete. De igual forma, el número total de lechones al destete, influyó sobre el peso total de la camada. En Cuba, Rico et al.(1979) encontraron una influencia significativa del año, época y número de parto sobre los pesos de la camadas y promedios individuales a diferente épocas: al nacer, a los 21 días y al destete. Estos mismos autores agregan, que el verraco tuvo una influencia significativa sobre las características estudiadas. Dieguez et al.(1978), trabajando con 769 camadas de la raza Yorkshire, reportaron que el semental fue una causa significativa en el peso de los lechones al nacimiento(peso individual y por camada); no así en el peso de las camadas al destete.

Peña y Verde(1983), con datos provenientes de 867 camadas, indican que el número de parto influye el número total de lechones vivos al nacimiento y al destete, así como el porcentaje de lechones muertos al destete. Peña et al. (1979), al estudiar los factores que influyen en las características de crecimiento, reportaron que el número de parto afectó el peso al nacimiento; el año de parto, adicional al peso al nacimiento, también afectó el peso promedio al destete. En este mismo sentido, fueron las conclusiones a que llegaron Gaugler et el.(1984), al evaluar 366 camadas puras e híbridas, con respecto a la influencia del parto sobre el tamaño y peso de la camada a diferentes edades, pero no así, con respecto a

la tasa de supervivencia hasta el destete, al no encontrar un efecto del parto sobre ella. Las cerdas en su primer parto generalmente producen camadas más pequeñas y más livianas al nacimiento y al destete.

En Venezuela, Vecchionacce et al.(1976), detectaron influencias del sexo y del verraco sobre el peso al nacer. Para peso a los 28 días y ganancia diaria hasta esta edad, los efectos de número de parto, época, verraco y peso al nacer fueron significativos. Dieguez et al.(1978) en Cuba, como resultado de la evaluación de 769 camadas de la raza Yorkshire, también encontraron que el semental tuvo una influencia significativa en el peso de los lechones al nacer, no así en el número de lechones nacidos vivos, mortalidad al nacer y las características medidas a los 21 días (tamaño de camada y peso de la camada). Rico(1985), en cerdos de la raza Duroc, reporta que el semental a pesar de tener un efecto significativo en el tamaño de la camada al nacer, su influencia como componente de la varianza total fue baja. El número de parto tuvo un efecto significativo en el peso de las camadas a diferentes edades. Coincidiendo esto último con los resultados de Navarro et al.(1986), derivados del análisis de cerca de 10.000 camadas producidas en 12 granjas comerciales, reportando que la tercera y cuarta camadas fueron las más pesadas. Por su parte Pérez y Suárez(1986), también en Cuba, al estudiar el comportamiento reproductivo de la raza Hampshire, y mediante el análisis de 412 camadas, determinaron que el efecto del semental fue significativo sobre el tamaño de la camada al nacimiento, perdiéndose su efecto a edades posteriores, pero sí fue, altamente significativo sobre el peso de la camada para todas las edades(PECAN, PEDA21 Y PECAD). El orden del parto ejerció una influencia significativa sobre todos los rasgos analizados.

También se han encontrado resultados semejantes en otras especies, así Khalil et al. (1987), en conejos, al analizar los

efectos no genéticos sobre el peso de la camada al nacimiento y al destete, determinaron que estos pesos, generalmente se incrementan en forma lineal al aumentar el número de parto, lo cual se debe, según los autores a una mayor capacidad en la coneja en cuidar y alimentar a sus gazapos

## 2.4 VARIABILIDAD GENETICA

### 2.4.1 INDICE DE HERENCIA O HEREDABILIDAD

La posibilidad de lograr cambios en una característica depende del índice de herencia y de la variabilidad que muestra dicha característica. El índice de herencia es la medida de la fracción de la varianza total atribuible a diferencias genéticas aditivas entre animales. Entre más grande es la diferencia, más efectiva puede ser la selección. La varianza genética aditiva es fácilmente cuantificable mediante el índice de herencia. En la actividad porcina, estimadores de  $h^2$  para características tales como ganancia diaria de peso, espesor de grasa dorsal y peso al mercado, son muy comunes en las regiones templadas, en tanto que, una menor atención han recibido las características del comportamiento de la camada. Estos últimos estudios han sido aún más limitados bajo nuestras condiciones tropicales

Los métodos para estimar heredabilidad depende del grado de relación que existe entre cada uno de los animales emparentados. Uno de los más usados está basado en la relación entre padres e hijos (Kempthorne y Tandon, 1953). Bohren y McKean (1961), afirman que previamente al trabajo de Kempthorne y Tandon (1953), en el cual lograron optimizar el coeficiente de regresión de los hijos sobre los padres (técnica de regresión ponderada), fueron comúnmente utilizados dos métodos de regresión :

1. La regresión del fenotipo medio de los hijos sobre los registros de los padres.

2. La regresión de los hijos sobre los padre, en la cual los registros de los padres son repetido para cada uno de sus hijos.

Bohren y McKean(1961) deducen de su trabajo, que a pesar de que la técnica de regresión ponderada es, teóricamente el método óptimo, tiene poca ventaja sobre el método de repetir para cada hijo los registros de los padres.

Cummings et al. (1947) encontraron estimadores de  $h^2$  de  $0,307 \pm 0,122$  y de  $0,064 \pm 0,139$  para PECAN y PECAD a los 54 días de edad, respectivamente, los que fueron determinados por medio del método de regresión de las hijas sobre las madres, utilizando un total de 532 pares. Bernard et al.(1954), mediante el mismo procedimiento y a partir de datos recolectados entre 1947 y 1952, reportaron una  $h^2$  de 0.02 para la característica PECAD(54 días). En tanto que Urban et al. (1966), utilizando 2919 pares de registros hija-madre logran un estimador de  $h^2$  de  $0,19 \pm 0,05$  para PECAD a los 56 días de edad, así mismo, Edwards y Omtvedt(1971), con el uso de 202 pares hija-madre para la característica de peso de la camada al nacimiento(PECAN), 114 pares para peso de la camada a los 21 días de edad (PECA21) y 202 pares para el peso de la camada al destete(PECAD), determinaron los siguientes índice de heredabilidad  $0,27 \pm 0,15$ ,  $0,24 \pm 0,22$  y  $0,29 \pm 0,16$ , respectivamente. Por su parte Strang y King(1970) analizando 8652 pares hija-madre para PECAN, 6048 pares para PECAD y 6059 pares para peso individual de los lechones al destete(PESOLD), obtienen los siguientes estimadores de heredabilidad,  $0,08 \pm 0,02$ ,  $0,03 \pm 0,02$  y  $0,11 \pm 0,02$ , respectivamente. En otro trabajo, Strang y Smith(1979), utilizando el mismo método, encontraron estimadores de  $h^2$  de  $0,08 \pm 0,02$  y de 0,11 para PECA21 en las razas Large White(LW) y Landrace(L), respectivamente; para PECAD los estimadores de  $h^2$  fueron de

0,03 para las dos razas. Al obtener los estimadores de heredabilidad por el método de medios hermanos, los valores para PECA21 fueron de  $0,09 \pm 0,04$  y  $0,7 \pm 0,04$ , para PECAD  $0,18 \pm 0,05$  y de  $0,12 \pm 0,06$ , en las razas LW y L, respectivamente. Por lo que los autores indican que es importante tener en cuenta la estructura genética cuando se determina estimadores de heredabilidad, para características relacionadas con la camada.

Pumfrey et al (1975) en 467 pares de registros hija-madre obtuvieron un  $h^2$  de  $-0,07 \pm 0,15$  para PECAD a los 35 días de edad y un  $h^2$  de  $0,16 \pm 0,10$  para PECAN. Dichos estimadores fueron obtenidos repitiendo el registro de la madre para cada uno de los registros de sus diferentes hijas.

Indíces de herencia de  $0,29 \pm 0,23$  y de  $0,38 \pm 0,24$  para PECAN y PECAD fueron dados por Young et al. (1978) a partir del análisis sobre registros de producción y reproducción de 2095 cerdas. Irvin y Swiger (1984) al evaluar 609 camadas, reportaron los siguientes índices de heredabilidad:  $0,53 \pm 0,13$ ,  $0,17 \pm 0,11$  y  $0,15 \pm 0,11$  para PECAN, PECA21 y PECAD, respectivamente. Los autores indican además, que la contribución genética de la madre para el peso de la camada fue más fuerte en el crecimiento pre-natal que en los periodo de lactancia. Ferguson et al. (1985) estudiaron 663 y 460 registros con información para características de camadas en las razas Yorkshire y Duroc, respectivamente, colectadas entre 1968 y 1987 en Estados Unidos, obteniendo estimadores de  $h^2$  de  $0,42 \pm 0,16$ ,  $0,19 \pm 0,14$ ,  $0,24 \pm 0,14$  y  $0,07 \pm 0,12$  en la raza Yorkshire y de  $0,21 \pm 0,14$ ,  $0,25 \pm 0,15$ ,  $0,26 \pm 0,15$  y de  $0,05 \pm 0,11$  en la Duroc para las características PECAN, PECA21, PECAD y PESOLD, respectivamente. Dichos estimadores fueron obtenidos a través de familias de medios hermanos paternos. York y Robison (1985), utilizando éste mismo método, encontraron un  $h^2$  de  $0,70 \pm 0,57$  y de  $0,86 \pm 0,56$  para PECA21 y PECAD a los 35 días, respectivamente. AL utilizar medios hermanos maternos los  $h^2$



fueron  $0,56 \pm 0,69$  y  $0,24 \pm 0,74$ , respectivamente, en tanto que, mediante la metodología de regresión los estimadores de  $h^2$  obtenidos a partir de solo 16 pares de hija-madre fueron  $0,35 \pm 0,36$  y de  $0,46 \pm 0,29$ .

En Cuba, Pérez y Suárez (1986), en datos provenientes de 412 camadas de la raza Hampshire, reportaron estimadores de  $0,31 \pm 0,17$ ,  $0,24 \pm 0,17$  y  $0,26 \pm 0,18$ , para PECAN, PECA21 Y PECAD, respectivamente, los cuales fueron superiores a los obtenidos para tamaños de camada a diferente edades. Mc Carter et al. (1985), a partir de 34000 camadas de la raza Yorkshire, obtienen estimadores para número de lechones vivos al parto y para PECA21, los que indican, según los autores, que mediante un programa apropiado de selección, es posible lograr progresos genéticos para estas características, los valores de los estimadores fueron de  $0,13 \pm 0,02$  y de  $0,15 \pm 0,02$ , respectivamente.

Para conejos, Khalil et al. (1987), obtiene estimadores de heredabilidad para PECAN de 0,12 y para PECAD de 0,49; en las características tamaño de camada al nacimiento y al destete los estimadores fueron de 0,05 y 0,24, respectivamente, lo que implica, según estos investigadores, que es mejor seleccionar en base a características al destete

#### 2.4.2 INDICE DE CONSTANCIA O REPETIBILIDAD

Para el Índice de constancia, Urban (1966), utilizando 1913 camadas y mediante un análisis de correlación intraclase, estimó una repetibilidad de  $0,05 \pm 0,03$  para PECAN a los 56 días. Ferguson et al. (1985), a partir de 663 camadas correspondientes a la raza Yorkshire, reportan los siguientes estimadores de repetibilidad:  $0,27 \pm 0,06$ ,  $0,24 \pm 0,06$ ,  $0,17 \pm 0,06$  y  $0,14 \pm 0,06$  para PECAN, PECA21, PECAD a los 42 días y para PESOLD, respectivamente, en tanto que al evaluar la raza Duroc, a

partir de 460 camadas los estimadores correspondientes fueron  $0,14 \pm 0,06$ ,  $0,17 \pm 0,06$ ,  $0,13 \pm 0,06$  y de  $0,20 \pm 0,06$ .

Strang y King(1970), luego de analizar los registros de 38000 lechones de la raza Large White, los cuales fueron ajustados para los efectos de estación, año, hato y número de parto, reportan valores de 0,15 y 0,04, como estimadores de repetibilidad para las características de PECA21 y PECAD a las 8 semanas de edad. Iguales estimadores y para las mismas características fueron reportadas por Strang y Smith(1979) en la raza Large White, en tanto que para la raza Landrace los estimadores fueron de 0,13 y de -0,01 para peso de la camada a los 3 y 8 semanas de edad, respectivamente.

Por otra parte, Fredeen y Mikami(1986), indican, que cuando se tienen programas específicos de selección para determinadas características, los estimadores de repetibilidad podrían resultar no ser uniformes. Así cuando trabajaron con programas de selección para máximo crecimiento(A), mínimo contenido de grasa dorsal(B) y una combinación de los dos en un Índice de Selección(I), los estimadores de r para PECAN fueron de  $0,039 \pm 0,073$ ,  $0,132 \pm 0,080$  y  $0,232 \pm 0,065$ , para los programas de selección A, B e I, respectivamente, en tanto que los estimadores para PECAD fueron de  $0,104 \pm 0,072$ ,  $0,222 \pm 0,077$  y  $0,075 \pm 0,068$ , en el mismo orden. Cuando la evaluación fue hecha sobre toda la población, los estimadores de r para PECAN y PECAD resultaron con el mismo valor( $0,12 \pm 0,042$ ).

## 2.5 CORRELACIONES GENETICAS Y FENOTIPICAS

En la selección de animales, bajo un programas de selección en donde se toma en cuenta a dos o más características, la relación que exista entre ellas es de gran importancia en el avance genético y mejora en la producción que se pueda lograr.

Las relaciones entre peso de la cerda y las características de la camada son de importancia en la evaluación de un esquema de selección, donde el interés es la productividad de las hembras de cría (Ferguson *et al.*, 1985). Young *et al.* (1977) concluyeron que un incremento de 4,54 Kg., en el peso de la cerda al momento de la monta, está asociado con un incremento en la tasa de ovulación de 0,20 óvulos. Bereskin and Frobish (1981), reportan que con cada 10 Kg. de aumento del peso promedio de la cerda a la monta, se produce, un cambio en el peso total de la camada al nacimiento de aproximadamente 0,30 Kg en la misma dirección. Estos autores indican una correlación fenotípica entre la ganancia de peso durante la gestación con el peso total de la camada al nacimiento y a los 21 días de 0,26 y 0,21, respectivamente.

Strang y King (1970) estimaron una correlación genética entre peso de la camada a las 3 semanas y a las 8 semanas de 0,30, en tanto que la correlación entre esta última característica y el peso promedio del lechón al destete fue de 0,50. Las correlaciones fenotípicas entre las mismas características fue de 0,40 y 0,60, respectivamente. Por su parte, Ferguson *et al.* (1985) indica que la correlación genéticas entre pesos de la camada a diferente edad están dentro del rango comprendido entre  $0,43 \pm 0,25$  a  $1,03 \pm 0,03$ , siendo la correlación entre PECAN con PECA21 y PECAD más baja que la correlación entre PECA21 y PECAD. Las correlaciones fenotípicas para estas mismas características fueron generalmente similares en magnitud y signo. Concordantes con lo anterior, son los resultados reportados en Cuba por Pérez y Suárez (1986), al señalar que las correlaciones existentes entre los tamaños de las camadas a las diferentes edades, entre los pesos de las camadas a diferentes edades y entre tamaño y peso a una misma edad fueron altas y positivas mostrando una asociación favorable, para la selección. Según los autores mencionados las correlaciones genética de PECAN con PECA21 y

PECAD fueron de 0,31 y de 0,56, en tanto que la correlación entre las dos últimas fue mayor (0,91). Los estimadores de las correlaciones fenotípicas fueron 0,58, 0,51 y 0,80 para PECAN con PECA21, PECAN con PECAD y PECA21 con PECAD, respectivamente.

Young *et al.* (1978), trabajando con 2095 cerdas, reportan correlaciones fenotípicas de 0,80 y genéticas de  $0,55 \pm 0,72$  entre PECAN y PECAD. Estos mismos autores encontraron una correlación fenotípica positiva entre ganancia diaria de peso (42-140 días) de la cerda con el peso al nacimiento (N) de su primera camada de 0,11, en tanto que con el peso al destete (D) de su primera camada, la correlación fue de 0,10; también los autores dieron estimadores de correlaciones fenotípicas entre peso de la cerda a los 140 días con N y D de 0,12 y 0,11, respectivamente. En cuanto a correlaciones genéticas, reportaron un estimador de 0,36 entre ganancia de peso diaria de la cerda y el peso de sus futuras camadas al nacimiento. Según Young *et al.* (1978), la correlación genética entre el promedio de ganancia de peso diaria de las hermanas de la cerda con N y con D fue de 0,80 y 0,90; entre el peso promedio de ellas a los 140 días de edad con N y con D fue de 2,45 y 0,66, respectivamente.

Basándose en la información de 114 pares de hijas-madres, Edwards y Amtvedt (1971), estimaron correlaciones fenotípicas para PECAN y PECA21 de 0,71; entre PECAN y PECAD a los 42 días de edad de 0,75 y entre PECA21 y PECAD de 0,83. Por lo que según los autores, el peso de la camada al nacimiento es un indicador de solo un 50% de la variación del peso de la camada a los 21 días y el peso de la camada a los 21 días explica en 69% de la variación en peso de la camada a los 42 días. Los autores señalan que estas correlaciones en general están de acuerdo con el número limitado de estimadores encontrados en la literatura. Estimadores de correlación fenotípica entre PECAN y PECA21, concordantes con los de Edwards y Amtvedt (1971),

fueron reportados por Bereskin y Frobish(1981).

Irvin y Swiger(1984) indicaron asociaciones genéticas altas y positivas entre los pesos de las camadas medidos a diferentes edades; los autores reportaron  $r_g=0,88\pm0,21$  entre PECAN y PECA21,  $r_g=1,03\pm0,28$  entre PECAN y PECAD y  $r_g=0,67\pm0,27$  entre PECA21 y PECAD.

Por otra parte, York y Robison(1985) dan a conocer, luego de analizar la producción de leche de 259 cerdas de la raza Duroc, que la correlación entre producción de leche y peso de la camada a los 21 días varía entre 0,45 a 0,64. Según los autores el tamaño de la camada a los 21 días explica entre un 10 a un 28% la variación de la producción de leche y entre un 72 al 80% el peso de la camada a los 21 días. La producción de leche es un indicador de solo un 20 a un 41% de la variación del peso de la camada a los 21 días. Estos resultados indican que el rendimiento de leche de la cerda tiene una influencia relativamente pequeña sobre el peso de la camada a los 21 día. Correlaciones genéticas de 0,58 entre tamaño de la camada al parto y número de lechones a los 21 días de edad y de 0,55 entre tamaño de la camada a los 21 días y PECA21, fueron encontradas por Mc. Carter *et al.*(1985), que los autores consideran de un valor moderado. Según los autores la correlación genética entre el número de lechones al nacimiento y peso de la camada a los 21 días fue de un valor más bajo( $r_g=0,12$ ), las correlaciones fenotípicas y ambientales fueron similares en magnitud y en sentido a las correlaciones genéticas. Sin embargo, los autores son del criterio que un mejoramiento simultáneo en estas características puede ser logrado a través de un programa de selección múltiple.

## 2.6. RELACION ENTRE CARACTERISTICAS REPRODUCTIVAS Y DE POST-DESTETE.

El énfasis sobre características post-destete, específicamente, aquellas que contribuyen a la eficiencia alimenticia y a la calidad de canal, se refleja en el hecho que comúnmente están presentes en los programas de selección en la actividad porcina. Esto no implica que el comportamiento reproductivo de las cerdas tenga un interés secundario, sino, que es consecuencia del hecho de que las características post-destete son más fáciles de medir y que tienen una heredabilidad relativamente más alta. Sin embargo, al seleccionar solo para características post-destete, debe considerarse que existe la posibilidad de que haya una asociación negativa entre éstas y el comportamiento reproductivo de los cerdos (Fredeen y Mikami, 1986).

Gray et al. (1965), no detectaron ningún cambio en el tamaño y peso de la camada durante la selección de 5 generaciones en que se seleccionó para disminuir el contenido de grasa de la canal. Similares resultados fueron obtenidos por Hetzer y Miller (1970), al trabajar con programas de selección para bajo y alto contenido de grasa, denotando estos autores, que los resultados no indican claramente un descenso consistente en las características reproductivas. Igualmente fueron las conclusiones obtenidas por Fredeen y Mikami (1986), que detectaron tendencias ya sea positivas o negativas al examinar cambios correlacionados con el comportamiento reproductivo de las hembras, asociado con la selección para grado de crecimiento y mínimo contenido de grasa. Cleveland et al. (1988), luego de emplear un índice de selección durante cinco generaciones, para incrementar la ganancia diaria post-destete y disminuir el espesor de grasa dorsal, determinaron que el efecto sobre el tamaño y peso de camada era muy pequeño.

Por el contrario, Berruecos et al.(1970), en un estudio de selección para mínimo contenido de grasa, durante 5 generaciones, encontraron una disminución significativa en el tamaño y peso de la camadas. Similares han sido los resultados reportados por Hetzer y Peters(1965), quienes al seleccionar cerdos Duroc a traves de 10 generaciones en contra y en favor de un alto espesor de grasa dorsal, encontraron un decrecimiento en el tamaño de la camada de 0,3 y 0,2 cerdos por generación en los cerdos selecciondos para alto y bajo espesor de grasa dorsal, respectivamente.

## 2.7 RELACION ENTRE CARACTERISTICAS DE CRECIMIENTO

Blunn et al.(1954), mediante la evaluación de 1894 cerdos criados en la estación experimental de Nebraska, reportaron correlaciones altas y positivas entre las características peso de los lechones al nacer con peso al destete (0,53) y con el peso de los lechones a los 154 días de edad (0,40). La correlación entre peso a los 56 días con el peso a los 154 días fue de 0,63. Los autores indican además, que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) del peso a los 56 días y el peso a los 154 días es de 0,40, lo que implica que el peso a los 56 días es un indicador de solo un 63% de la variación en el peso de los lechones al destete.

Louca y Robinson(1965), utilizando registros de 8039 cerdos de las razas Duroc, Yorkshire e híbridos, encontraron que entre el peso de los cerdos a los 154 días y el contenido de grasa dorsal existe una correlación genética negativa (-0,55), mientras que se presenta una correlación positiva (0,90) entre las características tamaño de la camada a los 56 días de edad y a los 154 días. Edwards y Omtvedt(1971), determinaron correlaciones 'genéticas de  $0,29 \pm 0,17$  entre el peso de la cerda a los 21 días edad y la ganancia de peso diaria post-destete (GPD), y de  $1,47 \pm 0,35$  entre GPD con el peso de la cerda a los

42 días. La GPD presentó una correlación negativa con la edad de la cerda a los 90,7 Kg. ( $-0,98 \pm 0,01$ ) y con la grasa dorsal ( $-0,31 \pm 0,14$ )

Por su parte Young et al. (1977) reportaron una correlación genética de 0,82 entre peso de los cerdos al destete y ganancia de peso diaria (GPD) y una alta correlación negativa ( $-1,02$ ) entre GPD con la edad de los cerdos a los 100 Kg. de peso vivo. En otra investigación realizada con 2095 cerdas de primer parto, Young et al. (1978) encontraron correlaciones fenotípicas positivas entre GPD con peso de la cerda a los 140 días de edad (PC140) ( $0,89$ ) y con el peso de la cerda a la pubertad ( $0,36$ ), en tanto que resultaron correlaciones negativas entre GPD y peso de la cerda a los 140 días de edad con las características grasa dorsal y edad a la pubertad. Según los autores mencionados, las correlaciones genéticas entre GPD y PC140 fueron altas y positivas ( $0,94$ ), en tanto que entre GPD con la grasa dorsal y edad a la pubertad fueron negativas ( $-0,32$  y  $-0,33$ , respectivamente)

Irvin y Swiger (1984), encontraron que las correlación genéticas entre tamaño de la camada al nacer y el peso de la camada al nacer, a los 21 días y a los 42 días fueron altas y positivas ( $0,58 \pm 0,18$ ,  $0,91 \pm 0,30$  y  $1,13 \pm 0,36$ , respectivamente), así mismo, fueron las correlaciones entre el tamaño de la camada y el peso de cada una de las tres pesadas ( $0,58 \pm 0,18$  al nacer,  $0,87 \pm 0,12$  a los 21 días y  $0,97 \pm 0,14$  al destete).



### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DE LA GRANJA

La explotación comercial de cerdos, PROCEA S.A., es una empresa comercial y particular dedicada a la cría y engorde de cerdos. Está ubicada en el caserío de Anita Grande, Cantón de Pococí, Provincia de Limón. El área se encuentra dentro del ecosistema clasificado como bosque tropical lluvioso (Cochrane, 1986). La temperatura media anual es de 24,6°C, con una máxima de 30,5°C y una mínima de 19,5°C, precipitación pluvial promedio de 4340 mm y una humedad relativa promedio de 85%. La región no presenta ningún periodo (mes) seco (< 69 mm), siendo marzo el mes de menor precipitación, con 164 mm y octubre el de mayor con 545 mm.

La granja tiene un pie de cría, actualmente conformado por 200 vientres híbridos, en los cuales predomina la sangre de las razas Landrace y Yorkshire, así como 10 reproductores, cinco de los cuales son puros, dos de la raza Yorkshire y tres de la raza Landrace. También se hace uso de la Inseminación Artificial, con semen importado de los Estados Unidos. Los padrotes puros y la Inseminación Artificial se utilizan para obtener las hembras de reemplazo. El producto obtenido a partir de los verracos no puros, se destina para la matanza. La porqueriza también cuenta con una planta para la elaboración de sus propias raciones balanceadas.

#### 3.2 MANEJO Y ALIMENTACION DE LOS CERDOS

En todas las etapas del ciclo de vida, los animales son manejados en confinamiento total. Con la excepción de las cerdas en lactación y sus respectivos lechones, todos los animales, durante las horas más calientes del día, reciben cada

5 minutos y durante medio minuto, un rocío de agua, con el fin de ayudar en la regulación de su temperatura corporal.

El control de apareamiento se realiza, revisando dos veces al día los corrales de las hembras. Las que están en celo, se llevan a un corral de monta, en el cual, el verraco previamente asignado, las debe de montar dos veces como mínimo, a un intervalo de 12 horas. EL sistema de cruce que se utiliza para producir las hembras de reemplazo, es el rotativo entre las dos razas de reproductores existentes.

Las hembras en gestación son manejadas en celdas individual, en donde se les brinda una alimentación individual y de acuerdo con su estado físico. Se les suministra, entre 2.0 y 2.5 Kg de concentrado que tiene un 15% P.C., como dosis alimenticia diaria.

Tres días antes de la fecha posible del parto, las cerdas son lavadas y luego trasladadas a la sala de partos, en donde a partir de esta fecha, se les comienza a disminuir el consumo de alimento. El día del parto solo se les proporciona agua. Desde el segundo y hasta el séptimo día se les va aumentando la dosis de un concentrado con 16% P.C., siendo el consumo de la segunda semana y hasta el destete a libre consumo. Por su parte, a los lechones, de los 15 días de edad, hasta 8 días después del destete, se les suministra como alimento complementario a la leche materna, un pre-iniciador, el cual tiene 20% de P.C.. Luego y hasta los 2 meses de edad se les suministra un iniciador con un 18% P.C.

En la etapa de desarrollo y engorde los cerdos reciben una ración a libre consumo, en la cual, la fuente energética base es la melaza, constituyendo ésta, un 40% de la ración. Esta misma ración es la que se le suministra a las cerdas en gestación y a los reproductores. Desde los inicios de la porqueriza (1983) y hasta febrero de 1987, en vez de melaza, se

utilizó puré de banano maduro como principal fuente de energía.

### 3.3 METODOLOGIA

El programa de selección a establecer, se basa en Indices de Selección, por lo cual, es necesario la estimación de parámetros genéticos. Tales parámetros genéticos incluyen, índice de herencia, repetibilidad y las correlaciones genéticas y fenotípicas, para cada una de las características: peso de camada al parto, a los 21 días, al destete y los pesos individuales al destete. Por lo que también se debe estimar las varianzas y covarianzas genéticas y fenotípica entre las características.

#### 3.3.1. DESCRIPCION DE LOS DATOS

Para el cumplimiento de los objetivos del presente estudio, se utilizaron los registros productivos de la granja porcina PROCEA S.A., colectados en los años de 1985, 1986 y 1987. Para un total de 5665 lechones, provenientes de 587 camadas, se codificaron las siguientes variables.

- Identificación de la cerda.
- Fecha nacimiento de la cerda (día,mes,año).
- Peso de la cerda a su nacimiento (Kg).
- Número de hermanos de la cerda a su nacimiento.
- Número de parto de la cerda.
- Madre de la cerda.
- Padre de la cerda.
- Grupo racial del padre de la cerda.
- Identificación del padre del lechón.
- Grupo racial del padre del lechón.
- Identificación del lechón.
- Sexo del lechón (1-2).
- Fecha nacimiento del lechón (día,mes,año).

- Número de lechones vivos al nacimiento por camada.
- Peso lechón al nacimiento (Kg).
- Número de lechones a los 21 días.
- Peso individual del lechón a los 21 días (Kg).
- Fecha al destete (día, mes, año).
- Peso individual del lechón al destete (Kg).
- Número de lechones al destete.
  
- Peso de los lechones a una edad cercana a los 2 meses (P4) (Kg).
- Fecha al P4 (día, mes, año)
- Peso al mercado (Kg).
- Edad al mercado.
- Tipo de alimentación (1-2).

En base a éstas, se generaron las variables peso de la camada al nacimiento, a los 21 días y peso de la camada al destete ajustada a los 28 días, la edad de los lechones al destete y la edad de la cerda al parto.

Los pesos por camada, fueron obtenidos a partir de la suma de los pesos individuales de los lechones, los cuales luego fueron ajustados por los factores ambientales, que presentaron una influencia significativa.

Durante los años en que se evaluaron los registros, el manejo general de los animales fue muy homogéneo. De igual forma, solo se presenta una modificación en las materias primas utilizadas para la preparación de los alimentos. Como ya sea ha señalado, en los años de 1985, 1986 y parte de 1987, la principal materia energética en los alimentos de los cerdos fue el puré de banano maduro, el cual, en el año 1987 fue sustituido por melaza, lo que generó dos tipos de alimento, que fueron considerados en los análisis estadísticos.

El número de partos por cerda varió entre uno y nueve (cuadro 1A) pero por razones de poca información, los partos 8

y 9 fueron considerados del mismo grupo. Análisis preliminares de este estudio, mostraron una correlación de 91 % entre la edad de la cerda y el número de parto, por lo que este último fue tomado como indicador del estado de madurez del individuo en producción.

En total se codificaron 5661 lechones, correspondientes a 585 partos de 275 cerdas de cría y de de 8 verracos, tres de la raza Landrace, 4 de la raza Yorkshire y uno de la raza Duroc. Después de una primera evaluación y en vista del poco uso del verraco Duroc (Cuadro 2A), los registros correspondientes a los lechones hijos de este verraco fueron eliminados del estudio. El número de registros disponibles se observan en el Cuadro 3.

CUADRO 3 Número de registros (lechones) disponibles para el estudio, por característica.

Característica	Lechones	Camadas
Lechones al nacimiento	5618	585
Lechones a los 21 días	2596	282
Lechones al destete	4782	523

#### 3.4. ANALISIS ESTADISTICO

Todos los análisis estadísticos realizados en el presente estudio fueron efectuados mediante el empleo del Programa de Mínimos Cuadrados y Máxima Verosimilitud, versión para computadoras personales, del Dr Walter Harvey (Harvey,1987) y del programa MICRO SAS, Version 6 Edicion(1985).

### 3.4.1. ANALISIS PARA REALIZAR AJUSTES PARA EFECTOS NO GENETICOS

Como un primer paso, se ajustó el peso de los lechones al destete, a la edad de 28 días. El procedimiento que se siguió fue:

$$PAD_i = \frac{PD_i - PN_i}{ED_i} * 28 + PN_i \quad (1)$$

Donde:

$PAD_i$  = Peso al destete del i-ésimo lechón, ajustado a los 28 días de edad.

$PD_i$  = Peso al destete del i-ésimo lechón.

$PN_i$  = Peso al nacimiento del i-ésimo lechón.

$ED_i$  = Edad al destete del i-ésimo lechón.

28 = Edad de ajuste(días).

Luego se intentó evaluar un modelo lineal de tipo fijo, que conjuntamente considerara los efectos de número de parto (NP), sexo (S), año de nacimiento de los lechones (ANL), tipo de alimento (A) y las interacciones de NP con S, ANL, T, S con ANL, T, y ANL con T. Sin embargo, este modelo no pudo ser evaluado directamente debido a una distribución desigual de los tipos de alimentos a través de los años (Cuadro 4) en el material analizado. Por lo que se generó una nueva variable (TA), que combinó año de nacimiento de los lechones y tipo de alimento (Cuadro 3A)

CUADRO 4 Distribución del tipo de alimento usado, según año de estudio.

AÑO	TIPO DE ALIMENTO	
	1	2
1985	1849	0
1986	2391	0
1987	284	1137

En seguida, se evaluó el siguiente modelo:

Modelo 1.

$$Y_{ijklm} = \mu + C_i + N_j + S_k + T_l + (N*S)_{jk} + (N*T)_{jl} + (S*T)_{kl} + e_{ijklm} \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, 275$$

$$j = 1, 2, \dots, 8$$

$$k = 1, 2$$

$$l = 1, 2, 3, 4, 5$$

Donde:

$Y_{ijklm}$  = Cualquiera de las características en estudio: peso del lechón al nacimiento (PESOLN), a los 21 días (PESOL21) y al destete (PESOLD).

$\mu$  = Media general del conjunto de observaciones si existieran frecuencias iguales entre las subclases.

$C_i$  = Efecto aleatorio de la  $i$ -ésima cerda

$N_j$  = Efecto fijo del  $j$ -ésimo número de parto

$S_k$  = Efecto fijo del k-ésimo sexo

$T_l$  = Efecto fijo del l-ésimo TA

$(N*S)_{jk}$  = Interacción número de parto y sexo

$(N*T)_{jl}$  = Interacción número de parto y TA

$(S*T)_{kl}$  = Interacción sexo y TA

$e_{ijklm}$  = Error experimental aleatorio con media 0 y varianza  $\sigma^2$

Este modelo se manejó como fijo, absorbiendo el efecto de las cerdas, mediante el procedimiento de máxima verosimilitud para evitar la posible confusión existente entre cerda, número de parto y TA. En los Cuadros 4A, 5A y 6A se presentan los respectivos análisis de varianza, para las tres variables.

El análisis anterior (Modelo 1), para las variables PESOLN y PESOLD, mostró la necesidad de realizar ajustes, por sexo y número de parto dentro de TA. Tales resultados fueron también corroborados al plotear el peso de los lechones en cada parto dentro de TA. (Figura 1A y 2A). Para la variable PESOL21, solo fue necesario ajustar por número de parto. Para el respectivo ajuste por sexo se utilizó el siguiente procedimiento:

$$Y_{ijk} = \frac{Z_j}{X_{jk}} * Y_{ij} \quad (3)$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Peso ajustado por sexo en el i-ésimo individuo, para el k-ésimo sexo y la j-ésima característica.



$Z_j$  = Media de mínimos cuadrados para los machos en la  $j$ -ésima característica.

$X_{jk}$  = Media de mínimos cuadrados para la  $j$ -ésima característica en el  $k$ -ésimo sexo.

$Y_{ij}$  = Valor observado en la  $j$ -ésima característica del  $i$ -ésimo individuo.

Utilizando una fórmula semejante a la anterior, se realizó el ajuste para número de parto, en las tres variables estudiadas.

Medias de mínimos cuadrados por número de parto dentro de TA y por sexo para las variables PESOLN y PESOLD se presentan en los Cuadros 7A y 8A. En el Cuadro 9A se muestran las respectivas medias para PESOL21 por número de parto. Los factores de ajuste para estas características, generados del Modelo 1, también se incluyen en los últimos tres cuadros indicados.

Una vez, que las variables fueron ajustadas para estos factores ambientales, se generaron las nuevas variables: peso de la camada al nacimiento (PECAN), peso de la camada a los 21 días (PECA21) y peso de la camada al destete (PECAD). La variable PESOLD, para ser analizada como tal, antes de ser ajustada por sexo y por número de parto, también fue corregida para el efecto del tamaño de su propia camada. Por tal motivo, se desarrollaron tres alternativas para realizar los ajuste.

#### 1- Ajuste multiplicativo:

Para realizar este ajuste se dividieron las camadas, según el tamaño, en las 5 clases indicadas en el Cuadro 10A; también se determinó el tamaño ( $8,60 \pm 2,00$  Kg., según Cuadro 17A) y el peso promedio de todas las camadas al destete ( $54,80 \pm 14,3$  Kg., según Cuadro 17A).

El peso al destete ajustado por tamaño de la camada de los lechones se realizó de la siguiente manera:

$$\text{PESOLDA}_i = \frac{X}{Y_j(i)} * \text{PESOLD}_i \quad (4)$$

Donde:

$\text{PESOLDA}_i$  = Peso al destete, ajustado por tamaño de la camada del i-ésimo lechón.

$\text{PESOLD}_i$  = Peso al destete del i-ésimo lechón.

$X$  = Peso promedio de las camada (54,8 Kg) correspondiente al tamaño promedio de todas las camadas

$Y_j(i)$  = Peso promedio de las camadas correspondiente a la clase, según el tamaño de la camada a la que pertenece el i-ésimo lechón.

2- Expresando el peso de los lechones, como una desviación con respecto al peso promedio correspondiente al tamaño de la camada a la que pertenece el lechón.

3- Expresando el peso de los lechones, como una desviación con respecto al peso promedio de todas las camadas.

En el Cuadro 10A, se presentan los pesos promedios de los lechones al destete según las diferentes clases de tamaño de la camada. En el Cuadro 11A, están indicados los pesos promedios y las desviaciones estandares obtenidas, luego de aplicar las tres alternativas de ajuste, sobre el peso de los lechones al destete. Como los tres métodos presentan igual desviación estandar (Cuadro 11A) se utilizó el primero.

Las variables PECAN, PECA21 y PECAD, generadas mediante el procedimiento ya descrito fueron sometidas a un modelo semejante al Modelo 1, cuyo análisis mostró efecto significativo del número de parto sobre el peso de las camadas a las diferentes edades. Por tal motivo las variables PECAN, PECA21 y PECAD fueron generadas nuevamente de los pesos individuales de los lechones sin ser previamente ajustados por sexo o número de parto, siendo luego evaluadas mediante el siguiente modelo:.

Modelo 2.

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + N_j + T_k + (N*T)_{jk} + e_{ijkl} \quad (5)$$

$$i = 1, 2, \dots, 275$$

$$j = 1, 2, \dots, 8$$

$$k = 1, 2$$

Donde:

$Y_{ijklm}$  = Cualquiera de las características en estudio: peso de la camada al nacimiento (PECAN), a los 21 días (PECA21) y al destete (PECAD).

$\mu$  = Media general del conjunto de observaciones si existieran frecuencias iguales entre las subclases.

$C_i$  = Efecto aleatorio de la  $i$ -ésima cerda

$N_j$  = Efecto fijo del  $j$ -ésimo número de parto

$T_k$  = Efecto fijo del  $k$ -ésimo TA

$(N*T)_{jk}$  = Interacción número de parto y TA

$e_{ijkl}$  = Error experimental aleatorio con media 0 y varianza  $\sigma^2$

En los Cuadros 12A, 13A y 14A se presentan los respectivos análisis de varianza, para las tres variables, en los cuales se muestra la necesidad de hacer ajustes por número de parto para las variables PECAN y PECA21. Los ajustes se realizaron siguiendo el procedimiento ya descrito (3).

Medias de mínimos cuadrados y factores de ajuste por número de parto, para las variables PECAN y PECA21 generados del modelo 2, se presentan en el Cuadro 15A.

### 3.4.2 ANALISIS GENETICO PARA PECAN, PECA21, PECAD Y PESOLD

Una vez que las variables de interés fueron ajustadas, se procedió a la estimación de los parámetros genéticos (índice de constancia, índice de herencia y correlaciones genéticas).

#### 3.4.2.1 ESTIMACION DEL INDICE DE CONSTANCIA PARA PECAN, PECA21, PECAD Y PESOLD.

El índice de constancia o repetibilidad ( $r$ ) fue estimado para cada una de las variables en estudio. Para la estimación de  $r$ , cada característica fue expresada como una desviación del promedio de producción del padre del lechón dentro de la variable TA. Este procedimiento fue necesario dado las particularidades en la utilización de los verracos a través de los años. En el Cuadro 5 puede observarse que, en el material de este estudio, no todos los verracos fueron utilizados a través de todos los años, por lo que se hace evidente la presencia de una confusión TA-verraco.

CUADRO 5 Número de lechónes por verraco, según la variable TA.  
(Año nacimiento del lechón: tipo de alimento)

Nº VERRACO	TA			
	1	2	3	4
3	280	14	0	0
5	518	567	33	12
10	486	536	51	23
11	522	653	94	344
13	0	430	0	0
18	0	140	66	358
19	0	51	40	400

Una vez establecidas las desviaciones se consideró el siguiente modelo:

Modelo 3.

$$Y_{ij} = \mu + C_i + \epsilon_{ij} \quad (6)$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Cualquiera de las características en estudio (PECAN o PECA21 ajustadas por número de parto o PECAD ajustada por edad al destete. Además de ser expresadas como desviación con respecto al verraco dentro de TA.)

$\mu$  = Media general del conjunto de observaciones si existiera frecuencias iguales entre las subclases.

$C_i$  = Efecto aleatorio de la  $i$ -ésima cerda.

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental aleatorio con media 0 y varianza  $\sigma^2$

El análisis de varianza correspondiente al Modelo 3 es presentado, en forma general, en el Cuadro 6. Para calcular  $r$  se utilizaron los componentes de varianza mostrados en el

Cuadro 16A. La fórmula empleada para estimar  $r$  fue:

$$r = \frac{\sigma^2_c}{\sigma^2_c + \sigma^2_e} \quad (7)$$

Siendo:

$r$  = Índice de constancia.

$\sigma^2_c$  = Componente de varianza de las cerdas.

$\sigma^2_e$  = Componente de varianza del error.

El error estandar de  $r$  fue estimado empleando la expresión sugerida por Becker (1984).

$$Sr = \left[ \frac{2 (m-1) (1-r)^2 [1 + (k-1) r]^2}{k^2 (m-N) (N-1)} \right]^{1/2} \quad (8)$$

Donde:

$r$  = Índice de constancia.

$k$  = Tamaño de familias de medios hermanos.

$N$  = Número de partos.

$m$  = Número total de registros.

CUADRO 6 Análisis de varianza y componentes de varianza para estimar el índice de constancia (r) para las características en estudio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Esperanza de los cuadrados medios
Cerda	C-1	CM(Cerda)	$\sigma_e^2 + K_1\sigma_c^2$
Error	n-C	CM(Error)	$\sigma_e^2$

3.4.2.2 ESTIMACION DEL INDICE DE HERENCIA PARA PECAN, PECA21, PECAD.

El índice de herencia para cada característica estudiada fue obtenido como dos veces el coeficiente de regreción madre-hija. Este procedimiento parece, para este estudio, más eficiente que la correlación intraclase por las siguientes razones:

- Poco número de sementales evaluados.
- Procedencia desconocida de los sementales usados en la explotación.
- Uso de los verracos en forma no uniforme durante los tres años.

En la estimación del  $h^2$  para PECAN solamente se consideraron registros de primeros partos, pareando el primer parto de las hijas de una cerda con el correspondiente parto o registro de ésta. Para PECA21, dado el número reducido de pares madre-hija, de primeros parto, además de considerar esta posibilidad, también el índice de heredabilidad fue estimado relacionando partos de las hijas con partos de sus madres sin tomar en cuenta en número de parto correspondiente. La  $h^2$  para PECAD fue también derivado a partir de partos en donde no se consideró el número de parto de la hija ni de su la madre, un segundo estimador de  $h^2$  para PECAD, se realizó a partir de partos de la madre y de la hija producidos durante el mismos año.

Para obtener el coeficiente de regresión se empleó el siguiente modelo lineal:

Modelo 4.

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1(X - X_{..}) + \epsilon_{ij} \quad (9)$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Valor observado en la  $i$ -ésima hija, ajustado por número de parto dentro de TA, para las características PECAN y PECA21 y por edad al destete para PECAD.

$\beta_0$  = Media general del conjunto de observaciones cuando  $X - X_{..}$  es igual a cero.

$\beta_1$  = Coeficiente de regresión de la producción de la hija sobre la madre.

$X - X_{..}$  = Producción de la madre, ajustada por sexo y número de parto dentro de TA, para PECAN y PECAD y solo por sexo para PECA21.

$\epsilon_j$  = Error aleatorio con media 0 y varianza  $\sigma^2$ .

El índice de heredabilidad fue estimado como el doble de  $\beta_1$  y el error estandar como el doble del error de  $\beta_1$ .

#### 3.4.2.3 ESTIMACION DE CORRELACIONES GENETICAS ENTRE LAS CARACTERISTICAS EN ESTUDIO.

Usando un modelo similar al Modelo 4 se obtuvieron las covarianzas cruzadas y las correspondientes varianzas. Se emplearon las siguientes fórmulas para estimar las correlaciones genéticas.



$$r_G = \frac{\text{Cov}(Y_H, X_M) + \text{Cov}(Y_M, X_H)}{2 [\text{Cov}(Y_H, Y_M) * \text{Cov}(X_H, X_M)]^{1/2}} \quad (\text{Becker, 1984}) \quad (10)$$

El error estandar ( $EEr_G$ ) de esta correlación fue estimado de acuerdo a la fórmula propuesta por Becker, 1984.

$$EEr_G = \frac{1-r_G^2}{2^{1/2}} \left[ \frac{\text{EE}(h^2_1) \text{EE}(h^2_2)}{h^2_1 h^2_2} \right]^{1/2} \quad (11)$$

### 3.4.3 INDICE DE SELECCION

Uno de los grandes problemas a los que se enfrenta el desarrollo de la industria porcina nacional, es la forma en que se realiza la selección del pie de cría. Generalmente se efectúa con base en tipo y conformación de los animales, sin tomar en cuenta si son en realidad eficientes desde el punto de vista reproductivo y productivo, y si serán capaces de transmitir su potencial genético a sus descendientes.

El fenotipo de un animal está conformado por un componente genético y otro ambiental (Falconer, 1970). Así el objetivo del Índice de Selección es maximizar el promedio genético del grupo seleccionado, medido por la correlación entre el genotipo y el Índice ( $r_{I1}$ ) (Van Vleck, 1979). El índice (I) puede escribirse como:

$$I = b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_i X_i \quad (12)$$

Donde las X's se refieren al fenotipo de cada una de las

características y las  $b$ 's son calculadas de tal forma que el  $I$  sea el mejor indicador del valor genético del animal; deben maximizar la  $r_{TI}$ . Este procedimiento es explicado detalladamente por Van Vleck(1979) y por Turner y Young(1969). Para determinar los factores de ponderación ( $b$ 's), primero se debe definir el valor genético total para cada animal, el cual es la suma de los valores genotípicos para cada característica ponderado por los valores económicos:

$$H = a_1g_1 + a_2g_2 + \dots + a_i g_i \quad (13)$$

Donde  $a_i$  es el peso o valor económico de la característica  $X_i$  y  $g_i$  es el valor genotípico.

Las ecuaciones simultáneas que permiten maximizar el  $r_{TI}$ , para dos características, son según Hazel(1943):

$$\begin{aligned} b_1 \sigma^2_{X1} + b_2 \sigma_{X1,X2} &= \sigma_{X1,T} \\ b_1 \sigma_{X1,X2} + b_2 \sigma^2_{X2} &= \sigma_{X2,T} \end{aligned} \quad (14)$$

Henderson y Quaas(1976), indican que el método del índice de selección tiene múltiples usos, entre los que mencionan:

-Selección de una sola característica, en base a registros sobre el individuo y sus parientes.

-Selección de dos ó más características usando información derivada del individuo

-Selección de dos ó más características, para la cual hay a disposición, valores observados en el individuo y en su parientes.

### 3.4.3.1 INDICE DE SELECCION PARA MEJORAR UNA CARACTERISTICA.

En la construcción del índice de selección fueron evaluadas dos alternativas, para el mejoramiento genético de una característica(Ronningen y Vleck,1985). En la primera se

consideró, únicamente información de la característica a mejorar medida en el mismo individuo, definiéndose entonces el índice como:

$$I_K = b_1 X_1 = h^2 X_1 \quad (15)$$

Donde:

$I_K$  = Valor del I para individuo K

$b$  = Factor de ponderación para el fenotipo de la característica  $i$  en el individuo  $K(X_1)$ .

Para la segunda alternativa realizada, al no contarse con la información requerida se realizó con información simulada. El índice incluyó, además de la información del individuo (X), registros de sus hermanas completas (HC), medio hermanas paternas (MHP) e información de su madre (M). Por lo que el índice está determinado por la siguiente expresión:

$$I_K = b_1(X) + b_2(HC) + b_3(MHP) + b_4(M) \quad (17)$$

Según Ronningen y Van Vleck (1985), para construir este índice es necesario tres elementos en el sistema de ecuaciones.

a) Elementos sobre la diagonal

$$\sigma_{ii}^2 = \begin{vmatrix} \Gamma & & \\ | \frac{(1 + (n-1)r/n + a_{ij}h^2(p-1))}{p} & & \\ L & & J \end{vmatrix} \sigma_X^2 \quad (18)$$

Donde:

$h^2$  = Índice de heredabilidad.

$r$  = Índice de constancia.

$n$  = Número de registros por individuo dentro de familia.

$p$  = Número de miembros por familia.

$a_{ij}$  = Es el parentesco entre grupos de familia.

b) Elementos fuera de la diagonal.

$$\text{Cov}(X_i, X_j) = a_{ij}\sigma_G^2$$

c) Miembros del lado derecho e izquierdo..

$$\text{Cov}(X_i, T) = a_{i\alpha}\sigma_G^2 = a_{i\alpha}h\sigma_F^2$$

Donde:

$a_{i\alpha}$  = Es la relación genética aditiva entre el individuo  $\alpha$  que se está evaluando y el pariente  $i$  del  $\alpha$  que está proporcionando la información para la elaboración del índice(I).

En las dos alternativas la respuesta, o cambio genético directo (CGD) y correlacionado (CGC) fue obtenido siguiendo el procedimiento sugerido por Van Vleck (1979) y Ronningen y Van Vleck(1985).

$$\text{CGD} = D\sigma_I \quad (19)$$

$$\text{CGC}_j = \frac{\text{Cov}(G_j, I)}{\sigma_I} \quad (20)$$

Donde:

$D$  = Es la intensidad de selección

$\sigma_I$  = Es la raíz cuadrada de la varianza del índice.

$$\sigma_I = (\sum b_1^2 \sigma_{x_1}^2 + n(n-1)b_1 b_j \text{Cov}(X_1 X_j))^{1/2}$$

### 3.4.3.2 INDICE DE SELECCION PARA MEJORAR DOS O MAS CARACTERISTICAS.

Este método de selección considera el mejoramiento de más de una característica y depende básicamente de los parámetros genéticos  $h^2$ ,  $r^2$ , así como de las var-covarianzas fenotípicas y los respectivos valores económicos de cada característica (Ronningen y Van Vleck, 1985). Los valores económicos o peso relativo que se le asigna a cada característica a mejorar, fueron obtenidos, según la ponderación que la porqueriza da a cada una de ellas: valores de 1, 2 y 3 unidades para PECAN, PECA21 Y PECAD, respectivamente.

El índice, en forma general sería:  $I = \sum b_1 x_1$

La solución para los b's se obtiene según el sistema de ecuaciones normales establecidos anteriormente (14). Los cambios genéticos son obtenidos mediante la expresión de Van Vleck (1979).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente trabajo se realizó una evaluación genética y ambiental para las características de peso de la camada al parto, a los 21 días de edad y al destete, como así mismo se consideraron los pesos individuales de los lechones a las diferentes edades indicadas. A continuación se presentarán los resultados obtenidos y la discusión de relevancia en torno a estos.

##### 4.1 FACTORES AMBIENTALES

Los factores no genéticos considerados en el presente estudio para la evaluación individual de los pesos de los lechones incluyeron: número de parto (NUMPA), sexo, año de nacimiento de los lechones combinado con el tipo de alimento (TA) y las interacciones entre ellos, factores que fueron evaluados mediante el Modelo 1. La evaluación de los pesos de las camadas a diferente edad, se realizó mediante el Modelo 2 el que considera los factores no genéticos ya indicados, a excepción del sexo.

Los Cuadros 4A, 5A y 6A, muestran los análisis de varianza de mínimos cuadrados obtenidos para peso individual de los lechones a diferente edad; en los Cuadros 7A, 8A y 9A se presentan los análisis de varianza de mínimos cuadrados para los correspondientes pesos de las camadas. Puede observarse que el peso de los lechones al nacimiento (Cuadro 4A) y al destete (Cuadro 6A) están influidos en forma estadísticamente significativa ( $P < 0,01$ ) por el número de parto de la cerda, sexo, TA y la interacción NUMPA\*TA. El peso de los lechones a los 21 días, (Cuadro 5A) es afectado significativamente ( $P < 0,01$ ) por NUMPA y por TA.

En general, estos resultados están de acuerdo con lo

indicado en la literatura. Velasco y Quijandría(1978), en Perú y Vecchionacce et al.(1979) en Venezuela, reportan que el número de parto y sexo afectan en forma significativa los pesos de los lechones al nacimiento, a los 21 días y al destete. Resultados semejantes, a partir de investigaciones realizadas en otros países de América Latina, son reportados por Peña et al.(1979), Rico et al.(1979) y Peña y Verde(1983), quienes constataron el efecto de número de parto de la cerda sobre el peso de los lechones al nacimiento, a las tres semanas de edad y al destete.

En los Cuadros 7A y 8A se observa que el número de parto de la cerda afectó en forma significativa el peso de la camada al nacimiento y a los 21 días, pero su efecto sobre el peso de la camada al destete (Cuadro 9A) no fue importante. El efecto significativo del parto ( $P < 0.01$ ) sobre el peso de la camada al parto y a las tres semanas se manifestó en forma general en un incremento de los pesos hasta el quinto parto (12,34, 14,49, 14,19, 15,01 y 15,56 Kg. al nacer y 38,93, 45.33, 45,68, 46,85 y 48,48 Kg. a los 21 días, respectivamente), disminuyendo posteriormente. Resultados similares fueron reportados por Rico et al. (1979) y Rico(1981), quienes encontraron un incremento en los pesos de las camadas hasta el tercer parto, afectando también el peso al destete. Gaugler et al.(1984), también determinaron evidencias del efecto del parto sobre el peso de las camadas a diferentes edades. Navarro et al.(1985), según resultados de su estudio, indican tendencias similares, solo que las camadas más pesadas fueron las del cuarto parto.

Las relaciones de la eficiencia reproductiva y productiva de la cerda con su edad, obtenida en la presente investigación, son según la literatura consultada, similares a las encontradas en otros países.

#### 4.2 INDICE DE CONSTANCIA O REPETIBILIDAD.

Los factores genéticos considerados en el presente estudio corresponden a la cerda (Modelo 3). Para eliminar los efectos del padre, cada característica fue expresada como una desviación del promedio de producción del padre de los lechones, dentro de la variable TA. Los Cuadros 7, 8 y 9, muestran en análisis de varianza de mínimos cuadrados obtenidos para cada característica estudiada.

Cuadro 7 Análisis de varianza de mínimos cuadrados para peso de la camada al nacimiento (PECAN).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Prob
Cerda	275	15,96	1,94	0,000
Error	309	8,23		

Cuadro 8 Análisis de varianza de mínimos cuadrados para peso de la camada a los 21 días de edad (PECA21).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Prob
Cerda	180	172,15	1,34	0,051
Error	101	128,19		



Cuadro 9 Análisis de varianza de mínimos cuadrados para peso de la camada al destete (PECAD).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor de F	Prob
Cerda	253	235,63	1,78	0,000
Error	269	137,31		

En estos cuadros puede observarse que la cerda fue una fuente importantes de variación para las tres características.

Utilizando el Modelo 3 se generaron los componentes de variación asociados a las cerdas (Cuadro 12A). Estos componentes se emplearon en la estimación de  $r$ , para las distintas características analizadas en este estudio, las cuales se presentan en el Cuadro 10.

Cuadro 10 Estimadores del índice de repetibilidad( $r$ ), de heredabilidad ( $h^2$ ) y error estandar para las tres características estudiadas.

Característica	$n^0$	$h^2$	$n^1$	$r$
PECAN	114	0,13±0,18	585	0,31±0,003
PECA21	320	0,19±0,13	282	0,18±0,010
PECAD	962	0,03±0,06	523	0,26±0,003

$n^0$  =número de pares madre-hija.

$n^1$  =Número de camadas.

Estimadores de índice de repetibilidad, para las características evaluadas en el presente trabajo, son escasos en América Latina, por lo que, no fue posible comparar los estimadores obtenidos en este estudio con otros que se hallan determinado bajo las condiciones de la región trópicar. Por otro lado, comparando los valores de  $r$ , derivados en el presente estudio, con estimadores encontrados en trabajos realizados bajo condiciones templadas, puede obsevarse que

algunos son similares, pero la mayoría divergentes.

Fredeen y Mikami (1986), en una población porcina que estuvo bajo la influencia de diferentes Índice de Selección reportaron estimadores de repetibilidad para PECAN con valores de 0,039, 0,132 y 0,232, estimadores que son inferiores a los obtenidos en este estudio.

Ferguson et al. (1985), al hacer la evaluación sobre cerdos de la raza Yorkshire, reportaron un valor de  $r$  para PECAN de  $0,27 \pm 0,06$ , estimador un tanto similar al derivado de este estudio, sin embargo, el estimador para las raza Duroc fue solo de  $0,14 \pm 0,06$ .

Estimadores de  $r$  para peso de la camada a los 21 días, de 0,15 en la raza Large White y de 0,13 para la raza Landrace fueron reportados por Strang y King (1970) y Strang y Smith (1979), respectivamente, los cuales son, un poco más bajos al obtenido en este estudio. Ferguson et al. (1985), para la raza Duroc, reportó un valor de  $r$  de  $0,17 \pm 0,06$ , el cual es similar con el de este trabajo, sin embargo, este autor encontró para la raza Yorkshire un estimador superior ( $0,24 \pm 0,06$ ).

El estimador de 0,26 para PECAD (Cuadro 10), es de una magnitud superior a los reportados por Urban (1966), Ferguson et al. (1985), Strang y King (1970), los que dan estimadores de  $0,05 \pm 0,03$ ,  $0,17 \pm 0,06$  y de 0,04, respectivamente. También es superior a los valores de 0,107 y de 0,075, hallados por Fredeen y Makimi (1986), al evaluar datos provenientes de dos grupos de cerdos, en los que se aplicaba diferentes Índices de Selección; pero sí, esta más cerca al obtenido en este estudio, cuando se evaluaron los dos grupos como una población única ( $r=0,22$ ).

En general los resultados obtenidos en el presente estudio para PECAN, PECA21 y PECAD, indican una heredabilidad

mediana para la capacidad maternal.

#### 4.3 INDICE DE HERENCIA O HEREDABILIDAD

El índice de herencia para las características evaluadas en el presente estudio, se obtuvo a partir de un análisis de regresión entre los registros de las hijas y los registros de sus madres. Estos índices se presentan en el Cuadro 10.

Estimadores de índice de herencia para peso de la camada al nacimiento de  $0,19 \pm 0,05$ ,  $0,16 \pm 0,10$  y de  $0,21 \pm 0,14$ , han sido reportados por Urban et al. (1966), Punfrey et al. (1975) y Ferguson et al. (1985), respectivamente, los cuales, son superiores al valor de  $0,132 \pm 0,18$  encontrado en el presente estudio. Valores superiores son también, los reportados por Cummings et al. (1974), Edwards (1971), Irvin y Swiger (1984), Ferguson et al. (1985), quienes obtuvieron estimadores que oscilaron entre 0,27 y 0,53; así mismo, es inferior al estimado por Pérez y Suárez (1986), quienes obtuvieron un  $h^2$  para PECAN de  $0,31 \pm 0,17$ , bajo las condiciones de Cuba.

Por el contrario, Strang y King (1970), reportaron un estimador de  $h^2$  para PECAN de  $0,08 \pm 0,02$  el cual es de un valor inferior, en tanto que, el estimador encontrado por Mc. Carter et al. (1987), de  $0,13 \pm 0,02$ , coincide con el obtenido en esta investigación; también es muy parecido al estimador de  $h^2$  para peso de camada al nacimiento en conejos, reportado por Kholit et al. (1987).

El estimador de  $h^2$  para PECA21 de  $0,19 \pm 0,13$  (Cuadro 10) es igual al encontrado por Ferguson et al. (1985), para la raza Yorkshire, pero inferior al valor de  $0,25 \pm 0,15$  obtenido por los mismos autores en la raza Duroc. Así mismo está por debajo de los valores estimados por otros investigadores, como por ejemplo, Edwards (1971), con 114 pares de madre-hija, reportó un

estimador para  $h^2$  de  $0,24 \pm 0,22$ . York y Robinson (1985), por su parte hallaron estimadores aún mayores,  $0,70 \pm 0,57$ ,  $0,56 \pm 0,69$ , cuando el análisis fue realizado a través de medios hermanos paternos y maternos, respectivamente y de  $0,35 \pm 0,36$  cuando la evaluación fue por medio del coeficiente de regresión entre madre-hija.

Bajo las condiciones tropicales, Pérez y Suárez (1986), en Cuba, reportaron un estimador de  $h^2$  de  $0,24 \pm 0,17$ , el que es ligeramente superior al estimado en este trabajo.

Estimadores de índice de heredabilidad inferiores al del presente estudio fueron obtenidos por Strang y Smith (1979), al estimar un  $h^2$  de  $0,08 \pm 0,04$  y  $0,11$  para las razas Large White y Landrace, respectivamente, al realizar la evaluación mediante el coeficiente de regresión entre madre e hija; según los autores estos valores son  $0,09 \pm 0,04$  y  $0,07 \pm 0,04$ , para cada una de las razas, cuando el  $h^2$  se determinó mediante la correlación entre medios hermanos paternos. Irvin y Swiger (1984) también mediante este último sistema indicado, reportaron una  $h^2$  de  $0,17 \pm 0,11$ , la cual esta muy próxima al valor estimado en el presente estudio.

El índice de herencia de  $0,03 \pm 0,06$ , para peso de la camada al destete (Cuadro 10), es igual a los reportados por Strang y Smith (1979) y por Strang y King (1970), determinados mediante análisis de regresión entre madre e hija, pero ligeramente inferior al reportado por Cummings *et al.* (1947), de  $0,064 \pm 0,139$ .

Bernard *et al.* (1954), reportaron un estimador más bajo (0,02) que el obtenido en esta investigación. Pumfrey *et al.* (1975), por su parte indican un estimador aún más bajo ( $-0,07 \pm 0,1$ ).

Estimadores de  $h^2$  para PECAD superiores al derivado en

este trabajo han sido suministrados por varios investigadores, Urban(1966), Edwards(1975), y por York y Robison(1985), como resultado de un análisis de regresión entre madre-hija. Por su parte, Young et al. (1978), Strang y Smith (1979), Irvin y Swiger (1984), Ferguson et al. (1985) y York y Robison (1985) reportaron valores de  $0,38 \pm 0,24$ ,  $0,18 \pm 0,05$ ,  $0,15 \pm 0,11$ ,  $0,24 \pm 0,14$  y  $0,26 \pm 0,15$  y  $0,86 \pm 0,56$ , respectivamente, los cuales fueron estimados a través de correlación entre medios hermanos paternos. Pérez y Suárez (1986), también reportaron un índice de heredabilidad para PECAD ( $h^2=0,26 \pm 0,18$ ) superior al determinado en el presente estudio.

Las heredabilidades encontradas para PECAN y PECA21 (Cuadro 10) son en bajas, pero aún son indicadoras de la presencia de varianza genética aditiva para estas características, bajo condiciones tropicales, lo que hace posible que se pueda ejercer selección

#### 4.4. CORRELACIONES GENÉTICAS Y FENOTÍPICAS

Las correlaciones genéticas entre las características estudiadas en el presente trabajo fueron obtenidas a partir de análisis de pares madre-hija. El Cuadro 11 muestra las varianzas, covarianzas y correlaciones genéticas, entre las características consideradas en el presente estudio y en el Cuadro 12 se presentan las respectivas varianzas, covarianzas y correlaciones fenotípicas.

CUADRO 11 Varianzas, covarianzas y correlaciones genéticas entre las características estudiadas

Caract.	PECAN	PECA21	PECAD
PECAN	1,55 <sup>1/</sup>	2,12	2,73
PECA21	0,31±0,76	30,03	7,23
PECAD	0,93±0,12	0,56±0,81	5,55

1/ Elementos sobre la diagonal son varianzas, arriba son covarianzas y debajo de la diagonal son correlaciones genéticas.

CUADRO 12 Varianzas, covarianzas y correlaciones fenotípicas entre las características estudiadas.

Caract	PECAN	PECA21	PECAD
PECAN	11,89 <sup>1/</sup>	29,99	33,12
PECA21	0,71	158,03	147,59
PECAD	0,71	0,88	184,97

1/ Elementos sobre la diagonal son varianzas, arriba son covarianzas y debajo de la diagonal son correlaciones fenotípicas.

En general, los valores estimados de las correlaciones entre las diferentes características, están de acuerdo con los pocos estimadores encontrados en la literatura. Sin embargo, el grado de relación que se presenta entre PECAN y PECA21 y PECAN con PECAD no está de acuerdo con lo indicado en algunos trabajos, por ejemplo Ferguson *et al.* (1985), determinaron que la correlación entre PECAN con PECAD es más baja que la correlación entre PECA21 y PECAD,  $0,43 \pm 0,23$  y  $1,03 \pm 0,03$ , respectivamente, pero si coincide con la relación que fue reportada por Irvin y Swinger (1984), al encontrar que se presenta una mayor correlación genética entre PECAN y PECAD ( $1,03 \pm 0,28$ ), que entre PECA21 y PECAD ( $0,67 \pm 0,27$ ).

La correlación genética ( $r_g$ ) entre PECAN y PECA21 de  $0,31 \pm$

encontrada en este trabajo (Cuadro 11), coincide con la  $r_g$  reportada por Pérez y Suárez (1986) en estudios realizados en Cuba; pero es inferior a la correlación de  $0,43 \pm 0,25$  estimada por Ferguson *et al.* (1985)

La correlación genética entre PECAN y PECAD (Cuadro 11), es superior a las correlaciones encontradas en la literatura revisada. Young *et al.* (1978) a partir de la evaluación de 2095 cerdas, determinaron una correlación de  $0,55 \pm 0,72$ , también de menor magnitud que las correlaciones de  $0,43 \pm 0,23$  y  $0,56$ , reportadas por Ferguson *et al.* (1985) y Pérez y Suárez (1986), respectivamente.

El valor estimado de  $0,56$ , correspondiente a la correlación genética entre PECA21 y PECAD (Cuadro 11), es más alto que el valor de  $0,30$  reportado por Strang y King (1970), pero es inferior a las correlaciones estimadas por Ferguson *et al.* (1985) y por Pérez y Suárez (1986), los que reportaran correlaciones genéticas entre estas características con valores cercanos a  $1,00$ .

Las correlaciones fenotípicas ( $r_f$ ) obtenidas en este estudio de  $0,71$  entre PECAN y PECA21,  $0,71$  entre PECAN y PECAD, así como la correlación de  $0,88$  entre PECA21 y PECAD (Cuadro 12), son muy similares a las estimadas por Edwards y Amtvedt (1971), a partir del análisis de 114 pares de hijas-madres ( $r_f=0,71$  entre PECAN y PECA21,  $r_f=0,75$  para PECAN y PECAD y  $r_f=0,83$  entre PECA21 y PECAD). También la correlación entre PECA21 y PECAD en el presente análisis, es muy semejante a las reportadas por Ferguson *et al.* (1985) ( $r_f=0,94$ ) y por Pérez y Suárez (1986) ( $r_f=0,80$ ); en tanto que las correlaciones entre PECAN con las otras dos características (PECA21 y PECAD), reportadas por estos mismos investigadores son inferiores a las obtenidas en este trabajo. Pérez y Suárez (1986) indicaron  $r_f=0,58$  y  $r_f=0,51$  para PECAN y PECA21 y entre PECAN y PECAD, respectivamente. Ferguson *et al.* (1985) señalaron valores de

0,57 para la  $r_f$  entre PECAN y PECA21 y de 0,50 entre PECAN y PECAD. Así mismo las correlaciones fenotípicas entre PECAN y PECAD, PECAN y PECA21 (Cuadro 12), son superiores a la correlación fenotípica entre PECAN y PECAD ( $r_f=0,55\pm 0,72$ ) estimada por Young *et al.* (1978) y la correlación entre PECAN y PECA21 ( $r_f=0,63$ ) estimada por Bereskin y Fobish (1981).

De acuerdo a las correlaciones fenotípicas obtenidas en este estudio, el peso de la camada al nacer explica el 50% de la variación del peso de la camada a los 21 días y al destete ( $r_f = 0,71$ ). La variación del peso de la camada al destete explicada por el peso de la camada a los 21 días es de un 77% ( $r_f = 0,88$ ).

En general las correlaciones genéticas y fenotípicas entre las características analizadas son positivas y de alta magnitud, mostrando una asociación favorable, por lo que puede ser logrado un mejoramiento simultáneo en estas características, a través de un programa de selección múltiple.

#### 4.5 INDICE DE SELECCION

En el presente estudio se evaluaron varios modelos de índices de selección en base a los parámetros genéticos y fenotípicos derivados de el mismo. La respuesta directa o correlacionada en una generación a partir de selección se expresó como el cambio genético esperado para un diferencial de selección de una desviación estandar fenotípica ( $i=1$ ). Teniendo presente, que la posibilidad de lograr adelantos genéticos en una característica, depende del Índice de Herencia y de la variabilidad de dicha característica, en el presente trabajo se utilizó PECAD ( $h^2=0,03$ ), en la generación de algunos Índices de Selección para observar su efecto relativo sobre el cambio genético esperado, considerando la heredabilidad extremadamente baja.



#### 4.5.1 SELECCION INDIVIDUAL

Las respuestas esperadas directas o cambios genéticos directos (CGD) y las correlacionadas (CGC), a partir de selección para una sola característica, presentadas en el Cuadro 13, fueron estimadas empleando las expresiones propuestas por Ronningen y Van Vleck (1985). En el Cuadro 14 se muestran los mismos cambios genéticos pero expresados como una proporción del cambio directo.

Cuadro 13 Cambio genético esperado (CG)<sub>i</sub>/ por generación en PECAN, PECA21, PECAD y correlación entre el genotipo y el índice (r) para selección simple de una característica (i=1).

CARACTERISTICA	Cambio Genético para rendimiento (Kg) <sup>2/</sup>			r
	PECAN	PECA21	PECAD	
PECAN	0,45	0,61	0,78	0,36
PECA21	0,17	2,39	0,57	0,44
PECAD	0,20	0,53	0,41	0,17

1/ Unidades por generación de selección

2/ Elementos sobre la diagonal representan respuestas directas al seleccionar para esa característica. Valores arriba y abajo de la diagonal son respuestas correlacionadas.

Cuadro 14 Cambio genético esperado (CG) expresado como una proporción del CG directo (CGD) producto de seleccionar sobre una simple característica (i=1).

CARACTERISTICA	Cambio Genético para rendimiento en %		
	PECAN	PECA21	PECAD
PECAN	100	26	190
PECA21	38	100	139
PECAD	44	22	100

Según el Cuadro 13, la selección directa para la característica PECAN, conduce a un cambio genético correlacionado con PECAD en 0,78 Kg., el cual es superior a 0,41 Kg., respuesta directa que se obtendría si la selección fuera sobre PECAD. Por otra parte, la eficiencia de selección en PECAN para mejorar PECA21 y PECAD, sería de un 26% y de un 190%, respectivamente, en relación a la selección directa para cada una de estas características (Cuadro 14).

En el Cuadro 13 se observa además que la selección para PECA21, también induce un cambio genético correlacionado (0,57 Kg.) en PECAD, superior al que se obtendría al seleccionar directamente sobre esta característica, sin embargo, su eficiencia para mejorar PECAD es inferior a la lograda a través de PECAN, lo que puede ser un efecto provocado por las correlaciones genéticas estimadas en este estudio (Cuadro 11). Además, la selección sobre PECA21 mejoraría solo un 38% en PECAN, en relación a la selección directa para esta última característica.

El cambio genético directo al seleccionar sobre PECAD de 0,41 Kg., es inferior, como ya se a indicado, a las respuestas correlacionas obtenidas para esta característica al seleccionar para PECAN o ,para PECA21 (Cuadro 13 y 14), así mismo la selección con base en PECAD es la que produce la respuesta correlacionada más pobre en las otras características. La

selección directa sobre PECAD produciría un pobre mejoramiento en las tres características involucradas en este estudio; tendría una eficiencia de solo un 44% en PECAN y de un 22% en PECA21, en comparación con la selección directa ejercida para estas dos características. Este resultado es de esperar, dado el bajo Índice de Herencia obtenido para esta característica.

La Figura 1 muestra el efecto de la selección directa y las respuestas correlacionadas en las distintas características al seleccionar sobre cada una de ellas. Esta figura indica en general la mayor eficiencia al usar PECAN como característica de selección. De aquí se desprende que si hubiera que mejorar genéticamente la productividad de las cerdas en base a la selección para una sola característica (de las evaluadas), el índice más conveniente sería aquel que considere el peso de la camada al nacimiento:

$$I_1 = 0,13 * PECAN.$$

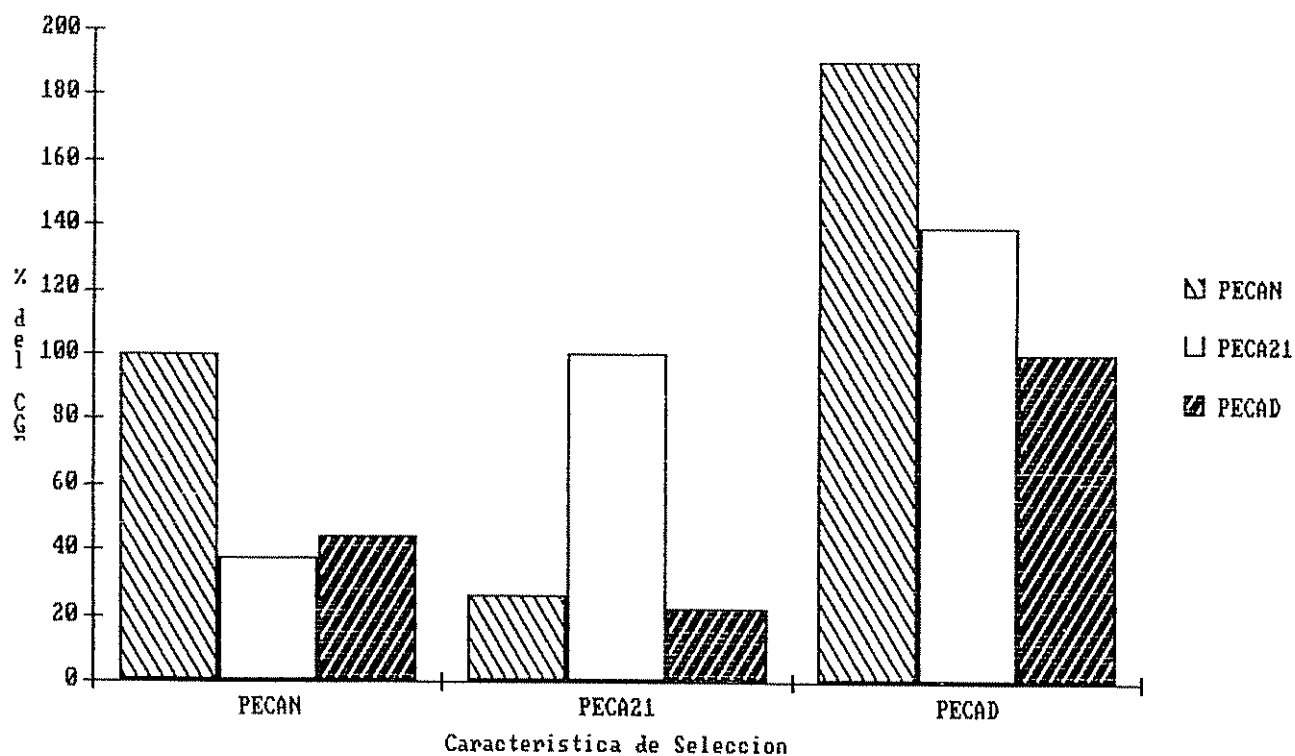


Fig 1. Cambio genético esperado (CG) expresado como una proporción del CG directo para cada una de las características estudiadas al seleccionar sobre PECAN, PECA21 ó PECAD.

#### 4.5.2 INDICE DE SELECCION PARA MEJORAR DOS O MAS CARACTERISTICAS

Cuadro 15. Cambio genético esperado (CG)<sup>1/</sup> en las distintas características estudiadas al seleccionar para mejorar dos o más características (i=1)

PECAN	Indice basado en		CG PARA RENDIMIENTO (Kg)		
	PECA21	PECAD	PECAN	PECA21	PECAD
-0,992/ <sup>2/</sup>	0,58		0,00	2,81	-
1,05		-0,08	0,48		0,82
	1,43	0,97		3,88	0,53
0,50	1,38	-1,00	0,10	3,77	0,61

1/ Unidades por generación de selección.

2/ Coeficiente de ponderación (b) de las características.

En el Cuadro 15 se presentan las respuestas que resultarían en cada una de las características, si se aplicara selección para mejorar dos o las tres características simultáneamente. Se puede observar que si se selecciona sobre PECAN en combinación con PECA21, no se produce ningún cambio genético sobre PECAN, en tanto que la respuesta obtenida en PECA21 (2,81 Kg) es superior a las respuesta directa y correlacionada obtenidas mediante selección individual (Cuadro 13).

Al considerar PECAN y PECAD, como características a seleccionar, se tiene que el cambio genético esperado para estas características es de 0,48 y 0,82, respectivamente, valores que son superiores a los obtenidos a través de las otras combinaciones evaluadas, en que se involucra una o ambas características, bajo este tipo de Índice. El cambio genético obtenido para PECAN, contrasta con el obtenido para esta característica al ser combinada con PECA21, lo que puede ser provocado por el valor económico alto dado a PECAD y a la alta correlación genética ( $0,93 \pm 0,12$ ) entre estas dos características.

La combinación de PECA21 y PECAD, produce el mayor cambio genético para PECA21, pero no así para PECAD, resultado que se puede atribuir a la correlación genética intermedia (Cuadro 11) entre estas características y al bajo índice de heredabilidad de PECAD.

Si al Índice de selección que combina PECAN y PECA21, se le adiciona PECAD, se produce un cambio genético en PECAN (0,10 KG), lo cual, nuevamente confirma el efecto del valor económico de PECAD y de la alta correlación genética entre PECAN y PECAD, apesar del bajo Índice de herencia de PECAD. Al ser PECAN la característica que se adiciona al Índice que combina PECA21 y PECAD, tenemos que el cambio genético para PECA21 disminuye, como resultado de la baja correlación genética con PECAN. Por su parte, el cambio genético para PECAD aumenta, lo cual puede ser provocado por la alta correlación genética entre PECAN Y PECAD, como ya se ha indicado.

#### 4.5.3. SELECCION CONSIDERANDO INFORMACION DEL INDIVIDUO Y SUS PARIENTES PARA MEJORAR SOLO UNA CARACTERISTICA.

En el presente trabajo no se pudo determinar el número de medias hermanas paternas (MHP) ni de hermanas completas (HC), así como tampoco el número de registros de cada una de ellas, por lo que no se realizaron índices de selección, considerando las condiciones reales de los registros en cada uno de los parientes del individuo sujeto a selección.

Sin embargo, con el fin de observar el efecto en el cambio genético, al incluir en el índice de selección información de los parientes, se generaron respuestas genéticas a partir de diferentes número de miembros por grupo de parentesco y con

diferente número de registros por individuo.

El Cuadro 16 presenta los coeficientes de correlación múltiple ( $r_{TII}$ ), los cambios genéticos esperados y los coeficientes de ponderación para cada una de las fuentes de información al seleccionar sobre PECAN. Los Cuadros 17 y 18 muestran los mismos resultados pero seleccionando sobre PECA21 y PECAD. Los coeficientes de correlación múltiple representan la correlación estimada entre el genotipo y el índice, por lo que puede ser usado para juzgar la utilidad de las diferentes clases de parientes, así como la información que se tenga de ellos.

Un punto de comparación para evaluar el efecto de incluir otras fuentes de información distintas a las del individuo a seleccionar (en este estudio: las cerdas) es la correlación ( $r$ ) entre el fenotipo y el genotipo, cuando la selección es en base a solo un registro de producción del mismo individuo. En el presente estudio los valores de las  $r$  son de 0,36, 0,44 y 0,17 al seleccionar para PECAN, PECA21 y PECAD, respectivamente (Cuadro 16, 17 y 18, Comb. 1).

El Cuadro 16 muestra, que si se evalúa un animal sin considerar su propia información, el índice de selección sería menos eficiente que la selección individual, a no ser que se tenga información de un número determinado de MHP ó de HC. Así por ejemplo, al seleccionar sobre PECAN, con base en 32 MHP cada una con un registro (Comb 14) ó 20 MHP cada una con dos registros (Comb 15), la información suministrada equivale a un registro del mismo individuo a seleccionar (la cerda). Al contar con información de 5 HC cada una con un registro (Comb 22) ó 3 HC cada una con 2 registros (Comb 23), la información suministradas por ellas, equivale a un registro del mismo individuo a seleccionar. Esto es un reflejo de la mayor importancia relativa de las HC, sobre las MHP, en la evaluación genética.

Si se considera un solo registro para todos los grupos familiares, en el Cuadro 16 (Comb. 30) puede verse que la  $r_{TI}$  es de 0,43, lo que implica una mejora en la correlación entre genotipo y el índice de 19,44%, comparado con la selección individual (Cuadro 18, Comb 1). Al incluir la información de un registro de una hermana completa y un registro de la cerda (Cuadro 16, Comb 60) , la  $r_{TI}$  es de 0,39, lo cual implica una mejora del 8,33% en selección con la selección individual; igual mejora se logra si en lugar de una HC se tiene un registro de la Madre de la cerda (Comb 55). Si se utiliza el registro de una MHP (Cuadro 16, Comb 49), la  $r_{TI}$  es de 0,37, lo que significa una mejora de solo 2,78%. Estos resultados son concordantes con los obtenidos en Ganado de Leche por Salgado (1988) al aplicar selección sobre las características producción de leche a los 305 días y producción de leche por peso metabólico.

Aunque la madre y las HC contribuyen más que las MHP en la evaluación genética, la respuesta esperada al incluir un registro de cualquiera de estas fuentes de información en forma individual y adicional a la información de la cerda, parece no ser de gran importancia. Sin embargo, al ser consideradas todas estas informaciones juntas (Cuadro 16, Comb 30) se produce un efecto aditivo en la evaluación genética. Esto implica que el uso de información de el individuo, MHP. HC y de la madre, es 1.19 veces más eficiente que si se usaran solo registros del individuo.

Resultados similares, a lo expuesto previamente se encontraron si las características empleadas en la selección es PECA21 (Cuadro 17) ó PECAD (Cuadro 18).

Los Cuadros 16, 17 y 18 también muestran que al aumentar el número de registros del individuo, la  $r_{TI}$  crece en forma más acelerada a si los registros que aumentan pertenecieran a HC,



madre ó MHP. En presencia de tres registros del individuo, la información proveniente de las HC, de la madre o de las MHP juegan un papel de muy poca importancia en la evaluación genética del individuo a seleccionar.

Cuadro 16 Cambio genético esperado por generación para las distintas características estudiadas y correlación entre el genotipo y el índice (r) al seleccionar sobre PECAN usando diferentes números de registros de distintas fuentes de información.

Comb.	Ponderación				Tipo de información							CG (Kg)			r
	Cerda	MHP	MADRE	HC	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	PECAN	PECA21	PECAD	
1	0,13				1	0	0	0	0	0	0	0,45	0,61	0,79	0,36
2	0,20				2	0	0	0	0	0	0	0,55	0,76	0,98	0,45
3	0,24				3	0	0	0	0	0	0	0,61	0,84	1,08	0,49
4	0,27				4	0	0	0	0	0	0	0,65	0,89	1,14	0,52
5		0,03			0	1	0	0	1	0	0	0,11	0,15	0,20	0,09
6		0,09			0	1	0	0	3	0	0	0,19	0,26	0,33	0,15
7		0,14			0	1	0	0	5	0	0	0,24	0,32	0,42	0,19
8		0,06			0	3	0	0	1	0	0	0,15	0,21	0,27	0,12
9		0,16			0	3	0	0	3	0	0	0,25	0,34	0,44	0,20
10		0,24			0	3	0	0	5	0	0	0,31	0,42	0,54	0,25
11		0,07			0	5	0	0	1	0	0	0,17	0,23	0,30	0,13
12		0,19			0	5	0	0	3	0	0	0,27	0,37	0,48	0,22
13		0,28			0	5	0	0	5	0	0	0,33	0,45	0,58	0,27
14		0,52			0	1	0	0	32	0	0	0,45	0,61	0,79	0,36
15		0,51			0	2	0	0	20	0	0	0,44	0,61	0,78	0,36
16			0,07		0	0	1	0	0	1	0	0,22	0,31	0,40	0,18
17			0,12		0	0	3	0	0	1	0	0,31	0,42	0,54	0,25
18			0,15		0	0	5	0	0	1	0	0,33	0,46	0,59	0,27
19			0,17		0	0	10	0	0	1	0	0,36	0,50	0,64	0,29
20				0,07	0	0	0	1	0	0	1	0,22	0,31	0,40	0,18
21				0,18	0	0	0	1	0	0	3	0,37	0,50	0,65	0,29
22				0,26	0	0	0	1	0	0	5	0,45	0,61	0,79	0,36
23				0,25	0	0	0	2	0	0	3	0,44	0,60	0,77	0,36
24				0,12	0	0	0	3	0	0	1	0,31	0,42	0,54	0,25
25				0,29	0	0	0	3	0	0	3	0,47	0,65	0,84	0,38
26				0,41	0	0	0	3	0	0	5	0,56	0,77	0,99	0,45
27				0,15	0	0	0	5	0	0	1	0,33	0,46	0,59	0,27
28				0,34	0	0	0	5	0	0	3	0,51	0,70	0,90	0,41
29				0,46	0	0	0	5	0	0	5	0,60	0,82	1,05	0,48
30	0,12	0,03	0,05	0,05	1	1	1	1	1	1	1	0,53	0,73	0,94	0,43
31	0,12	0,05	0,05	0,05	1	1	1	1	2	1	1	0,54	0,74	0,95	0,43
32	0,12	0,08	0,05	0,05	1	1	1	1	3	1	1	0,55	0,75	0,96	0,44
33	0,12	0,10	0,05	0,05	1	1	1	1	4	1	1	0,55	0,76	0,97	0,44
34	0,12	0,12	0,05	0,05	1	1	1	1	5	1	1	0,56	0,76	0,98	0,45
35	0,12	0,16	0,05	0,05	1	1	1	1	7	1	1	0,57	0,78	1,00	0,46
36	0,12	0,21	0,05	0,05	1	1	1	1	10	1	1	0,58	0,80	1,03	0,47
37	0,12	0,03	0,05	0,10	1	1	1	1	1	1	2	0,56	0,76	0,98	0,45
38	0,12	0,02	0,05	0,14	1	1	1	1	1	1	3	0,58	0,80	1,03	0,47
39	0,12	0,02	0,05	0,18	1	1	1	1	1	1	4	0,60	0,82	1,06	0,48
40	0,11	0,02	0,04	0,21	1	1	1	1	1	1	5	0,62	0,85	1,09	0,50
41	0,11	0,02	0,04	0,23	1	1	1	1	1	1	7	0,65	0,89	1,14	0,52
42	0,12	0,11	0,05	0,09	1	1	1	1	5	1	2	0,58	0,80	1,03	0,47
43	0,12	0,15	0,05	0,09	1	1	1	1	7	1	2	0,59	0,81	1,04	0,47
44	0,11	0,20	0,05	0,09	1	1	1	1	10	1	2	0,60	0,83	1,06	0,48
45	0,12	0,03	0,06		1	1	1	0	1	1	0	0,50	0,68	0,88	0,40

Continuación Cuadro 16.

Comb.	Ponderación			Tipo de información							CG (Kg)			r	
	Cerda	MHP	MADRE	HC	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	PECAN	PECA21		PECAD
46	0,12	0,13	0,06		1	1	1	0	5	1	0	0,53	0,73	0,94	0,43
47	0,12	0,17	0,06		1	1	1	0	7	1	0	0,54	0,75	0,96	0,44
48	0,12	0,22	0,06		1	1	1	0	10	1	0	0,56	0,77	0,99	0,45
49	0,13	0,03			1	1	0	0	1	0	0	0,46	0,63	0,81	0,37
50	0,13	0,13			1	1	0	0	5	0	0	0,49	0,68	0,87	0,40
51	0,12	0,17			1	1	0	0	7	0	0	0,51	0,70	0,90	0,41
52	0,12	0,22			1	1	0	0	10	0	0	0,52	0,72	0,93	0,42
53	0,13	0,03		0,06	1	1	0	1	1	0	1	0,68	0,50	0,88	0,40
54	0,12		0,05	0,05	1	0	1	1	0	1	1	0,52	0,72	0,92	0,42
55	0,13		0,06		1	0	1	0	0	1	0	0,49	0,67	0,86	0,39
56	0,12		0,11		1	0	3	0	0	1	0	0,52	0,72	0,92	0,42
57	0,12		0,13		1	0	5	0	0	1	0	0,54	0,73	0,95	0,43
58	0,19		0,10		2	0	3	0	0	1	0	0,61	0,83	1,07	0,49
59	0,19		0,12		2	0	5	0	0	1	0	0,62	0,85	1,09	0,50
60	0,13			0,06	1	0	0	1	0	0	1	0,49	0,67	0,86	0,39
61		0,03	0,06	0,06	0	1	1	1	1	1	1	0,32	0,44	0,57	0,26
62		0,03	0,07		0	1	1	0	1	1	0	0,25	0,34	0,44	0,20
63		0,03		0,06	0	1	0	1	1	0	1	0,25	0,34	0,44	0,19
64			0,06	0,06	0	0	1	1	0	1	1	0,31	0,42	0,54	0,25

N<sub>1</sub> = Número de registros del individuo sujeto a selección.

N<sub>2</sub> = Número de registros del grupo de medias hermanas paternas.

N<sub>3</sub> = Número de registros de la madre.

N<sub>4</sub> = Número de registros del grupo de hermanas completas.

P<sub>2</sub> = Número de medias hermanas paternas.

P<sub>3</sub> = La madre del individuo.

P<sub>4</sub> = Número de hermanas completas.

Cuadro 17 Cambio genético esperado por generación para las distintas características estudiadas y correlación entre el genotipo y el índice (r) al seleccionar sobre PECA21 usando diferentes números de registros de distintas fuentes de información.

Comb.	Ponderación			Tipo de información						CG (Kg)					
	Cerda	MHP	MADRE	HC	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	PECAN	PECA21	PECAD	r
1	0,19				1	0	0	0	0	0	0	0,17	2,36	0,58	0,44
2	0,32				2	0	0	0	0	0	0	0,22	3,07	0,76	0,57
3	0,42				3	0	0	0	0	0	0	0,25	3,50	0,87	0,65
4	0,49				4	0	0	0	0	0	0	0,28	3,80	0,94	0,70
5		0,05			0	1	0	0	1	0	0	0,04	0,60	0,14	0,11
6		0,13			0	1	0	0	3	0	0	0,07	0,99	0,24	0,18
7		0,20			0	1	0	0	5	0	0	0,09	1,22	0,29	0,22
8		0,10			0	3	0	0	1	0	0	0,06	0,89	0,21	0,16
9		0,26			0	3	0	0	3	0	0	0,10	1,40	0,34	0,25
10		0,37			0	3	0	0	5	0	0	0,12	1,66	0,40	0,30
11		0,14			0	5	0	0	1	0	0	0,07	1,02	0,25	0,19
12		0,32			0	5	0	0	3	0	0	0,11	1,56	0,38	0,28
13		0,44			0	5	0	0	5	0	0	0,13	1,83	0,44	0,33
14		0,77			0	1	0	0	70	0	0	0,17	2,42	0,58	0,44
15		0,77			0	2	0	0	40	0	0	0,17	2,42	0,58	0,44
16			0,10		0	0	1	0	0	1	0	0,08	1,19	0,29	0,22
17			0,21		0	0	3	0	0	1	0	0,13	1,77	0,43	0,32
18			0,28		0	0	5	0	0	1	0	0,14	2,04	0,49	0,37
19			0,36		0	0	10	0	0	1	0	0,16	2,33	0,56	0,43
20			0,38		0	0	12	0	0	1	0	0,17	2,40	0,58	0,44
21				0,10	0	0	0	1	0	0	1	0,08	1,19	0,29	0,22
22				0,24	0	0	0	1	0	0	3	0,13	1,90	0,46	0,35
23				0,34	0	0	0	1	0	0	5	0,16	2,27	0,55	0,41
24				0,40	0	0	0	1	0	0	6	0,17	2,41	0,58	0,44
25				0,39	0	0	0	2	0	0	3,3	0,17	2,41	0,58	0,44
26				0,29	0	0	0	3	0	0	1	0,13	1,77	0,43	0,32
27				0,44	0	0	0	3	0	0	3	0,18	2,58	0,62	0,47
28				0,57	0	0	0	3	0	0	5	0,21	2,93	0,70	0,53
29				0,28	0	0	0	5	0	0	1	0,14	2,04	0,49	0,37
30				0,53	0	0	0	5	0	0	3	0,20	2,83	0,68	0,52
31				0,66	0	0	0	5	0	0	5	0,22	3,14	0,76	0,57
32	0,17	0,04	0,07	0,07	1	1	1	1	1	1	1	0,20	2,76	0,67	0,50
33	0,17	0,07	0,07	0,07	1	1	1	1	2	1	1	0,20	2,80	0,67	0,51
34	0,17	0,10	0,07	0,07	1	1	1	1	3	1	1	0,20	2,83	0,68	0,52
35	0,17	0,13	0,07	0,07	1	1	1	1	4	1	1	0,20	2,86	0,69	0,52
36	0,17	0,15	0,07	0,06	1	1	1	1	5	1	1	0,20	2,88	0,69	0,53
37	0,17	0,20	0,07	0,06	1	1	1	1	7	1	1	0,21	2,93	0,70	0,53
38	0,17	0,26	0,07	0,06	1	1	1	1	10	1	1	0,21	2,98	0,72	0,54
39	0,17	0,03	0,07	0,13	1	1	1	1	1	1	2	0,20	2,88	0,69	0,52
40	0,17	0,03	0,06	0,18	1	1	1	1	1	1	3	0,21	2,98	0,72	0,54
41	0,16	0,03	0,06	0,22	1	1	1	1	1	1	4	0,22	3,06	0,74	0,56
42	0,16	0,03	0,05	0,27	1	1	1	1	1	1	5	0,22	3,13	0,75	0,57
43	0,15	0,03	0,05	0,33	1	1	1	1	1	1	7	0,23	3,24	0,78	0,59
44	0,17	0,14	0,07	0,12	1	1	1	1	5	1	2	0,21	2,98	0,72	0,54
45	0,16	0,19	0,07	0,12	1	1	1	1	7	1	2	0,21	3,02	0,73	0,55

Continuación Cuadro 17.

Comb.	Ponderación				Tipo de información							CG (Kg)			r
	Cerda	MHP	MADRE	HC	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	PECAN	PECA21	PECAD	
46	0,16	0,24	0,07	0,11	1	1	1	1	10	1	2	0,22	3,06	0,74	0,56
47	0,18	0,04	0,08		1	1	1	0	1	1	0	0,19	2,62	0,63	0,48
48	0,17	0,16	0,09		1	1	1	0	5	1	0	0,20	2,77	0,67	0,50
49	0,17	0,21	0,08		1	1	1	0	7	1	0	0,20	2,82	0,68	0,52
50	0,17	0,27	0,08		1	1	1	0	10	1	0	0,20	2,89	0,70	0,53
51	0,19	0,04			1	1	0	0	1	0	0	0,17	2,24	0,59	0,44
52	0,18	0,16			1	1	0	0	5	0	0	0,18	2,59	0,62	0,47
53	0,18	0,21			1	1	0	0	7	0	0	0,19	2,64	0,64	0,48
54	0,18	0,27			1	1	0	0	10	0	0	0,19	2,71	0,65	0,50
55	0,18	0,04		0,08	1	1	0	1	1	0	1	0,18	2,62	0,63	0,48
56	0,18		0,07	0,07	1	0	1	1	0	1	1	0,19	2,73	0,66	0,50
57	0,18		0,08		1	0	1	0	0	1	0	0,18	2,58	0,62	0,47
58	0,17		0,17		1	0	3	0	0	1	0	0,20	2,79	0,67	0,51
59	0,17		0,23		1	0	5	0	0	1	0	0,21	2,92	0,70	0,53
60	0,30		0,15		2	0	3	0	0	1	0	0,24	3,34	0,80	0,61
61	0,29		0,20		2	0	5	0	0	1	0	0,24	3,42	0,82	0,62
62	0,18			0,08	1	0	0	1	0	0	1	0,18	2,58	0,62	0,47
63		0,04	0,09	0,08	0	1	1	1	1	1	1	0,12	1,69	0,41	0,31
64		0,05	0,10		0	1	1	0	1	1	0	0,09	1,31	0,32	0,24
65		0,04		0,09	0	1	0	1	1	0	1	0,09	1,31	0,32	0,24
66			0,09	0,09	0	0	1	1	0	1	1	0,11	1,61	0,39	0,29

N<sub>1</sub> = Número de registros del individuo sujeto a selección.

N<sub>2</sub> = Número de registros del grupo de medias hermanas paternas.

N<sub>3</sub> = Número de registros de la madre.

N<sub>4</sub> = Número de registros del grupo de hermanas completas.

P<sub>2</sub> = Número de medias hermanas paternas.

P<sub>3</sub> = La madre del individuo.

P<sub>4</sub> = Número de hermanas completas.

Cuadro 18 Cambio genético esperado por generación para las distintas características estudiadas y correlación entre el genotipo y el índice (r) al seleccionar sobre PECAD usando diferentes números de registros de distintas fuentes de información.

Comb.	Ponderación				Tipo de información							CG (Kg)			r
	Cerda	MHP	MADRE	HC	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	PECAN	PECA21	PECAD	
1	0,03				1	0	0	0	0	0	0	0,20	0,53	0,41	0,17
2	0,05				2	0	0	0	0	0	0	0,25	0,67	0,51	0,22
3	0,06				3	0	0	0	0	0	0	0,28	0,75	0,57	0,24
4	0,07				4	0	0	0	0	0	0	0,30	0,80	0,61	0,26
5		0,01			0	1	0	0	1	0	0	0,05	0,13	0,10	0,04
6		0,02			0	1	0	0	3	0	0	0,09	0,23	0,18	0,07
7		0,04			0	1	0	0	5	0	0	0,11	0,29	0,22	0,10
8		0,01			0	3	0	0	1	0	0	0,07	0,14	0,19	0,06
9		0,04			0	3	0	0	3	0	0	0,12	0,32	0,24	0,10
10		0,07			0	3	0	0	5	0	0	0,15	0,41	0,31	0,13
11		0,02			0	5	0	0	1	0	0	0,08	0,21	0,16	0,07
12		0,05			0	5	0	0	3	0	0	0,13	0,35	0,27	0,12
13		0,08			0	5	0	0	5	0	0	0,17	0,45	0,34	0,15
14		0,11			0	1	0	0	17	0	0	0,20	0,52	0,40	0,17
15		0,12			0	2	0	0	11	0	0	0,20	0,52	0,40	0,17
16			0,02		0	0	1	0	0	1	0	0,10	0,27	0,20	0,09
17			0,03		0	0	3	0	0	1	0	0,14	0,37	0,29	0,12
18			0,04		0	0	5	0	0	1	0	0,16	0,42	0,32	0,14
19			0,04		0	0	10	0	0	1	0	0,17	0,46	0,35	0,15
20			0,05		0	0	30	0	0	1	0	0,19	0,50	0,38	0,16
21			0,05		0	0	50	0	0	1	0	0,19	0,51	0,39	0,17
22				0,02	0	0	0	1	0	0	1	0,10	0,27	0,20	0,09
23				0,04	0	0	0	1	0	0	3	0,17	0,45	0,35	0,15
24				0,07	0	0	0	1	0	0	5	0,22	0,58	0,44	0,19
25				0,06	0	0	0	1	0	0	4	0,20	0,52	0,40	0,17
26				0,06	0	0	0	2	0	0	2,5	0,20	0,52	0,40	0,17
27				0,03	0	0	0	3	0	0	1	0,14	0,37	0,29	0,12
28				0,08	0	0	0	3	0	0	3	0,24	0,63	0,48	0,20
29				0,13	0	0	0	3	0	0	5	0,30	0,79	0,61	0,26
30				0,04	0	0	0	5	0	0	1	0,16	0,42	0,32	0,14
31				0,10	0	0	0	5	0	0	3	0,26	0,70	0,53	0,23
32				0,16	0	0	0	5	0	0	5	0,33	0,87	0,67	0,28
33	0,03	0,01	0,01	0,01	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,66	0,50	0,21
34	0,03	0,01	0,01	0,01	1	1	1	1	2	1	1	0,25	0,67	0,51	0,22
35	0,03	0,02	0,01	0,01	1	1	1	1	3	1	1	0,26	0,68	0,52	0,22
36	0,03	0,03	0,01	0,01	1	1	1	1	4	1	1	0,26	0,69	0,53	0,23
37	0,03	0,03	0,01	0,01	1	1	1	1	5	1	1	0,26	0,70	0,54	0,23
38	0,03	0,05	0,01	0,01	1	1	1	1	7	1	1	0,27	0,72	0,55	0,24
39	0,03	0,07	0,01	0,01	1	1	1	1	10	1	1	0,28	0,75	0,58	0,25
40	0,03	0,01	0,01	0,03	1	1	1	1	1	1	2	0,26	0,70	0,54	0,23
41	0,03	0,01	0,01	0,04	1	1	1	1	1	1	3	0,28	0,74	0,57	0,24
42	0,03	0,01	0,01	0,05	1	1	1	1	1	1	4	0,30	0,78	0,60	0,25
43	0,03	0,01	0,01	0,07	1	1	1	1	1	1	5	0,31	0,82	0,63	0,27
44	0,03	0,01	0,01	0,09	1	1	1	1	1	1	7	0,33	0,88	0,68	0,29
45	0,03	0,03	0,01	0,03	1	1	1	1	5	1	2	0,31	0,81	0,52	0,24

## Continuación Cuadro 18.

Comb.	Ponderación				Tipo de información							CG (Kg)			r
	Cerda	MHP	MADRE	HC	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	PECAN	PECA21	PECAD	
46	0,03	0,04	0,01	0,03	1	1	1	1	7	1	2	0,31	0,83	0,54	0,25
47	0,03	0,07	0,01	0,03	1	1	1	1	10	1	2	0,33	0,86	0,55	0,26
48	0,03	0,01	0,01		1	1	1	0	1	1	0	0,23	0,60	0,46	0,19
49	0,03	0,04	0,01		1	1	1	0	5	1	0	0,25	0,66	0,50	0,21
50	0,03	0,05	0,01		1	1	1	0	7	1	0	0,26	0,68	0,52	0,22
51	0,03	0,07	0,01		1	1	1	0	10	1	0	0,27	0,71	0,55	0,23
52	0,03	0,01			1	1	0	0	1	0	0	0,21	0,55	0,42	0,18
53	0,03	0,04			1	1	0	0	5	0	0	0,23	0,60	0,46	0,20
54	0,03	0,05			1	1	0	0	7	0	0	0,24	0,63	0,48	0,20
55	0,03	0,07			1	1	0	0	10	0	0	0,25	0,66	0,51	0,22
56	0,03	0,01		0,01	1	1	0	1	1	0	1	0,23	0,60	0,46	0,20
57	0,03		0,01	0,01	1	0	1	1	0	1	1	0,24	0,64	0,49	0,21
58	0,03		0,01		1	0	1	0	0	1	0	0,22	0,59	0,45	0,19
59	0,03		0,03		1	0	3	0	0	1	0	0,24	0,64	0,49	0,21
60	0,03		0,04		1	0	5	0	0	1	0	0,25	0,67	0,51	0,22
61	0,05		0,03		2	0	3	0	0	1	0	0,29	0,76	0,58	0,25
62	0,05		0,04		2	0	5	0	0	1	0	0,29	0,78	0,60	0,25
63	0,03			0,01	1	0	0	1	0	0	1	0,22	0,59	0,45	0,19
64		0,01	0,02	0,02	0	1	1	1	1	1	1	0,15	0,39	0,30	0,13
65		0,01	0,02		0	1	1	0	1	1	0	0,11	0,30	0,23	0,10
66		0,01		0,02	0	1	0	1	1	0	1	0,11	0,30	0,23	0,10
67			0,02	0,02	0	0	1	1	0	1	1	0,14	0,37	0,29	0,12

N<sub>1</sub> = Número de registros del individuo sujeto a selección.

N<sub>2</sub> = Número de registros del grupo de medias hermanas paternas.

N<sub>3</sub> = Número de registros de la madre.

N<sub>4</sub> = Número de registros del grupo de hermanas completas.

P<sub>2</sub> = Número de medias hermanas paternas.

P<sub>3</sub> = La madre del individuo.

P<sub>4</sub> = Número de hermanas completas.

En los Cuadros 16, 17, y 18 puede determinarse que además de la ventaja del uso de registros de los parientes para mejorar la correlación entre el índice y el genotipo, también se logra una mejora sustancial en el cambio genético directo esperado y en el correlacionado. Las tendencias en el cambio genético, obtenidas al considerar la participación de parientes del individuo a seleccionar, en las tres características analizadas, son iguales a las tendencias logradas mediante la selección individual (Cuadro 13). En este caso, el cambio genético más favorable para PECAD fue al seleccionar sobre PECAN, en tanto que el más desfavorable fue al seleccionar sobre la misma PECAD; esto se repite al seleccionar con base en información del individuo y de parientes.

En las Figuras 2, 3 y 4 se puede observar la mayor influencia de las hembras completas en relación con las medias hermanas paternas sobre el cambio genético esperado por generación de selección. Influencia que se manifiesta en mayor grado entre menor sea el Índice de Heredabilidad de las características sobre las que se aplica la selección. Así por ejemplo para PECAN (Fig. 2), la superioridad de las HC sobre las MHP (considerando 5 hembras con un registro cada una por categoría familiar) es de 9,68%; para PECA21 (Fig. 3) es de 7,99% y para PECAD (Fig. 4), que tiene una  $h^2$  inferior a las otras dos características ( $0,03 \pm 0,06$ ) la superioridad de las HC sobre las MHP es de 16,67%.

También al analizar los Cuadros 10, 16, 17 y 18 se puede verificar que el uso de información de parientes toma más importancia cuando las características sometidas a selección tienen un Índice de Heredabilidad bajo. Así por ejemplo, para PECAD (con un  $h^2$  de solo 0,03) al considerarse un solo registro por grupo familiar se obtiene una  $r_{TI} = 0,21$  (Cuadro 18, Comb 33) la cual es mejor en un 23,53% a la correlación obtenida mediante la selección individual (Cuadro 18, Comb 1), en tanto que la mejora lograda para PECAN ( $h^2=0,13$ ) y PECA21 ( $h^2=0,19$ ), es de 19,44% (Cuadro 16) y 13,64 (Cuadro 17), respectivamente,



al hacer uso de la misma información familiar. Esto comprueba el hecho de que en características de baja heredabilidad, la información que aportan los parientes de los individuos a seleccionar, presenta una mayor importancia relativa.

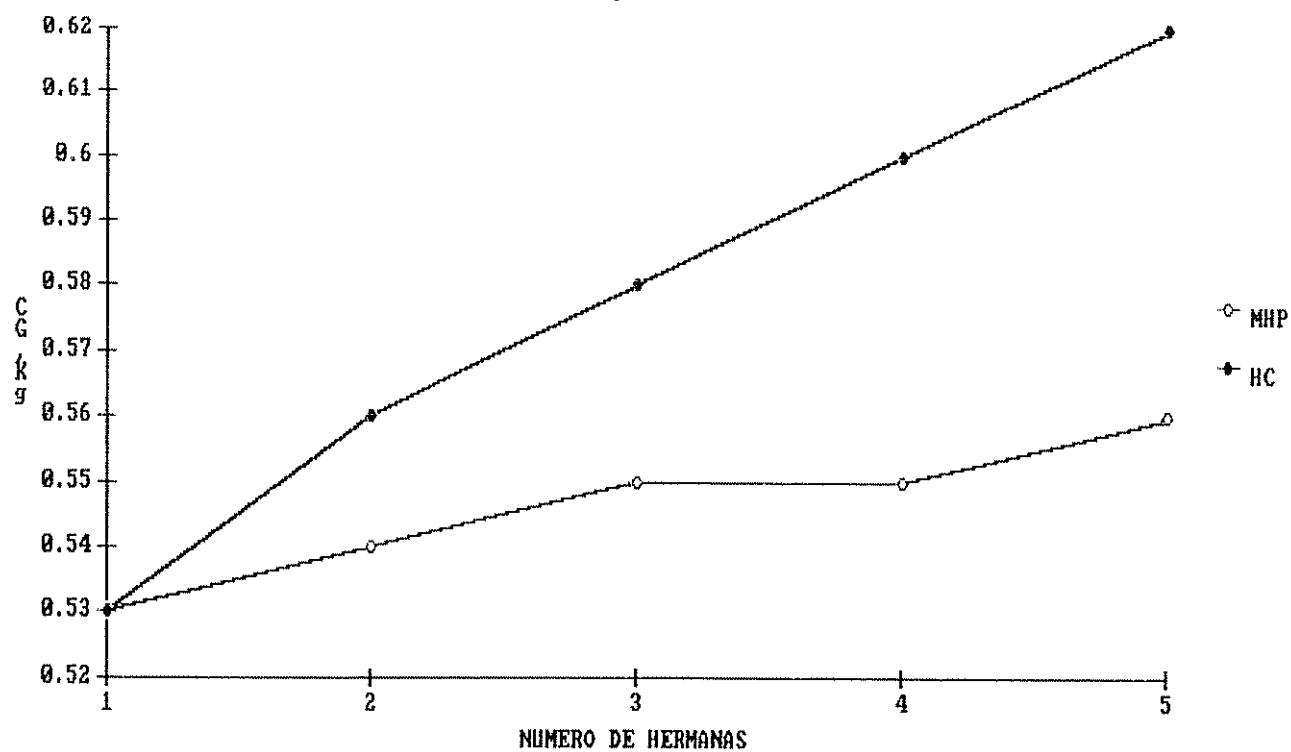


Fig 2. Efecto del número de medias hermanas paternas y hermanas completas (con un registros) sobre el cambio genético esperado por generación de selección en PECAN al seleccionar sobre esta característica.

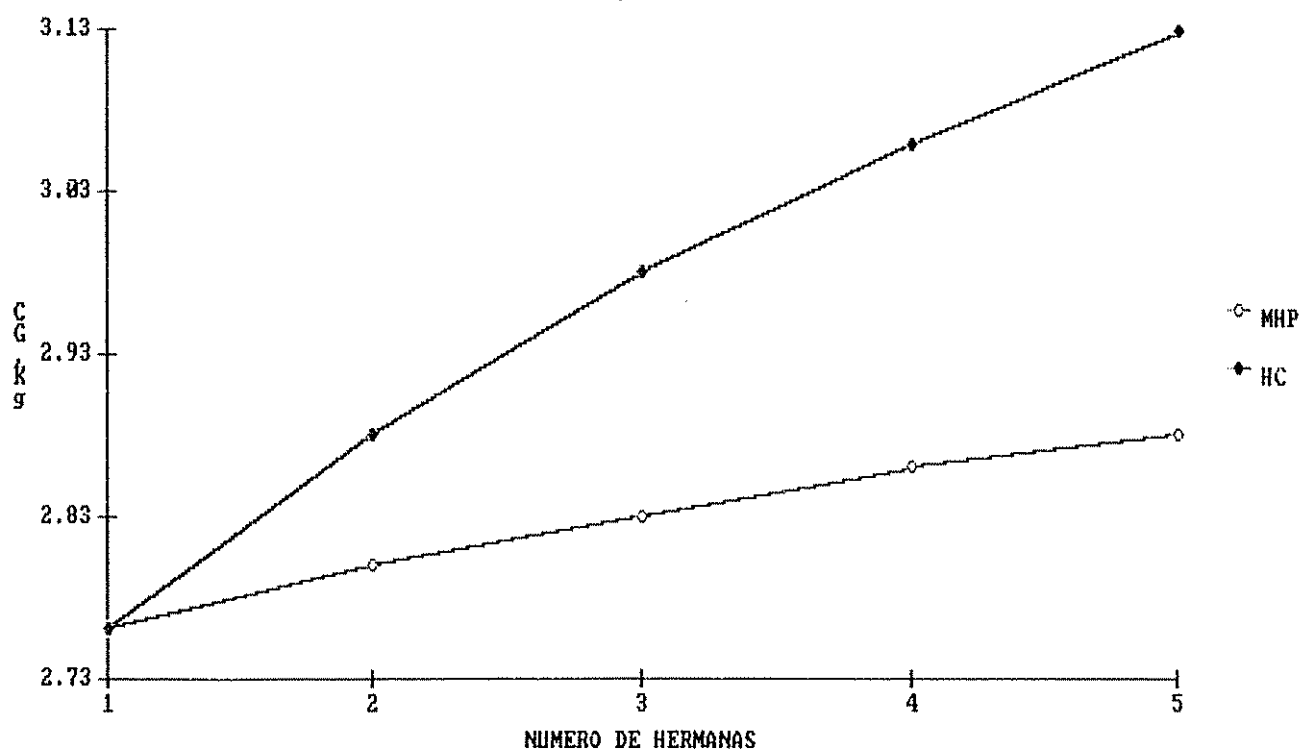


Fig 3. Efecto del número de medias hermanas paternas y hermanas completas (con un registros) sobre el cambio genético esperado por generación de selección en PECA21 al seleccionar sobre esta característica.

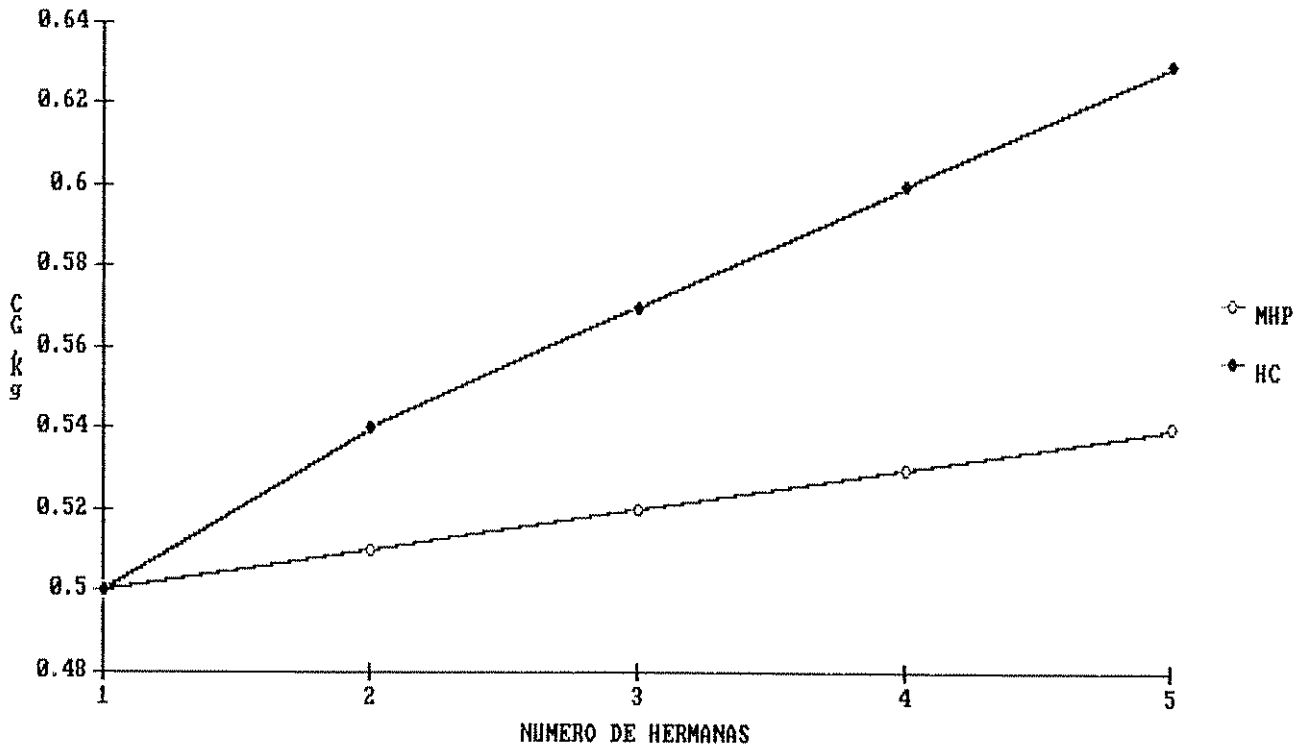


Fig 4. Efecto del número de medias hermanas paternas y hermanas completas (con un registros) sobre el cambio genético esperado por generación de selección en PECAD al seleccionar sobre esta característica.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo, en el cual se estimaron parámetros genéticos y fenotípicos y se estudió la posibilidad de desarrollar y evaluar algunos Índices de Selección, con el uso de los parámetros estimados, para las características PECAN, PECA21 y PECAD, se puede generar las siguientes conclusiones y recomendaciones.

- 1-El peso de los lechones a diferentes edades, está influenciado por el número de parto de la cerda y por el sexo de los lechones.
- 2-El peso de la camada al nacimiento y a los 21 días de edad, está afectada por el número de parto de la cerda, pero el efecto de este factor sobre el peso de la camada al destete no es importante.
- 3-El peso de las camadas al nacimiento y al destete se incrementa, hasta el quinto parto.
- 4-Existe en general una alta relación entre la eficiencia reproductiva y productiva de la cerda con su edad.
- 5-En general los estimadores de repetibilidad generados en el presente estudio, son superiores a los indicados para los climas templados.
- 6-Las heredabilidades para PECAN y PECA21 son bajas, pero son indicadoras de la presencia de varianza genética aditiva para estas características bajo condiciones tropicales, lo que hace posible que se pueda ejercer selección sobre ellas.
- 7-Las correlaciones genéticas y fenotípicas entre las características analizadas son positivas y de alta magnitud,

mostrando una asociación favorable, por lo que puede ser logrado un mejoramiento simultáneo en estas características, a través de un programa de selección.

8-Al hacer selección sobre características con bajo Índice de Heredabilidad, las características de información toman mayor importancia.

9-El Índice de Selección que induce el mayor cambio genético para peso de camada al destete, es el que selecciona directamente sobre esta característica y sobre el peso de camada al nacimiento.

10-Debido a la diversidad de características de importancia productiva en la producción porcina y más aún si son de baja heredabilidades, es necesario considerar más de una en un programa de selección.

11-Ya que en Costa Rica este es el primer trabajo genético que se realiza en la actividad porcina, es necesario efectuar más investigaciones en el mismo sentido, tomando en cuenta otra regiones productivas, así como desarrollar Índices de Selección para reproductores.

## 6-LITERATURA REVISADA

- ARAYA, J.L.; PADILLA, M. 1984. Producción porcina. San José, C.R., EUNED. 335 p.
- BECKER, W.A. 1984. Manual of quantitative genetics. 4 Ed. Washington, Academic Enterprises. 189 p.
- BERESKIN, B.; FROBISH, L.T. 1981. Some genetic and environmental effects on sow productivity. Journal of Animal Science (EE.UU.) 53(3):601-610.
- BERNARD, C.S.; CHAPMAN, A.B.; GRUMMER, R.H. 1954. Selección of pigs under farm conditions kind and amount practiced and a recommended selection index. Journal of Animal Science (EE.UU.) 13:384-404.
- BERRUECOS, J.M.; DILLARD, M.E.V.; ROBISON, O.W. 1970. Selection for low backfat thickness in swine. Journal of Animal Science (EE.UU.) 30:840.
- BLUNN, C.T.; BAKER, M.L.; HANSON, L.E. 1953. Heredability of gain in different growth periods of swine. Journal of Animal Science (EE.UU.) 12:39.
- BLUNN, C.T.; WARWICK, E.J.; WILEY, J.R. 1954. Interrelationships of swine weights at three ages. Journal of Animal Science (EE.UU.) 13:383-387.
- BOHREN, B.B.; MCKEAN, H.E. 1961. Relative efficiencies of heritability estimates based on regression of offspring on parent. Biometrics (EE.UU.) 17:481-491.
- CLEVELAND, E.R.; JOHNSON, R.K.; CUNNINGHAM, P.J. 1988. Correlated responses of carcass and reproductive traits to selection for of lean growth in swine. Journal of Animal Science (EE.UU.) 66:1371-1377.
- COCHRANE, T.T. 1986. Soils, climate and vegetation in rangeland of Tropical America. In Tropical American Lowland Range Symposium (38, 1986, Kissimmee, Fla.). Proceedings. Ed. by R.S. Kalmbacher. Denver, Colo., Society for Range Management. p. 1-10.
- COMSTOCK, R.L.; WINTERS, L.M. 1944. A comparison of the effects of inbreeding and selection on performance in swine. Journal of Animal Science (EE.UU.) 3:380.
- CUMMINGS, J.M.; WINTERS, L.M.; STEWART, H.A. 1947. The heritability of some factors affecting productivity of brood sows. Journal of Animal Science (EE.UU.) 6:297-304.

- DIEGUEZ, F.J.; FERNANDEZ, A.; ROJAS, P. 1978. Efecto del semental sobre rasgos del comportamiento reproductivo en cerdos. *Ciencia y Técnica en la Agricultura(Cuba)* 1(1):7-19.
- EDWARDS, R.L.; OMTVEDT, I.T. 1971. Genetic analysis of a swine control population. 2. Estimates of population parameters. *Journal of Animal Science(EE.UU.)* 32(2):185-190.
- FALCONER, D.S. 1970. *Introducción a la genética cuantitativa*. Trad. por Fidel Marquez Sanchez. México, D.F. Edit. CECSA. 430 p.
- FREDEEN, H.T.; MIKAMI, H. 1986. Mass selection in pig population: correlated responses in preweaning growth. *Journal of Animal Science(EE.UU.)* 62:1533-1545.
- FERGUSON, P.W.; HARVEY, W.R.; IRVIN, K.M. 1985. Genetic, phenotypic and environmental relationships between sow body weight and productivity traits. *Journal of Animal Science(EE.UU.)* 60(2):375-384.
- FERRER, M. 1988. Comportamiento de cerdas Yorkshire en un centro genético. *Memoria ALPA(Méx.)*.
- GAUGLER, H.R.; BUCHANAN, D.S.; HINTZ, R.L.; JOHNSON, R.K. 1984. Sow productivity comparisons for four breeds of swine: Purebred and crossbred litters. *Journal of Animal Science(EE.UU.)* 59(4):941-947.
- GRAY, R.C.; TRIBBLE, L.F.; DAY, B.N.; LASLEY, J.F. 1965. Five generations of selection for thinner backfat. *Journal of Animal Science(EE.UU.)* 24:848. (Abstract).
- IRVIN, K.M.; SWIGER, L.A. 1984. Genetic and phenotypic parameters for sow productivity. *Journal of Animal Science(EE.UU.)* 58(5):1144-1150.
- HAZEL, L.N.; LUSH, J.L. 1942. The efficiency of three methods of selection. *Journal of Heredity(EE.UU.)* 33:393-399.
- . 1943. The genetic basic for constructing selection indice. *Genetics(EE.UU.)* 28:476-490.
- HARVEY, W.A. 1987. User's guide for LSMLMW.PC-1 VERSION (Mixed model least-squares and maximum likelihood computer program); LUGAR DE EDICION, CASA EDITORA 59p.
- HETZER, H.O.; MILLER, R.H. 1970. Influence of selection for high and low fatness on reproductive performance of swine. *Journal of Animal Science(EE.UU.)* 30:481.



- .; PETER, W.H. 1965. Selection for high and low fatnes in Duroc and Yorkshire Swine. Journal of Animal Science(EE.UU.) 24:848 (Abstract).
- KHALIL, M.H.; OWEN, J.B.; AFIFI, E.A. 1987. A genetic analysis of litter traits in Bauscat and Giza White rabbits. Animal Production(G.B.) 45:123-134.
- KEMPTHORNE, O.; TANDON, O.B. 1953. The estimation of heritability by regression of offspring on parent. Biometrics(EE.UU.). 1(9):90-100.
- KUHLERS, D.L.; STEVE,B. 1982. Los métodos típicos de selección. Industria Porcina(EE.UU.) Mayo-Junio 1982:22-26.
- .; JUNGST, S.B.; MOORE, R.A. 1988. Comparisons of specific crosses from Yorkshire-Landrace, Chester White-Landrace and Chester White-Yorkshire sows. Journal of Animal Science(EE.UU.) 66:1132-1138.
- LOUCA, A.; ROBISON, O.W. 1965. Heritability and genetic correlations in swine. Journal of Animal Science(EE.UU.) 24(3):850. (Abstrcts)
- MUJICA, F. 1983. Indices de selección para porcinos en Mexico. Universidad Autónoma de Nueva León, México. Folleto de divulgación No.4. 27 p.
- Mc CARTER, M.N.; MABRY, J.W.; BERTRAND, J.K., BENYSHEK,L.L. 1985. Componets of variance and covariance for reproductive trais in swine estimated from yorkshire field date. Journal of Animal Science(EE.UU.) 64:1285-1291.
- NAPOLIS, C.; HEBER, W.; FAVERO, J.A.; SOBREIRA, L.S.; RIBEIRO, G. 1986. Parámetros genéticos e indices de selecao para suinos. Memoria ALPA(Méx.) 21:34.
- NAVARRO, R.; LOBO, G.; VALENCIA, B.; DE LA VEGA, F. 1986. Influencia de la edad de la cerda sobre el comportamiento de la camada. Memoria ALPA(Méx.) 21:39.
- PEÑA, N.; VERDE, O.; PLASSE, D. 1979. Factores genéticos y ambientales que influyen el crecimiento en lechones. Memoria ALPA(Méx.) 14:137.
- PEÑA, N.; VERDE, O. 1983. Factores que influyen en los caracteres de crecimiento en lechones. Memoria ALPA(Méx.) 18:154.
- PEREZ, T.C.; SUAREZ, M.A.T. 1986. Estudio del comportamiento reproductivo de la raza Hampshire. Revista de Producción Animal(Cuba) 2(3):257:262.

- PUMFREY, R.P.; CUNNINGHAM, P.J.; ZIMMERMAN, P.J. 1975. Heritabilities of swine reproductive and performance traits. *Journal of animal Science*(EE.UU.) 41:256.(Abstract).
- QUIJANDRIA, B.; MONTALVAN, E. 1971. Influencias genéticas y ambientales en el número y peso de lechones. *Memoria ALPA*(Méx.) 6:186.
- . 1980. Conceptos generales sobre el mejoramiento genético del ganado. Lima, Perú, Universidad de San Marcos, Facultad de Agronomía. 64 p.
- RICO, C.; FREDEEN, H.T.; GOMEZ, J. 1979. Influencia de factores ambientales y genéticos sobre pesos de camada y cerdas de la raza Duroc. *Memoria ALPA*(Méx.) 14:138.
- . 1985. Factores genéticos y ambientales que influyen en el comportamiento reproductivo de la raza Duroc en Cuba. 1. Influencias en el tamaño, peso de la camada y peso promedio. *Revista Cubana de Ciencias Agrícola*(Cuba) 15:165-175.
- RONNINGEN, K.; VAN VLECK, L.D. 1985. Selection index theory with practical applications. In *World animal science. General and quantitative genetics*. Ed. by A.B. Chapman. New York, B.V. p 187-225.
- SALDANA, V.; CASTRO, H.; 1978. Índice de selección para características al destete en cerdos. *Memoria ALPA*(Méx.) 13:153.
- SALGADO, D.J. 1988. Índice de selección y evaluación de su efectividad para características relacionadas con la producción de leche en el trópico. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 124 p.
- SAS INSTITUTE INC. 1985. *Sas language guide for personal computers, Version 6*. Cary, NC. 429 p
- SEGURA, J. C. 1986. Influencia de ciertos factores genéticos y ambientales sobre características pre-destete de cerdos criados bajo condiciones de trópico húmedo. *Memorias ALPA*(Méx.) 21:38.
- STRANG, G.S.; KING, J.W. 1970. Litter productivity in large white pigs. 2. Heritability and repeatability estimates. *Animal Production*(G.B.) 12:235-243.
- STRANG, G.S.; SMITH, C. 1979. A note on the heritability of litter traits in pigs. *Animal Production*(G.B.). 28:403-406.

- TURNER, H.N.; YOUNG, S.S.Y. 1969. Quantitative genetics in sheep breeding. New York, Cornell University Press. 332 p.
- URBAN, W.E.; SHELBY, C.E.; CHAPMAN, A.B.; WHATLEY, J.A.; GARWOOD, V.A. 1966. Genetic and environmental aspects of litter size in swine. Journal of Animal Science (EE.UU.) 25:1148-1153
- VALAREZO, J.M.; QUIJANDRIA, B. 1978. Parámetros genéticos para características productivas en lechones duroc. Memoria ALPA (Méx.) 13:152.
- VAN VLECK, D. 1979. Notes on the theory and application of selection principles for the genetic improvement of animal. Ithaca, N.Y. Cornell University, Department of Animal Science.
- VECCHIONACCE, H.; VERDE, O.; MULERE-HAYE, B. 1976. Influencias genéticas sobre el crecimiento en lechones. Memoria ALPA (Méx.) 11:31.
- YORK, D.L.; ROBISON, O.W. 1985. Genotypic and phenotypic parameters of milk production in primiparous Duroc sows. Journal of Animal Science (EE.UU.) 61(4):825-833.
- YOUNG, L.D.; JOHNSON, R.K., OMTVEDT, I.T. 1976. Reproductive performance of swine bred to produce purebred and two-breed cross litters. Journal of Animal Science (EE.UU.) 42(5):1133-1149.
- .; JOHNSON, R.K., OMTVEDT, I.T. 1977. An analysis of dependency structure between a gilt's prebreeding and reproductive traits. I. Phenotypic and genetic correlations. Journal of Animal Science (EE.UU.) 44(4):557-564.
- .; PUMFREY, R.J.; CUNNINGHAM, P.J., ZIMMERMAN, D.R. 1978. Heritabilities and genetic and phenotypic correlations for prebreeding traits, reproductive traits and principal components. Journal of Animal Science (EE.UU.) 46(4):937-949.
- WHATLEY, J.A. 1942. Influence of heredity and factors on 180-day weight in Poland China swine. Journal of Agricultural Research (EE.UU.) 65:249-264.
- WILSON, E.R.; JOHNSON, R.K. 1980. Adjustment of 21-day litter weight for number of pigs nursed for purebred and crossbred dams. Journal of Animal Science (EE.UU.). 51(1):37-42.

APENDICE

CUADRO 1A Número de registros (lechones), según el número de parto y año de nacimiento de las camadas.

Número de parto	Año de nacimiento .			total
	1985	1986	1987	
1	466	623	177	1266
2	472	468	162	1102
3	337	367	259	963
4	218	265	304	787
5	163	262	159	584
6	44	207	104	355
7	101	81	138	320
8	48	37	73	155
9	0	84	45	129
total	1849	2391	1421	5661

CUADRO 2A Número de verracos, raza y número de registros, (lechones) por año de uso.

Número verraco	Raza	1985	1986	1987	total
2	Duroc	42	0	0	42
3	Yorkshire	280	14	0	294
5	Yorkshire	518	567	45	1130
13	Yorkshire	0	430	0	430
19	Yorskhire	0	51	440	491
10	Landrace	487	536	74	1097
11	Landrace	522	653	438	1613
18	Landrace	0	140	424	564

CUADRO 3A Generación de TA, a partir de año de nacimiento de los lechones (ANL) y tipo de alimento (TIPOA).

ANL	TIPOA	TAN
1985	1	1
1986	1	2
1987	1	3
1987	2	4

CUADRO 4A Análisis de varianza de mínimos cuadrados, para peso del lechón al nacimiento.<sup>1</sup>

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Prob
Numpa	7	0,567703	0,000
Sexo	1	3,276469	0,000
TA	3	0,480852	0,000
Numpa*Sexo	7	0,074792	0,308
Numpa*TA	21	0,224578	0,000
Sexo*TA	3	0,060784	0,411
Error	5575	0,063257	

1 = Datos originales.

CUADRO 5A Análisis de varianza de mínimos cuadrados, para peso del lechón a los 21 días de edad.<sup>1</sup>

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Prob
Numpa	7	10,033807	0,000
Sexo	1	0,000152	0,990
TAN	1	21,986296	0,000
Numpa*Sexo	7	0,966573	0,461
Numpa*TA	7	1,180644	0,316
Sexo*TA	1	0,008735	0,926
Error	2571	1,008370	

1 = Datos originales

CUADRO 6A Análisis de varianza de mínimos cuadrados, para peso del lechón al destete.<sup>1</sup>

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Prob
Numpa	7	11,597601	0,000
Sexo	1	13,097168	0,003
TA	3	42,495694	0,000
Numpa*Sexo	7	0,630956	0,892
Numpa*TA	21	4,047001	0,001
Sexo*TA	3	2,986542	0,114
Error	4739	1,512876	

1 = Datos originales

CUADRO 7A Medias de mínimos cuadrados y error estandar para PESOLN, PESOLD y factores de ajuste (F) por número de parto dentro de TA.

Número de parto	TA	PESOLN			PESOLD		
		n	Media	F	n	Media	F
1	1	466	1,33±,02	1,13	403	6,27±,08	1,07
2	1	450	1,43±,02	1,05	391	6,69±,08	1,00
3	1	326	1,43±,02	1,05	280	6,51±,10	1,03
4	1	218	1,50±,03	1,00	180	6,84±,12	0,98
5	1	163	1,48±,03	1,01	136	6,96±,14	0,96
6	1	44	1,53±,06	0,98	37	6,02±,26	1,11
7	1	101	1,44±,04	1,04	83	6,26±,19	1,07
8	1	38	1,31±,06	1,15	35	7,28±,27	0,92
1	2	623	1,39±,02	1,12	533	6,45±,07	1,08
2	2	468	1,48±,02	1,05	396	6,69±,08	1,04
3	2	367	1,55±,02	1,00	300	6,98±,09	1,00
4	2	265	1,51±,02	1,03	230	6,96±,10	1,00
5	2	262	1,50±,02	1,03	218	6,93±,11	1,01
6	2	207	1,48±,03	1,05	170	6,89±,12	1,01
7	2	81	1,55±,04	1,00	66	6,90±,18	1,01
8	2	118	1,40±,04	1,11	91	7,07±,18	0,99
1	3	26	1,40±,09	1,23	24	5,57±,36	1,21
2	3	23	1,53±,08	1,12	20	5,88±,38	1,14
3	3	68	1,72±,04	1,00	63	6,73±,19	1,00
4	3	69	1,57±,04	1,09	63	5,99±,19	1,12
5	3	29	1,74±,06	0,99	27	6,25±,29	1,08
6	3	25	1,34±,06	1,28	23	5,43±,30	1,24
7	3	34	1,46±,05	1,18	31	6,46±,26	1,04
8	3	10	1,61±,09	1,07	10	5,66±,43	1,19
1	4	151	1,38±,04	1,25	132	5,86±,16	1,17
2	4	139	1,60±,03	1,01	130	6,35±,15	1,08
3	4	191	1,61±,03	1,00	170	6,84±,12	1,00
4	4	235	1,54±,02	1,05	193	6,48±,11	1,06
5	4	130	1,47±,03	1,10	101	6,46±,14	1,06
6	4	79	1,55±,04	1,04	66	6,43±,18	1,06
7	4	104	1,53±,03	1,05	88	6,26±,15	1,09
8	4	108	1,48±,03	1,09	92	6,73±,15	1,02
PROM			1,49±0,01			6,47±0,05	



CUADRO 8A Medias de mínimos cuadrados y error estandar para PESOLN , PESOLD y factores de ajuste (F) para sexo.

SEXO	PESOLN			PESOLD		
	n	Media	F	n	Media	F
Macho	2886	1,53±,01	1,00	2454	6,55±,05	1,00
Hembra	2732	1,46±,04	1,05	2328	6,39±,05	1,03
PROM		1,49±0,01			6,47±0,05	

CUADRO 9A Medias de mínimos cuadrados y error estandar para PESOL21 y factores de ajuste (F) por número de parto.

Número de parto	n	Media	F
1	687	4,92±,07	1,39
2	598	5,45±,69	1,26
3	425	5,38±,08	1,27
4	299	5,58±,09	1,23
5	272	5,33±,09	1,28
6	112	5,23±,16	1,31
7	104	5,64±,15	1,21
8	99	5,82±,19	1,18
PROM		5,42±0,06	

CUADRO 10A Peso promedio de los lechones al destete y desviación estandar, según las diferentes clases de tamaño de camada.

Tamaño de camada	n	Peso promedio	Dsv. Stan.
< 5	334	7,09	1,15
6-7	788	6,76	1,42
8-9	1937	6,68	1,40
10-11	1338	6,37	1,27
>12	385	6,21	1,26

CUADRO 11A Peso promedio individual al destete y desviación estandar, obtenidos al ajustar el peso al destete a 28 días de edad, con base en los tres criterios utilizados para ajustar por tamaño de la camada.

N	Tamaño de camada	Variable	Peso promedio	Dsv. Stan.
344	<5	PESLDE	7,09	1,51
		* PESLDET	6,68	1,43
		** PESLDED1	-0,41	1,43
		*** PESLDED2	0,00	1,43
788	6-7	PESLDE	6,76	1,42
		PESLDET	6,68	1,40
		PESLDED1	-0,00	1,40
		PESLDED2	0,00	1,40
1937	8-9	PESLDE	6,68	1,40
		PESLDET	6,68	1,40
		PESLDED1	-0,00	1,40
		PESLDED2	-0,00	1,40
1338	10-11	PESLDE	6,37	1,27
		PESLDET	6,68	1,33
		PESLDED1	0,31	1,33
		PESLDED2	0,00	1,33
385	>12	PESLDE	6,21	1,26
		PESLDET	6,68	1,36
		PESLDED1	0,47	1,36
		PESLDED2	0,00	1,36

PESLDE=Peso lechón al destete ajustado a los 28 días de edad

\* =Primera alternativa de ajuste para tamaño de camada.

\*\* =Segunda alternativa de ajuste para tamaño de camada.

\*\*\*=Tercera alternativa de ajuste para tamaño de camada.

CUADRO 12A Análisis de varianza de mínimos cuadrados, para peso de la camada al nacimiento.<sup>1</sup>

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Prob
Numpa	7	26,929937	0,001
TA	3	18,212994	0,064
Numpa*TA	21	7,674695	0,437
Error	553	7,525651	

1 = Datos originales

CUADRO 13A Análisis de varianza de mínimos cuadrados, para peso de la camada a los 21 días de edad.<sup>1</sup>

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Prob
Numpa	7	408,117432	0.000
TA	1	49,902239	0,497
Numpa*TA	7	103,725465	0,461
Error	266	108,025329	

1 = Datos originales

CUADRO 14A Análisis de varianza de mínimos cuadrados, para peso de la camada al destete.<sup>1</sup>

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Prob
Numpa	7	191,232098	0,298
TA	3	174,818029	0,349
Numpa*TA	21	107,538716	0,857
Error	491	158,767995	

1 = Datos originales

CUADRO 15A Medias de mínimos cuadrados y error estandar para PECAN y PECA21 factores de ajuste (F) por número de parto.

Número de parto	PECAN			PECA21		
	n	Media	F	n	Media	F
1	139	12,34±0,52	1,26	84	38,93±1,26	1,25
2	114	14,49±0,61	1,07	61	45,32±1,59	1,07
3	99	14,19±0,36	1,09	43	45,67±1,81	1,06
4	79	15,01±0,40	1,04	32	46,85±2,07	1,03
5	58	15,56±0,55	1,00	26	48,48±2,23	1,00
6	36	15,09±0,70	1,03	14	39,03±3,34	1,24
7	32	14,86±0,61	1,04	10	41,78±3,87	1,16
8	28	13,60±0,92	1,14	12	46,81±3,71	1,03
PROM		14,40±0,24			44,11±1,00	

CUADRO 16 A Componentes de varianza para la cerda ( $\sigma_c^2$ ) y el error standar ( $\sigma_e^2$ ) para las distintas características estudiadas.

Característica	$\sigma_c^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_t^2$
PECAN	3,65	8,23	11,88
PECA21	28,26	128,19	156,45
PECAD	47,84	137,31	185,15

CUADRO 17A Media, error estandar y coeficiente de variación para las características en estudio. Datos sin ajustes.

Variable	n	media*	C.V.
# de lechones por camada al nacer (NUMLN).	5665	10,14±2,10	21,0
Peso del lechón al nacer (PESOLN).	5665	1,46±0,30	20,8
Peso de la camada al nacer (PECAN).		14,70±3,20	21,8
# de lechones por camada a los 21 días de edad (NUML21).	2596	8,57±2,00	23,1
Peso del lechón a los 21 días (PESOL21).	2596	5,27±1,20	22,1
Peso de la camada a los 21 días (PECA21).		45,00±11,7	26,0
# de lechones por camada al destete (NUMLD).	4782	8,60±2,00	23,9
Peso del lechón al destete (PESOLD).	4782	6,47±1,50	22,9
Peso de la camada al destete (PECAD).		54,80±14,3	26,0
Edad al destete, días.		27,47±4,40	15,9
Peso de lechones a los 60,74 días	4046	18,37±3,67	20,0
Edad al mercado, días.	2758	160,78±10,5	6,5
Peso al mercado	2758	91,41±9,37	10,3

\* = Pesos del lechón y por camada = Kg.

CUADRO 18A Clasificación de las cerdas que aportaron información en el pre-estudio, según el valor genético estimado(VGE), con su respectiva valor del Índice Individua(INV).

OBS	IDECE	N	VGE	IND
1	135	6	-1.45855	1.39902
2	375	1	-1.21290	0.80600
3	189	4	-1.09456	1.49078
4	370	3	-1.07451	1.43867
5	160	2	-1.06282	1.32275
6	309	1	-1.05170	0.96720
7	566	1	-1.04130	0.97760
8	346	3	-1.02877	1.46337
9	567	1	-1.01400	1.00490
10	634	1	-1.01400	1.00490
11	253	1	-0.98670	1.03220
12	4	3	-0.91963	1.52230
13	84	3	-0.90679	1.52923
14	231	1	-0.87360	1.14530
15	295	1	-0.87100	1.14790
16	326	1	-0.83850	1.18040
17	324	1	-0.82160	1.19730
18	371	1	-0.82160	1.19730
19	528	1	-0.82160	1.19730
20	410	1	-0.80600	1.21290
21	250	1	-0.79300	1.22590
22	152	2	-0.77107	1.51385
23	291	1	-0.75660	1.26230
24	90	5	-0.74228	1.68636
25	494	1	-0.73970	1.27920
26	493	4	-0.73756	1.66303
27	455	2	-0.73137	1.53985
28	146	4	-0.72746	1.66790
29	198	1	-0.70720	1.31170
30	307	1	-0.70720	1.31170
31	340	1	-0.70720	1.31170
32	137	5	-0.70049	1.70508
33	249	3	-0.69654	1.64277
34	248	2	-0.69267	1.56520
35	468	2	-0.68176	1.57235
36	342	3	-0.67327	1.65533
37	187	3	-0.67247	1.65577
38	148	1	-0.66430	1.35460
39	612	1	-0.65780	1.36110
40	522	2	-0.65397	1.59055
41	155	1	-0.65000	1.36890
42	298	3	-0.64679	1.66963
43	297	1	-0.64220	1.37670
44	372	2	-0.64008	1.59965
45	10	1	-0.63830	1.38060
46	129	3	-0.63556	1.67570



## Continuación Cuadro 18A.

OBS	IDECE	N	VGE	IND
47	149	2	-0.62420	1.61005
48	471	1	-0.62140	1.39750
49	13	2	-0.62122	1.61200
50	365	1	-0.60840	1.41050
51	533	1	-0.60840	1.41050
52	183	5	-0.60705	1.74694
53	71	7	-0.60045	1.77357
54	236	1	-0.58110	1.43780
55	406	1	-0.58110	1.43780
56	184	5	-0.56759	1.76462
57	481	4	-0.56176	1.74785
58	379	1	-0.55380	1.46510
59	579	1	-0.53950	1.47940
60	80	4	-0.53415	1.76117
61	286	1	-0.52520	1.49370
62	142	1	-0.52260	1.49630
63	12	2	-0.50611	1.68740
64	609	2	-0.50115	1.69065
65	477	1	-0.49400	1.52490
66	7	4	-0.48363	1.78555
67	489	1	-0.48230	1.53660
68	499	5	-0.47937	1.80414
69	283	1	-0.47840	1.54050
70	589	1	-0.47840	1.54050
71	447	1	-0.46150	1.55740
72	619	1	-0.46150	1.55740
73	543	2	-0.44656	1.72640
74	32	1	-0.41730	1.60160
75	592	1	-0.41210	1.60680
76	193	2	-0.41183	1.74915
77	108	1	-0.40040	1.61850
78	164	4	-0.39943	1.82618
79	269	1	-0.37180	1.64710
80	498	3	-0.36111	1.82390
81	94	1	-0.35750	1.66140
82	275	1	-0.35490	1.66400
83	618	1	-0.34710	1.67180
84	390	1	-0.34320	1.67570
85	78	1	-0.34190	1.67700
86	350	2	-0.33344	1.80050
87	195	3	-0.33062	1.84037
88	329	1	-0.33020	1.68870
89	302	2	-0.32748	1.80440
90	140	1	-0.31460	1.70430
91	136	2	-0.31160	1.81480
92	319	4	-0.30850	1.87005
93	475	1	-0.28080	1.73810
94	203	1	-0.27430	1.74460
95	104	1	-0.27300	1.74590

## Continuación Cuadro 18A.

OBS	IDECE	N	VGE	IND
96	48	1	-0.26390	1.75500
97	423	2	-0.25305	1.85315
98	405	1	-0.25090	1.76800
99	312	2	-0.23817	1.86290
100	480	1	-0.23270	1.78620
101	359	1	-0.21580	1.80310
102	718	1	-0.21580	1.80310
103	369	1	-0.19890	1.82000
104	420	1	-0.19890	1.82000
105	263	2	-0.19153	1.89345
106	508	1	-0.18330	1.83560
107	591	2	-0.17267	1.90580
108	488	1	-0.16640	1.85250
109	583	1	-0.16640	1.85250
110	391	1	-0.15860	1.86030
111	287	1	-0.15080	1.86810
112	358	1	-0.14950	1.86940
113	83	3	-0.12759	1.95000
114	497	3	-0.12358	1.95217
115	582	3	-0.12278	1.95260
116	62	1	-0.12090	1.89800
117	486	1	-0.11700	1.90190
118	478	2	-0.10718	1.94870
119	460	2	-0.10618	1.94935
120	473	3	-0.10031	1.96473
121	507	2	-0.09626	1.95585
122	237	2	-0.08733	1.96170
123	79	3	-0.07623	1.97773
124	209	3	-0.07302	1.97947
125	546	3	-0.07142	1.98033
126	402	1	-0.06500	1.95390
127	578	3	-0.05938	1.98683
128	251	3	-0.05457	1.98943
129	289	1	-0.05200	1.96690
130	509	3	-0.04494	1.99463
131	401	1	-0.03770	1.98120
132	466	1	-0.03510	1.98380
133	633	1	-0.03510	1.98380
134	158	1	-0.02730	1.99160
135	540	2	-0.02282	2.00395
136	347	2	-0.01092	2.01175
137	38	1	-0.00390	2.01500
138	308	6	0.00051	2.01912
139	440	2	0.00595	2.02280
140	173	1	0.01950	2.03840
141	270	1	0.02210	2.04100
142	349	3	0.02488	2.03233
143	538	1	0.02990	2.04880
144	585	2	0.03374	2.04100

## Continuación Cuadro 18A.

OBS	IDECE	N	VGE	IND
145	175	6	0.03722	2.03472
146	274	3	0.04253	2.04187
147	386	2	0.04366	2.04750
148	631	1	0.04680	2.06570
149	397	2	0.04863	2.05075
150	570	2	0.05656	2.05595
151	367	1	0.06110	2.08000
152	153	3	0.06179	2.05227
153	654	1	0.06370	2.08260
154	496	2	0.08832	2.07675
155	185	1	0.08840	2.10730
156	279	1	0.09100	2.10990
157	588	1	0.09620	2.11510
158	620	1	0.09620	2.11510
159	67	2	0.09626	2.08195
160	81	7	0.09636	2.05827
161	438	1	0.09750	2.11640
162	58	1	0.10010	2.11900
163	143	2	0.10718	2.08910
164	474	1	0.11180	2.13070
165	213	5	0.11375	2.06986
166	364	4	0.12596	2.07967
167	617	1	0.12870	2.14760
168	197	5	0.13290	2.07844
169	82	2	0.13496	2.10730
170	409	1	0.15860	2.17750
171	562	1	0.16120	2.18010
172	408	2	0.16473	2.12680
173	419	1	0.16510	2.18400
174	439	2	0.17267	2.13200
175	15	1	0.17290	2.19180
176	343	1	0.17680	2.19570
177	125	1	0.18330	2.20220
178	145	6	0.18557	2.09777
179	37	4	0.19264	2.11185
180	165	1	0.19370	2.21260
181	327	5	0.19964	2.10834
182	510	1	0.20020	2.21910
183	545	1	0.21060	2.22950
184	572	1	0.21060	2.22950
185	384	1	0.21450	2.23340
186	219	1	0.21840	2.23730
187	407	2	0.21931	2.16255
188	505	4	0.22026	2.12518
189	580	2	0.22229	2.16450
190	128	1	0.22620	2.24510
191	575	3	0.22630	2.14110
192	535	1	0.22750	2.24640

Continuación Cuadro 18A.

OBS	IDECE	N	VGE	IND
193	590	1	0.22880	2.24770
194	194	1	0.23400	2.25290
195	542	2	0.23817	2.17490
196	470	3	0.24315	2.15020
197	461	3	0.24877	2.15323
198	502	2	0.25305	2.18465
199	98	3	0.25438	2.15627
200	268	4	0.25933	2.14403
201	604	1	0.26000	2.27890
202	154	7	0.26773	2.12829
203	598	1	0.27690	2.29580
204	625	1	0.27690	2.29580
205	483	2	0.29076	2.20935
206	544	1	0.29250	2.31140
207	352	1	0.30940	2.32830
208	716	2	0.32550	2.23210
209	70	1	0.32630	2.34520
210	547	1	0.34060	2.35950
211	513	1	0.35880	2.37770
212	521	1	0.36790	2.38680
213	356	6	0.36961	2.17598
214	321	3	0.37154	2.21953
215	490	1	0.37440	2.39330
216	348	4	0.37788	2.20122
217	452	1	0.39130	2.41020
218	514	2	0.40687	2.28540
219	317	2	0.41183	2.28865
220	441	4	0.41290	2.21813
221	436	2	0.42275	2.29580
222	242	1	0.42380	2.44270
223	8	1	0.42510	2.44400
224	92	3	0.44377	2.25853
225	501	2	0.45053	2.31400
226	345	4	0.45803	2.23990
227	196	1	0.46540	2.48430
228	463	4	0.47150	2.24640
229	247	1	0.47970	2.49860
230	328	5	0.49156	2.23912
231	294	2	0.50015	2.34650
232	102	4	0.50047	2.26037
233	265	3	0.50235	2.29017
234	150	5	0.50955	2.24718
235	387	3	0.53525	2.30793
236	243	2	0.55076	2.37965
237	559	1	0.56160	2.58050
238	103	4	0.57321	2.29547
239	127	1	0.61230	2.63120
240	124	7	0.61318	2.26943
241	234	2	0.62122	2.42580
242	23	3	0.62432	2.35603

## Continuación Cuadro 18A.

OBS	IDECE	N	VGE	IND
243	245	2	0.64008	2.43815
244	192	2	0.64305	2.44010
245	557	1	0.65390	2.67280
246	603	1	0.67340	2.69230
247	230	6	0.67753	2.30685
248	310	1	0.68900	2.70790
249	549	2	0.71053	2.48430
250	276	2	0.71550	2.48755
251	239	2	0.76908	2.52265
252	445	3	0.80728	2.45483
253	389	4	0.81233	2.41085
254	267	3	0.81290	2.45787
255	576	2	0.81969	2.55580
256	147	3	0.82253	2.46307
257	316	3	0.82975	2.46697
258	561	1	0.83330	2.85220
259	240	2	0.84153	2.57010
260	261	5	0.85429	2.40162
261	381	2	0.85443	2.57855
262	259	2	0.87328	2.59090
263	616	1	0.88270	2.90160
264	254	1	0.89440	2.91330
265	19	3	0.92846	2.52027
266	624	1	0.94900	2.96790
267	378	4	0.95917	2.48170
268	577	2	0.95962	2.64745
269	537	2	1.00527	2.67735
270	558	2	1.03702	2.69815
271	91	3	1.10340	2.61473
272	395	4	1.16057	2.57888
273	341	3	1.27512	2.70747
274	315	5	1.28781	2.59584
275	216	1	1.32600	3.34490
276	568	3	2.67944	3.46580

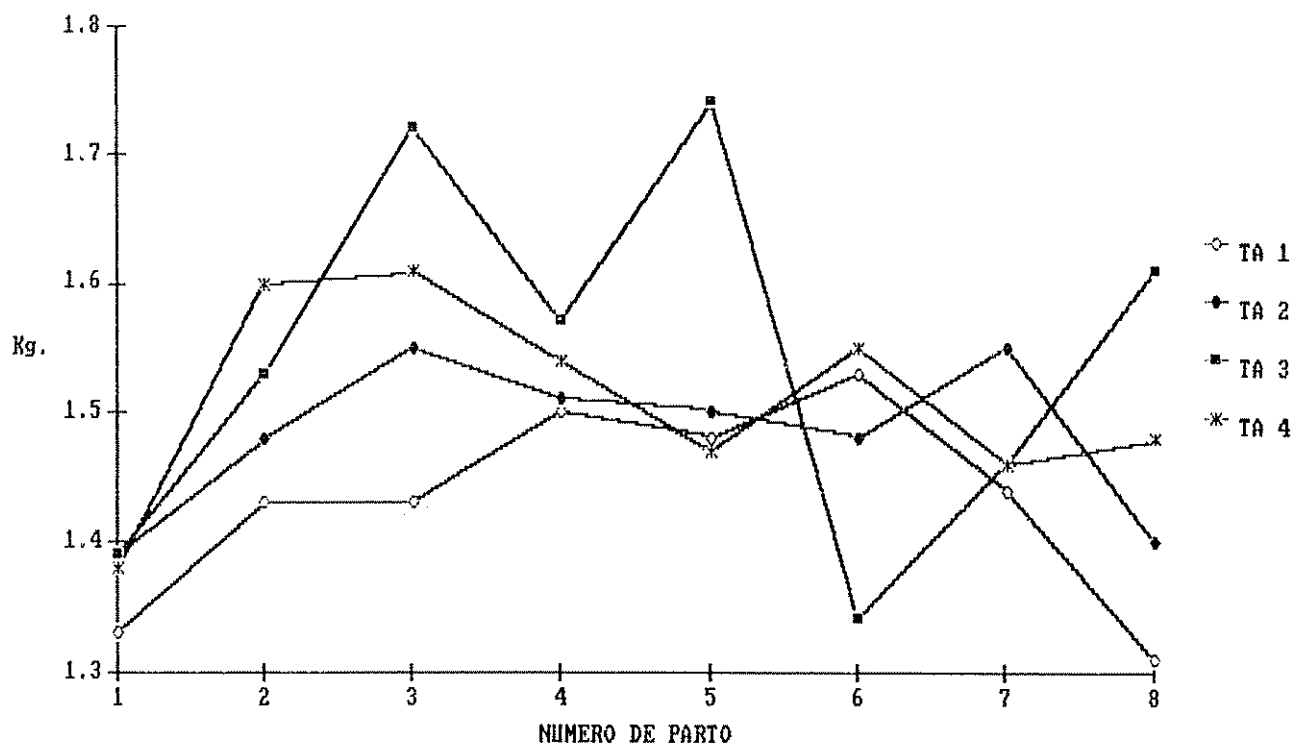


Fig 1A. Peso de los lechones al nacimiento, según el número de parto, en las diferentes clase de TAN.

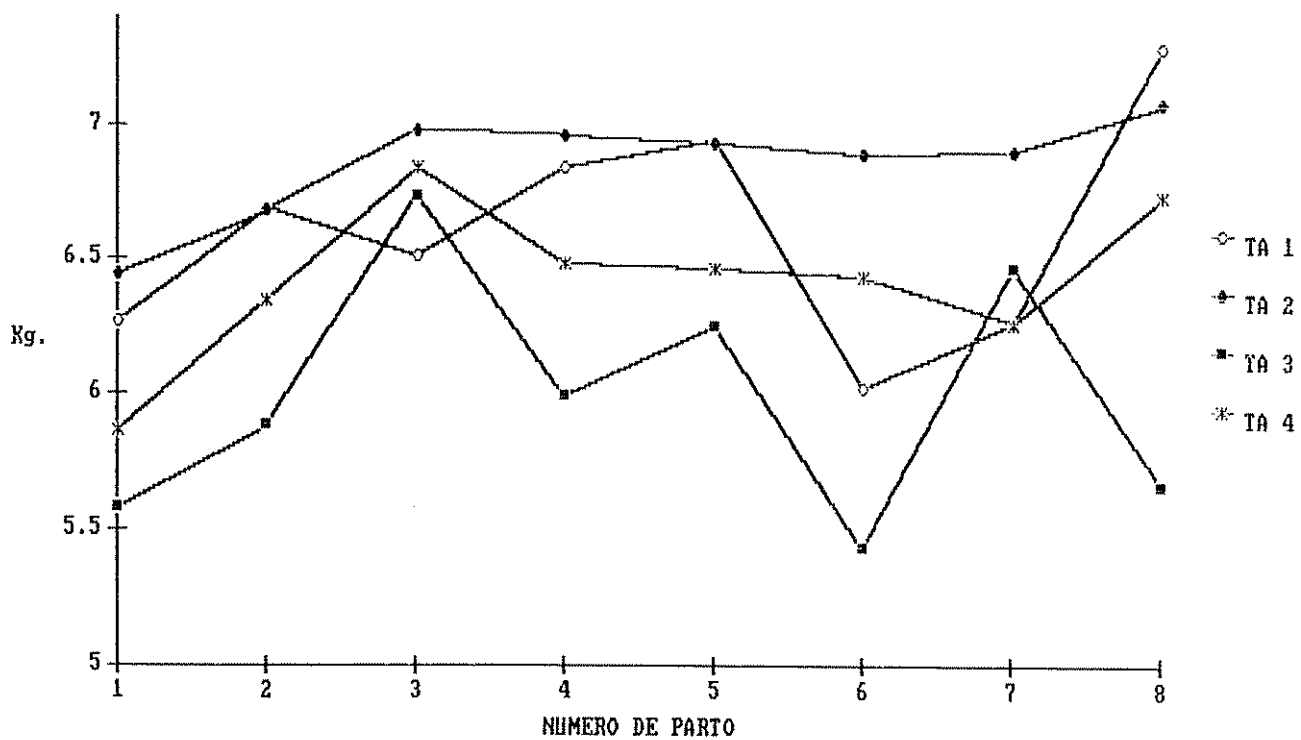


Fig 2A. Peso de los lechones al destete ajustado a los 28 días de edad, según el número de parto, en las diferentes clase de TA.