

DESARROLLO BIOMETRICO DE LECHONES Y
FACTORES DE CORRECCION

Por:

JORGE HUMBERTO QUIJANO BERNAL

SERGIO OCHOA RAMIREZ

Trabajo de investigación presentado como
requisito parcial para optar el título de
ZOOTECNISTA

Profesor Orientador: Luis Jair Gómez G.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

Departamento de Industria Animal

Medellín - 1.975

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
BIBLIOTECA Y DOCUMENTACION
PROCESOS TECNICOS

636-41
Q 6

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCION	3
III. REVISION DE LITERATURA	5
3.1 <u>Introducción</u>	5
3.2 <u>Curvas de crecimiento</u>	6
3.3 <u>Efectos de la edad</u>	9
3.4 <u>Efectos del tamaño de la camada</u>	13
3.5 <u>Efecto del sexo</u>	14
3.6 <u>Efecto de la edad de la madre</u>	16
3.7 <u>Efecto del año de nacimiento</u>	17
IV. MATERIALES Y METODOS	18
4.1 <u>Materiales</u>	18
4.2 <u>Métodos</u>	21
V. RESULTADOS	27
5.1 <u>Ajuste por edad</u>	27
5.2 <u>Efecto del tamaño de la camada</u>	29
5.2.1 ^{con} ^{cu} En base a 56 días	29
5.2.2 ^{con} ^{cu} En base a 35 días	37
5.3 <u>Efecto del sexo</u>	40

UNIVERSIDAD DE NARIÑO BIBLIOTECA Y DOCUMENTACION

No. **38408** Ej.
Valor **2.000** Vol.
Fecha **X-24-90** Don. **X**
Fac. **Zoología** Canje.
Librería. Comp.

5.4	<u>Efecto del número de parto</u>	44
VI.	DISCUSION	50
6.1	<u>Análisis biométrico</u>	50
6.2	<u>Efecto de la edad</u>	54
6.3	<u>Efecto del tamaño de la camada</u>	55
6.4	<u>Efecto del sexo</u>	56
6.5	<u>Efecto del número de parto</u>	57
VII.	BIBLIOGRAFIA	61
	ANEXOS	67

FIGURAS

		<u>Página</u>
Figura No.1	Determinación de pesos a una edad fija .	10
Figura No.2	Regresión de la variación del peso sobre la edad	28
Figura No.3	Curvas de crecimiento por "Tamaño de la camada"	30
Figura No.4	Tamaño de la camada. Peso a 56 días en kg. (Z) Vs. peso al nacimiento en kg. (W)	32
Figura No.5	Tamaño de camada. Peso a 35 días en kg. (Z) Vs. peso al nacimiento en kg. (W) ..	38
Figura No.6	Curvas de crecimiento por "Sexo"	42
Figura No.7	Sexo. Peso de machos a los 0, 10, 21, 35 y 56 días en kg. (M) Vs. peso de hem- bras a las mismas edades (H)	43
Figura No.8	Curvas de crecimiento por "Número de parto"	45
Figura No.9	Parto. Peso a 56 días en kg. (Z) Vs. pe- so al nacimiento en kg. (W)	47
Figura No.10	Relación entre peso al destete (56 días) y camadas de diferente tamaño	34

Tabla No.1	Condiciones climáticas de la granja durante el período de 1.970 a 1.974	18
Tabla No.2	<u>Individuos utilizados en el presente trabajo.</u> Repartición en función del sexo, del año de nacimiento, del número y del tamaño de la camada (animales conservados vivos al nacimiento y a los 56 días)	20
Tabla No.3	Peso esperado a los 56 días y factores de corrección para ajuste de peso a los 56 días por "Tamaño de la camada"	33
Tabla No.4	Peso esperado a los 35 días y factores de corrección para ajuste de peso a los 35 días por "Tamaño de la camada"	39
Tabla No.5	Factor de corrección para ajustar peso entre 0 y 56 días por sexo	44
Tabla No.6	Peso esperado a los 56 días y factores de corrección para ajuste de peso a los 56 días por "Número de parto"	46

Figura No.11	Relación entre peso a los 35 días y camadas de diferente tamaño	41
Figura No.12	Relación entre peso al destete (56 días) y número de parto	49

1. RESUMEN

Con base en los datos de la granja experimental de Palmira del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) entre los años 1.970 a 1.974, se prueba la validez de la matematización del desarrollo biométrico de lechones, realizada por Aumaitre et al (1.966) y representada por la ecuación de cuarto grado: $Y = K + aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX$.

Demostrada la vigencia de dicho modelo, se procede a aplicarlo en las condiciones de la granja y a desarrollar una metodología para determinar factores de corrección por: edad de destete, tamaño de camada, sexo y número de parto. Para ajuste por edad de destete se determina la siguiente fórmula: $\text{Peso corregido} = \text{Peso real} \times \frac{44}{(\text{Edad real} - 12)}$

Para los otros factores estudiados se encuentra que el de mayor influencia es el tamaño de la camada y que el sexo es un factor que actúa independientemente de los otros en forma constante durante todo el desarrollo de manera tal que el peso del macho es igual a 1,035 veces el de la hembra.

Se hace una amplia discusión en torno a la complejidad del fenómeno biológico del desarrollo de los lechones, fenómeno que se refleja en ecuaciones de tercero o cuarto grado, con mucha menor distorsión que si se ajustara a regresiones lineales simples, ya que cada punto del desarrollo

corresponde a la convergencia de una familia de líneas de regresión, como expresión estadística de los que Legault y Canonge (1.965) denominan "focos de crecimiento".

II. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de los animales domésticos ha sido objeto de gran número de estudios desde diferentes enfoques. El análisis estadístico ha sido particularmente amplio en cuanto al estudio de metodologías diversas, que van desde regresiones simples a complejas en diverso grado, tratando de separar cada uno de los principales factores que inciden en el proceso. Estas diversas metodologías han dado frutos en algunas especies particularmente en bovinos; sin embargo los porcinos han revelado mayores dificultades, ya que la característica de su rápido desarrollo, la rapidez con que deben estar en el mercado, la prolificidad y el corto intervalo generacional, revelan la gran complejidad de su proceso de desarrollo. En razón de esta circunstancia se han propuesto varias metodologías tendientes a facilitar los estudios de regresión que permitan efectuar ajustes para comparación y análisis genéticos que hagan posible el mejoramiento de los pies de cría.

En el presente trabajo pretenden los autores, probar la validez de una metodología para determinar factores de corrección, con base en las investigaciones de Aumaitre et al. (1.966) y de Legault y Canonge (1.965), quienes parten del principio de "focos de crecimiento" para analizar biométricamente el desarrollo de los lechones y poder así hacer estimativos

del peso a edades fijas, con base en el estudio estadístico de la "prueba de convergencia de una familia de líneas de regresión", que anteriormente había sido elaborado en primera instancia por Robson y Atkinson (1.960).

La necesidad de impulsar rápidamente el mejoramiento genético de las explotaciones porcinas del país, destacan la importancia de conocer en mayor detalle las características biométricas del desarrollo de la especie y la elaboración de los factores de ajuste que den bases firmes a la selección genotípica de los reproductores. En este sentido es bastante notoria la falta de estudios en porcinos. Podría pensarse que esta circunstancia está demostrando la afirmación antes planteada de la extraordinaria complejidad que ofrece el fenómeno biológico del crecimiento en porcinos. Esta misma circunstancia hace más válida la precaución de que los factores de corrección sólo son aplicables bajo las condiciones específicas y en las explotaciones de donde se toman los datos.

principales causas de variación ambiental en el peso al destete las siguientes: edad, sexo y año de nacimiento del lechón; así como también la edad de la madre y número de lechones destetados por camada.

En la literatura revisada se anotan diferentes tipos de ajuste para corregir el peso a una edad dada: por medio de una regresión lineal, Whatley y Quaife 1.937; desarrollo de una ecuación cuadrática, Lush y Kincaid 1.943; regresión lineal del peso sobre la edad, Taylor y Hazel 1.955; ajuste lineal del peso sobre la edad, Robinson 1.962.

Whatley y Quaife 1.937 y Taylor y Hazel 1.955, concluyen que el ajuste lineal presenta numerosas ventajas sobre los otros métodos, aunque no ocultan la necesidad de hacer amplias pruebas bajo muy diferentes condiciones ambientales, antes de recomendar su utilización.

3.2 Curvas de crecimiento.

El desarrollo de los lechones está influenciado por muchos factores que no necesariamente ejercen su efecto independientemente. Al tratar de integrarlos, se llega a la conformación de las curvas de crecimiento, las cuales permiten, con el análisis de las causas de variación de los pesos a una edad determinada, el estudio del desarrollo ponderal del cerdo como fenómeno biológico integral.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1 Introducción.

/ La etapa más crítica en la crianza comercial de cerdos es, sin lugar a dudas, la lactancia. Sus efectos sobre el tamaño y peso de la camada, son factores determinantes del éxito en la crianza porcina. La lactancia está afectada por factores hereditarios y ambientales, teniendo estos últimos mayor influencia en esta etapa (Baker et al 1.943, Nordskogg et al 1.944, Legault y Aumaitre 1.968). Como consecuencia de ello, el progreso de caracteres por selección es lento e inseguro. Es por lo tanto, necesario un conocimiento preciso de las relaciones de los factores que afectan el comportamiento de los cerdos durante esta época o etapa de su desarrollo y de la magnitud de las mismas para obtener un progreso efectivo.

/ En ganado porcino se miden y analizan los pesos individuales de los animales a edades constantes, particularmente a aquélla en la cual se desteta. Por medio de una evaluación correcta de estos pesos, se puede lograr un avance en el mejoramiento genético del ganado porcino; para lo cual es de vital importancia el uso de factores de corrección. Son muchos los factores que influyen en el peso de un animal a una edad dada. Los trabajos estudiados reportan como

La evolución de los pesos corporales con la edad, en las condiciones de un medio dado puede ser representado por "curvas de crecimiento". Dichas curvas constituyen para el criador una indicación precisa sobre las aptitudes de un animal o la eficiencia de una ración. Su estudio por dos métodos, que pueden ser gráficos o analíticos, ya han sido interpretados por diferentes autores (Brody, 1.945). Estas curvas han sido frecuentemente definidas sobre intervalos de tiempo relativamente largos, desde el nacimiento hasta la edad adulta, o cortos; desde el nacimiento hasta el destete. En conclusión, la mayor parte de los trabajos han sido limitados al estudio de las variaciones de los pesos de los lechones a las edades tipos (nacimiento, 21 días, 41² días, 56 días, etc.), presentando teóricamente cierta significancia zootécnica.

Para el estudio de la variación de la ganancia diaria de peso (velocidad de crecimiento) se han empleado principalmente dos métodos; algunos autores se valen del método gráfico de ajuste a una curva lineal siguiendo un análisis de regresión (Leroy y Lery, 1.946; Ciovarek, 1.955; Manners et McCrea, 1.958) y otros del estudio dinámico del crecimiento con base en ecuaciones matemáticas más complejas, cuarto o quinto grado (Aumaitre et Salmont - Legagneur, 1.961). Si bien el primer sistema es más sencillo; el segundo ofrece

la ventaja de ajustarse mejor a las variaciones ambientales, tales como alimentación y estado sanitario, y reflejar mejor los fenómenos biológicos. Es importante tener en cuenta sin embargo, la opinión de Rusell, 1.972: quien indica que ninguna de las ecuaciones se acomoda totalmente a las curvas reales del crecimiento y que los modelos matemáticos propuestos no reflejan los fenómenos biológicos, a pesar de que las pruebas estadísticas sean significativas.

El crecimiento de los lechones colocados en un medio dado depende de numerosos factores que se pueden clasificar en cuatro categorías, según Aumaitre et Salmont - Legagneur, 1.961:

1. El sexo
2. Los factores de origen hereditario: raza, efectos maternos de origen genético, genotipo del individuo mismo (efectos aditivos y no aditivos de los genes).
3. Los factores del medio comunes a todos los animales de una camada o "efecto camada", propios de las especies multíparas: año y estación de nacimiento, número y tamaño de la camada, efectos maternos no genéticos y efectos del medio no controlados.
4. Las variaciones del medio entre los animales de una misma camada.

Todas estas razones muestran el interés de una análisis más preciso de los diferentes aspectos del crecimiento ponderal de los animales en el período de la lactación, pero dejan traslucir su complejidad.

3.3 Efectos de la edad.

C. Legault y J.C. Canonge, 1.965, anotan que la determinación de los pesos a una edad fija pueden hacerse de diferentes maneras:

- A. Sobre la línea de regresión individual del peso sobre la edad cuando se dispone por lo menos de tres pesadas por animal (Fig.1.1).
- B. Por interpolación lineal cuando se dispone de dos pesadas, dentro de las que se sitúa la edad de referencia (Fig.1.2); se parte entonces de la hipótesis de que el crecimiento de los animales entre estos dos controles es lineal. Esta asunción es más correcta entre más reducido sea el intervalo de tiempo.
- C. Sobre la línea de regresión general cuando no se dispone sino de un control vecino a la edad de referencia. En este caso se parte de la hipótesis de que el crecimiento de los animales se expresa por líneas de regresión paralelas entre sí y paralelas a la línea de regresión general (Fig. 1.3).
- D. Sobre una línea que pasa por un punto fijo, a partir de la hipótesis de que al interior de un período limitado, las

curvas de crecimiento de los animales son lineales y concurrentes en un punto $C(X_0, Y_0)$. (Fig.1.4).

Este método que viene a expresar el peso de un animal a una edad dada por una función lineal de su rapidez de crecimiento a la misma edad, tiene en cuenta el hecho de que los animales más pesados son en general aquellos cuya velocidad de crecimiento es más elevada a la edad considerada.

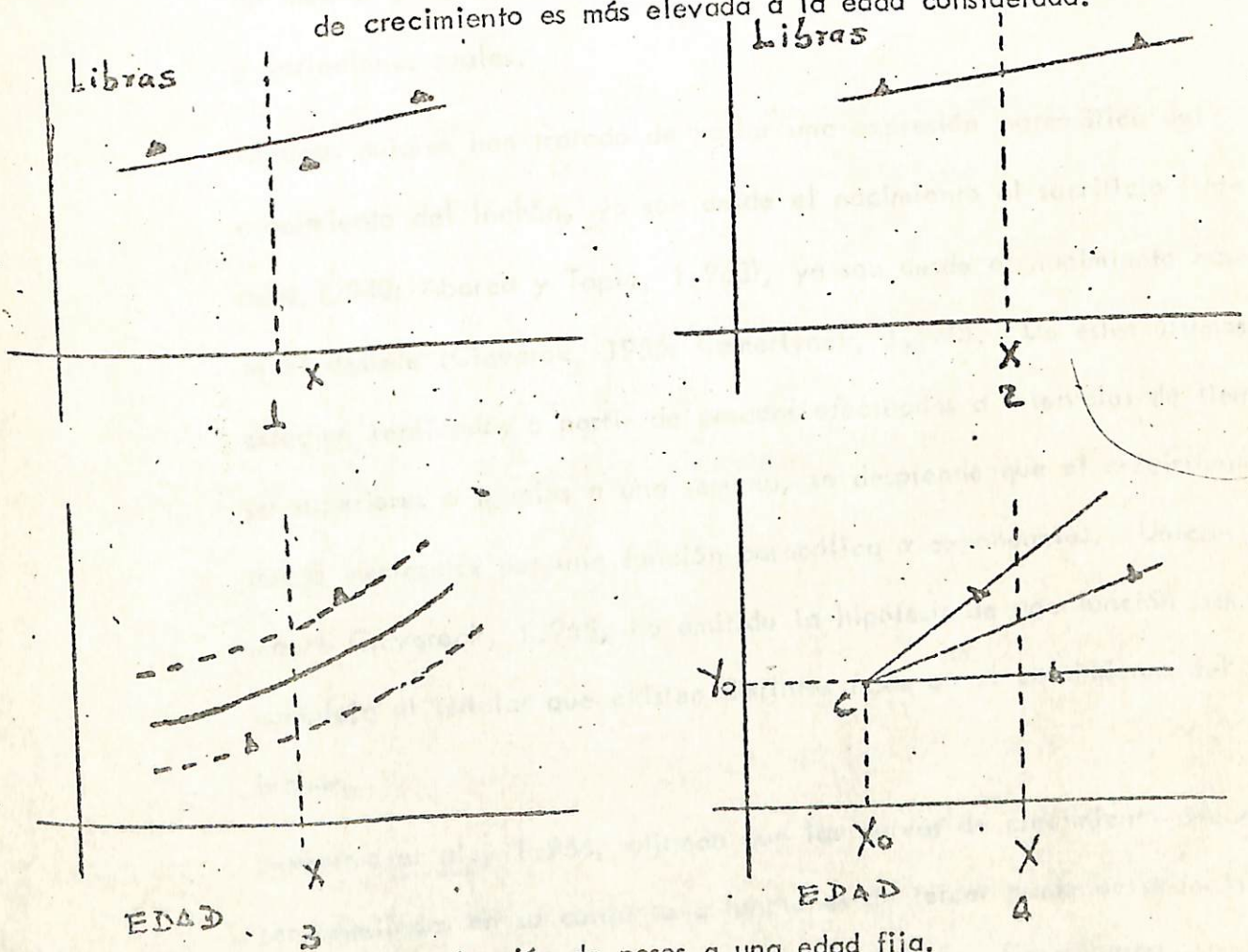


Figura No.1 Determinación de pesos a una edad fija.

Taylor y Hazel 1.955, han hecho un estudio crítico de los diferentes métodos que permiten la corrección del peso de los lechones a la edad de 154 días a partir de pesadas efectuadas entre 134 y 174 días. Después de haber obtenido las coordenadas del punto C por el método de los cuadrados mínimos, estos autores constatan que este último método, fuera de su simplicidad, se revela superior a los otros, siendo las medias y las variaciones estimadas las más próximas a las medias y variaciones reales.

Algunos autores han tratado de hallar una expresión matemática del crecimiento del lechón, ya sea desde el nacimiento al sacrificio (Donald, 1.940; Abarca y Tapia, 1.963), ya sea desde el nacimiento hasta el destete (Cicvarek, 1955; Camerlynck, 1.960). De estos últimos estudios realizados a partir de pesadas efectuadas a intervalos de tiempo superiores o iguales a una semana, se desprende que el crecimiento puede expresarse por una función parabólica o exponencial. Únicamente Cicvarek, 1.955, ha emitido la hipótesis de una función más compleja al señalar que existen distintas fases en el crecimiento del lechón.

Aumaitre et al., 1.966, afirman que las curvas de crecimiento pueden ser asimiladas en su conjunto a funciones de tercer grado de acuerdo con los resultados de Legault y Canonge, 1.965. Sin embargo, según

las condiciones del medio, la forma de la curva tiene tendencia a variar. Según Aumaitre et al., 1.966, la principal característica de la ganancia de peso diario es, en efecto, su variación en el tiempo. La existencia de un punto de inflexión entre el día 11 y el 17, significa que la rapidez de crecimiento pasa por un mínimo a esta edad. Este mínimo de la rapidez de crecimiento o "crisis" es frecuentemente atribuido a una insuficiencia en el aporte alimenticio (Civareck, 1.955; Aumaitre et al., 1.961).

Otros autores han dado otras explicaciones: por ejemplo, Elstey, 1.964, sostiene que este período puede corresponder a fases de crecimiento diferencial de diversos tejidos elaborados y sobre todo a una formación más intensa de tejido graso cuya elaboración es costosa. Más clásicamente se invocan carencias en oligoelementos insuficientemente renovados después del nacimiento.

Whatley y Quaife, 1.936, al tomar camadas que variaban en edad desde 38 hasta 74 días, hallaron un coeficiente de regresión del peso sobre la edad de 0,74 lbs. por día. El peso medio fue de 28,4 lbs. y la edad media fue de 55,9 días. Al sustituir estas cifras en la ecuación de regresión se corta al eje de la edad en 17,5 días. Datos recolectados por los mismos autores en 1.937, sobre 169 pjaras de 24

1.957), de otro lado, el ritmo de crecimiento es similar entre ambos sexos durante el curso de lactancia.

Con estas afirmaciones coinciden un gran número de autores (Bywaters, 1.937; Freedeen y Planck, 1.963). Una probable explicación de este fenómeno ha sido dada por Salmon, Legagneur y Fevrier, 1.959, quienes lo atribuyen al efecto que la castración a una edad relativamente avanzada antes del destete, puede ejercer por su acción deprimente sobre el normal desarrollo del macho.

Quijandria et al., 1.970, reportan que desde el inicio existe una marcada superioridad de los machos con respecto a los pesos en todas las edades.

Lo usual es que los machos crezcan más rápido que los capones y éstos más que las hembras (Comstock et al., 1.944; Bruner et al., 1.959; Quijandria y Robinson, 1.970).

Según Quijandria et al., 1.970, las curvas de crecimiento por raza y por sexo tienen una tendencia cuadrática como se representa en la ecuación $y = C + b_1x + b_2x^2$; donde "y" representa el peso y "x" la edad.

Cabe anotar que esta afirmación está de acuerdo a trabajos previamente publicados (Whatley y Quaife, 1.937; Lush y Kincaid, 1.943;

Aumaitre et al., 1.966). En el mismo trabajo antes citado, los autores encontraron que los machos fueron los de mayor velocidad de crecimiento ($b = 0,22$); el coeficiente de regresión general fue de 0.20. En otros estudios, (Quijandria y Robinson, 1970), han concluido que el ajuste por razas es más eficiente que por sexo.

Aumaitre y otros, 1.966, en concordancia con los autores anteriores afirma que los lechones machos son significativamente más pesados que las hembras al nacimiento, pero esta diferencia va siendo menor con el desarrollo antes del destete. Los animales machos pesan, en efecto, 33 gs. más que las hembras al momento del parto, 118 gs. a los 21 días y 120 gs. a los 60 días. Al analizar la rapidez de crecimiento observada en los intervalos de tiempo considerados, no se encontró diferencia significativa y al momento del destete la diferencia entre sexos tampoco lo fue.

3.6 Efecto de la edad de la madre.

El efecto número de parto es más limitado que el "año". Si bien, existe una interacción significativa entre estos dos factores, (Aumaitre y otros, 1.966), parece que en general, los lechones provenientes de las primeras camadas tengan un crecimiento inferior a las otras. Esto se explica en parte, porque el número y el peso de los animales nacidos son inferiores, como también lo es la producción lechera de la madre.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Materiales.

Se tomaron como base los registros de la estación experimental de Palmira del Instituto Colombiano Agropecuario, localizada a una altura de 1.000 metros sobre el nivel del mar; tiene una temperatura promedio de 23,9°C y una precipitación de 1.000 mm. Es una región clasificada como Bosque Seco Tropical (bs-T).

Las variaciones ambientales en temperatura, humedad relativa y precipitación en los años de 1.970 a 1.974, aparecen en la tabla No.1

Tabla No.1: Condiciones climáticas de la granja durante el período de 1.970 a 1.974.

AÑO	TEMPERATURA (°C)			HUMED. RELATIVA (%)			PRECIPITACION (mm.)		
	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.
1970	23,21	22,2	23,7	76,41	72	82	89,85	24,4	199,8
1971	22,56	22,2	23,2	77,16	73	80	124,49	40,3	255,8
1972	23,55	22,7	24,3	75,08	69	79	91,13	13,4	141,5
1973	23,55	22,3	25,2	74,41	67	79	86,12	11,9	155,4
1974	22,55	22,9	24,0	75,5	69	79	93,91	15,4	180,6

3.7 Efecto del año de nacimiento.

El peso y la rapidez de crecimiento varían en el mismo sentido para un mismo año. Sin embargo, existe una variación considerable entre los años. La extensión de la variación de los pesos medios a 60 días alcanza a 3,9 kg. entre los años de 1.952 y 1.960; o sea una diferencia de 130 gs/día en la rapidez de crecimiento de 48 a 60 días (Aumaitre et al, 1.966). Esto demuestra el hecho de que los lechones son sensibles a las variaciones del medio y principalmente a las condiciones sanitarias que pueden evolucionar de un año a otro dentro de la misma porqueriza. Diversos autores han encontrado que la influencia del año de nacimiento representaba de 6 a 10% de la variación en el peso al nacimiento: (Lush, 1.943; Fredeen y Planck, 1.963). Otros autores: Bywaters, 1.937; Hazel et al, 1.943; han señalado que el año de nacimiento tenía una influencia notable sobre el peso a los 21 y a los 56 días y que algunas veces el efecto era particularmente acentuado para ciertas estaciones.

Nota: Los datos de la anterior tabla fueron tomados de mediciones en base a promedios mensuales.

El detalle de los registros analizados aparece en la tabla No.2.

En la muestra están representadas tres razas: Landrace, Duroc-Jersey y Yorkshire y una amplia gama de cruces entre estas razas.

El sistema general de manejo de los lechones hasta el destete comprende una alimentación a voluntad con 18% de proteína.

Aproximadamente el 70% de los lechones se castró a los 14 días y el resto entre los 15 y 30 días de edad de acuerdo a diversas condiciones sanitarias. El plan sanitario es similar para todos los lechones y comprende:

- Vacunación anti-aftosa entre los 30 y 40 días
- Vacunación contra el cólera 15 días más tarde
- Tratamientos a que haya lugar.

Tabla No.2: Individuos utilizados en el presente trabajo.
función del sexo, del año de nacimiento, del
tamaño de la camada (animales conservados
nacimiento y a los 56 días).

Repartición en
número y del
años al naci-

Sexo	# de indivi- duos		Año de nacimien- to.	# de indivi- duos		# de par- to	# de ca- madas	indivi- duos 56	Tama- ño de la ca- mada	# de indivi- duos	
	0	56		0	56					0	56
Machos	1728	1392	1970	516	396	1	121	969	3	35	25
			1971	1310	1030	2	95	812	4	85	64
Hembras	1660	1344	1972	913	758	3	72	600	5	90	56
			1973	340	296	4	22	199	6	187	132
			1974	309	256	5	12	99	7	327	270
						6		45	8	440	350
						7		12	9	530	435
									10	650	540
							11	626	526		
								12	418	338	
Total		3388	2736					2736		3388	2736

757 individuos, se

Nota: De 510 registros que se tomaron con un total de 1.757 individuos, se
seleccionaron finalmente 352, con un total de 1.198 individuos al na-
cimiento y 2.736 a los 56 días, repartidos.

<u>Años</u>	<u>No. de registros</u>
1.970	57
1.971	133
1.972	81
1.973	48
1.974	<u>33</u>
Total:	352

4.2 Métodos.

La metodología seguida se fundamenta en el desarrollo de ecuaciones de cuarto grado, cuyos resultados finales se llevaron a gráficas específicas para cada uno de los factores analizados.

En primer lugar se calculó la regresión del peso sobre la edad de las crías hallando b (coeficiente de regresión) con el objeto de corregir algunos registros que no estaban sobre la base de los 56 días, siguiendo el método desarrollado por Whatley y Quaife en 1.937. Los datos analizados fueron: tamaño de la camada, número del parto, sexo y peso al nacimiento, a los 10, a los 21, a los 35 y a los 56 días.

Inicialmente se proyectó el análisis de "época de nacimiento" y "raza", sin embargo, posteriormente se descartaron dado que los datos en

este aspecto no daban garantía suficiente para el trabajo estadístico. Para determinar el efecto del tamaño de la camada, del sexo y el número de partos, se siguió el siguiente desarrollo matemático:

X A. Inicialmente se tomó la ecuación de la forma cuártica:

$$Y = K + aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX.$$

dada por Aumaitre, Legault y Salmont-Legagneur en 1.966, bajo la asunción de que corresponde a la expresión biométrica del desarrollo de los lechones hasta el destete. En esta ecuación: "Y" es el peso expresado en kg., "X" es la edad expresada en días y "K" (constante) es el peso al nacimiento.

Para la determinación de los coeficientes a, b, c y d se utilizó un computador IBM-1130 del Centro de Cómputo de la Universidad Nacional. Dichos coeficientes (Anexo No.3) se hallaron con base en los datos de campo (Anexo No.1) y se determinaron para cada una de las variables estudiadas así: para tamaño de la camada de 3 a 12 lechones con un grupo, en cada caso, de 4 ecuaciones; para sexo: machos y hembras y para número de parto de 10. a 60. (18 grupos de ecuaciones en total).

Con base en los 18 grupos de ecuaciones (Anexo No.2), se

hallan por resolución del sistema los 72 coeficientes (Anexo No.3). En base a los coeficientes se obtienen las 18 ecuaciones específicas para cada una de las características (Anexo No.4). Reemplazando en dichas ecuaciones la variable X por las edades tomadas como base a saber: 0, 10, 21, 35 y 56 días, se determinan los pesos producto del desarrollo de la ecuación cuártica (y_i^*) (Anexo No.5.)

- B. Una vez halladas las 18 ecuaciones específicas (10 por tamaño de la camada, 2 por sexo y 6 por número de parto) y los 72 coeficientes (4 por cada ecuación, a saber: a, b, c, d), se halló el "error típico de cálculo" (Ey_i) de cada una de ellas con respecto a los datos obtenidos (de campo) para lo cual se empleó la fórmula:

$$Ey_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - y_i^*)^2}{N}}$$

Donde:

Ey_i = error típico de cálculo de la curva i

y_i = dato de campo

y_i^* = dato obtenido del desarrollo de la ecuación cuártica
(curva i)

N = Número datos analizados.

En este caso, Ey_i sería el error que se tiene si se utiliza la ecuación de la curva i (de la forma cuártica) en la obtención de un valor en vez de la medida de campo. Una vez hallados dichos errores, se encontró que las ecuaciones eran confiables.

C. Encontrado el error de la curva (Ey_i), se entró a determinar por regresión el efecto de "y" sobre "x" y de "x" sobre "y", para cada una de las características estudiadas, a saber:

1. Para tamaño de la camada (a los 56 ó a los 35 días).

Se toman las rectas de regresión Z v.s. W y W v.s. Z .

$$(1) Z = b_1 W + a_1$$

donde:

Z = peso a los 56 ó 35 días

W = peso al nacimiento

a_1 = intercepto

Para encontrar las constantes a_1 y b_1 se plantearon las siguientes ecuaciones normales:

$$(2) \sum_{i=1}^n Z_i = b_1 \sum_{i=1}^n W_i + Na_1$$

$$(3) \sum_{i=1}^n Z_i W_i = b_1 \sum_{i=1}^n W_i^2 + Na_1 \sum_{i=1}^n W_i$$

Planteando la regresión de W v.s. Z :

$$W = b_2 Z + a_2$$

La cual tendrá como ecuaciones normales:

$$(4) \sum_{i=1}^n W_i = b_2 \sum_{i=1}^n Z_i + Na_2$$

$$(5) \sum_{i=1}^n W_i Z_i = b_2 \sum_{i=1}^n Z_i^2 + Na_2 \sum_{i=1}^n Z_i$$

2. Para sexo: se toman las rectas de regresión de M sobre H y H sobre M:

$$(6) M = b_3 H + a_3$$

Donde:

M = peso de los machos a los 0, 10, 21, 35 y 56 días

H = peso de las hembras a las mismas edades.

Las constantes b_3 y a_3 se determinan mediante el sistema de ecuaciones normales:

$$(7) \sum_{i=1}^n M_i = b_3 \sum_{i=1}^n H_i + Na_3$$

$$(8) \sum_{i=1}^n M_i H_i = b_3 \sum_{i=1}^n H_i^2 + Na_3 \sum_{i=1}^n H_i$$

La ecuación de regresión de H sobre M es:

$$(9) H = b_4 M + a_4$$

Cuyas ecuaciones normales son:

$$(10) \sum_{i=1}^n H_i = b_4 \sum_{i=1}^n M_i + Na_4$$

$$(11) \sum_{i=1}^n H_i M_i = b_4 \sum_{i=1}^n M_i^2 + Na_4 \sum_{i=1}^n M_i$$

3. Para número de parto: se toma como base la recta de

regresión Z sobre W y W sobre Z:

$$(12) \quad Z = b_5 W + a_5$$

Donde:

Z = peso a los 56 días

W = peso al nacimiento

Las ecuaciones normales son:

$$(13) \quad \sum_{i=1}^n Z_i = b_5 \sum_{i=1}^n W_i + Na_5$$

$$(14) \quad \sum_{i=1}^n Z_i W_i = b_5 \sum_{i=1}^n W_i^2 + Na_5 \sum_{i=1}^n W_i$$

La regresión de W sobre Z es:

$$(15) \quad W = b_6 Z + a_6$$

Planteando las ecuaciones normales:

$$(16) \quad \sum_{i=1}^n W_i = b_6 \sum_{i=1}^n Z_i + Na_6$$

$$(17) \quad \sum_{i=1}^n W_i Z_i = b_6 \sum_{i=1}^n Z_i^2 + Na_6 \sum_{i=1}^n Z_i$$

D. Una vez determinadas las ecuaciones de regresión, se hallan los errores estándares: E_{Z_i} , E_{W_i} , EM_i y EH_i por el método de los mínimos cuadrados, con el objeto de escoger la curva que tenga menor error.

E. Escogida la curva con menor error, se desprecia el término independiente y se agrega el error estándar en cada caso.

V. RESULTADOS

5.1 Ajuste por edad.

Se tomaron 352 camadas que variaban en edad desde 42 hasta 60 días. La regresión del peso sobre la edad dentro de granja fue de 0,28 kg. por día.

El peso medio ($\bar{y}$) fue de 10,82 kg. y la edad media ($\bar{x}$) fue de 50,54 días. Sustituyendo estas cifras en la ecuación de regresión (Anexo No.6) se encontró que la línea de regresión corta al eje de la edad en 11,9 días (punto a), (Fig. No.2). De acuerdo con lo obtenido se puede predecir la variación de peso dentro de un rango de $50,54 \pm 11,9$ días, ya que éste es el intervalo en el cual la pendiente de la curva es constante, o sea que la curva entre los 38 y 62 días no cambia. Con estos datos se desarrolla la fórmula propuesta por Whatley y Quaife en 1.937, para ajustar el peso a la edad estándar de 56 días:

$$\text{Peso corregido} = \text{Peso real} \times \frac{44}{(\text{Edad Real} - 12)}$$

En esta ecuación: el numerador 44, se obtuvo de restar 12 de 56, que es la edad estándar de destete. Aparece 12 como aproximación para facilitar los cálculos, ya que el intercepto real (a) fue de 11,9.

Efecto del tamaño de la camada.

Figura No.3, muestra el comportamiento de las curvas por "Tamaño de la camada". Estas curvas se trazaron con base en los datos obtenidos de las ecuaciones fundamentales de cuarto grado según Maitre et al, 1.966. Para esta característica se hicieron dos análisis: el primero tomando la edad estándar de 56 días y el segundo en base a 35 días.

5.1 En base a 56 días.

El error, (E_{y_i}) , promedio para las curvas fue de 60,47% (Anexo No.7). La regresión del peso a los 56 días (Z) sobre el peso al nacimiento (W), con base en la información que suministra el Anexo No.11, es como sigue:

$$(18) \quad Z = 9,90W + 0,011$$

El error hallado, (E_Z) para dicha ecuación por el método de los cuadrados mínimos y cuyo cálculo se muestra en el Anexo No.12, es de 173,20%.

El desarrollo de la regresión de W sobre Z de acuerdo al Anexo No.11, es:

$$(19) \quad W = 0,10Z + 0,012$$

Con un error (E_W) de 17,62% (Anexo No.13).

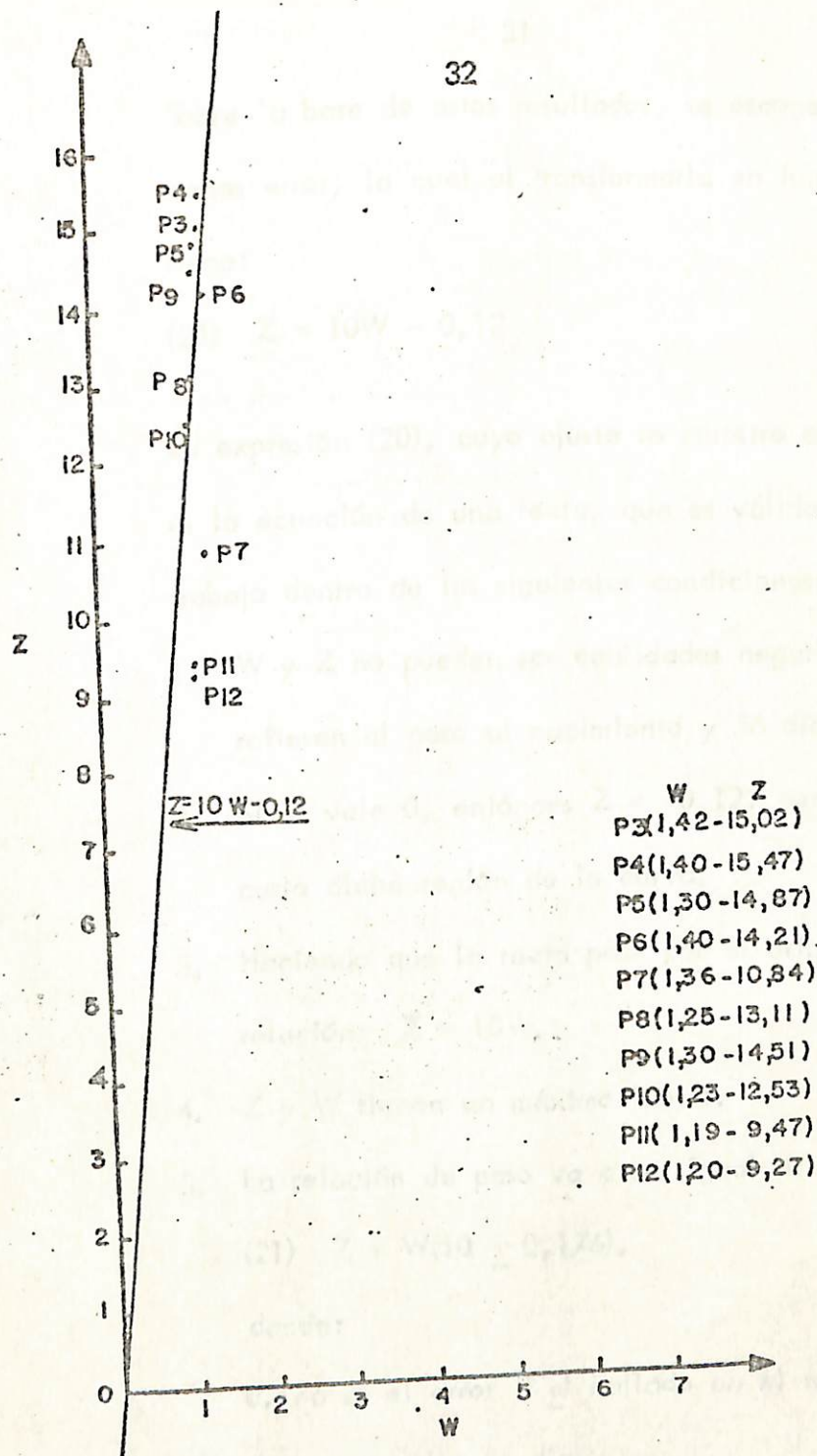


FIGURA No. 4 TAMAÑO DE CAMADA

Peso a los 56 días en kg.(Z) v.s. peso al nacimiento en kg.(W)

Sobre la base de estos resultados, se escoge la ecuación de menos error, la cual al transformarla en función de Z se obtiene:

$$(20) \quad Z = 10W - 0,12$$

La expresión (20), cuyo ajuste se muestra en la figura No.4, es la ecuación de una recta, que es válida en el presente trabajo dentro de las siguientes condiciones:

1. W y Z no pueden ser cantidades negativas, puesto que se refieren al peso al nacimiento y 56 días respectivamente.
2. Si W vale 0, entonces $Z = -0,12$, por lo tanto, se descarta dicha región de la curva.
3. Haciendo que la recta pase por el origen, se tiene la relación: $Z = 10W$.
4. Z y W tienen un máximo límite.
5. La relación de peso va a ser igual a:

$$(21) \quad Z = W(10 \pm 0,176),$$

donde:

0,176 es el error (E_Z) hallado en el ajuste

Z = peso a los 56 días

W = peso al nacimiento

La constante 10 es la pendiente de la recta.

Desarrollando la ecuación (21), se construye la siguiente tabla:

Tabla No.3: Peso esperado a los 56 días y factores de corrección para ajuste de peso a los 56 días por "tamaño de la camada".

Tamaño de la camada	Peso esperado a los 56 días en kg. + 1,76 kg.	Factores para corregir peso a los 56 días por tamaño de la camada (%)
$Z_3 = (1,42) (10)$	14,200	- 20,35
$Z_4 = (1,40) (10)$	14,000	- 11,28
$Z_5 = (1,30) (10)$	13,000	- 4,69
$Z_6 = (1,40) (10)$	14,000	- 7,64
$Z_7 = (1,36) (10)$	13,600	- 0,73
$Z_8 = (1,25) (10)$	12,500	+ 0,40
$Z_9 = (1,30) (10)$	13,000	- 2,15
$Z_{10} = (1,23) (10)$	12,300	+ 5,28
$Z_{11} = (1,19) (10)$	11,900	+ 16,72
$Z_{12} = (1,20) (10)$	12,000	+ 9,00

La metodología seguida para obtener los factores de corrección fue la siguiente:

En la figura No.10 se tiene la representación de los pesos

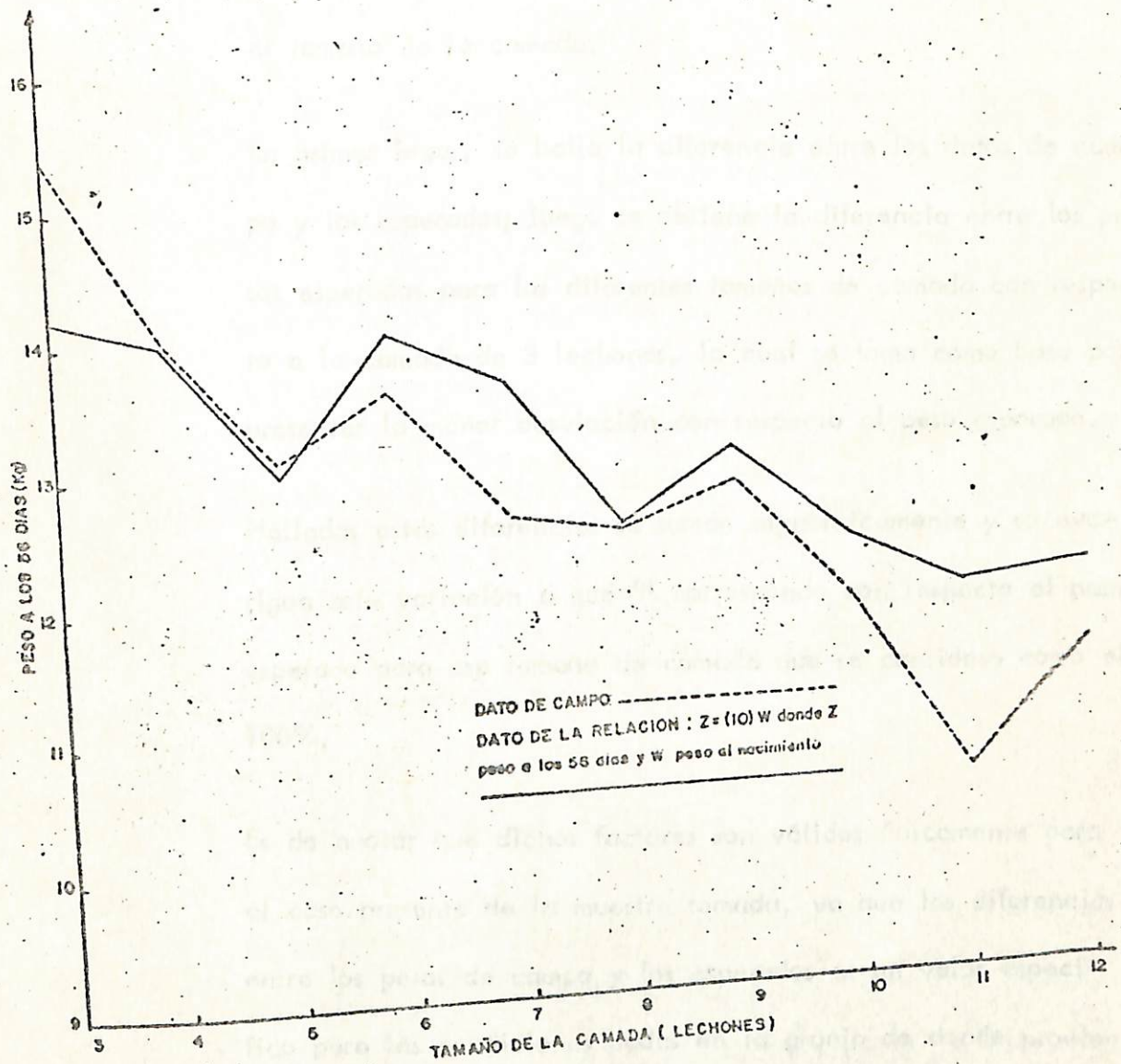


FIGURA No. 10
 Relacion entre peso al destete (56 días) y camadas de diferente tamaño.

observados (de campo) y esperados a los 56 días, de acuerdo al tamaño de la camada.

En primer lugar, se halla la diferencia entre los datos de campo y los esperados; luego se obtiene la diferencia entre los pesos esperados para los diferentes tamaños de camada con respecto a la camada de 8 lechones, la cual se toma como base por presentar la menor desviación con respecto al peso esperado.

Halladas estas diferencias se suman algebraicamente y se averigua esta variación a qué % corresponde con respecto al peso esperado para ese tamaño de camada que se considera como el 100%.

Es de anotar que dichos factores son válidos únicamente para el caso presente de la muestra tomada, ya que las diferencias entre los pesos de campo y los esperados es un valor específico para las condiciones dadas en la granja de donde provienen los datos, condiciones éstas que no se repiten en cada explotación -la constante es la diferencia entre los puntos dentro de la representación de los datos esperados cuando se llevan a la camada de 8 lechones como base de comparación-.

Como ejemplo se pueden tomar 2 lechones: el primero proveniente de una camada de 10, con un peso de 11,85 kg. (promedio de 540 observaciones tomadas en la granja de Palmira del Instituto Colombiano Agropecuario para esta característica (Ver tabla No.2), y otro proveniente de una camada de 4 con un peso de 14,08 kg. (promedio de 64 observaciones). Los pesos ajustados para ambos lechones en base a la camada de 8 lechones serían:

Para el lechón proveniente de la camada de 10:

$$(11,85 \text{ kg.}) (+16,72\%) = + 0,91 \text{ kg.}$$

$$11,85 \text{ kg.} + 0,91 \text{ kg.} = 12,76 \text{ kg.}$$

Para el lechón proveniente de la camada de 4:

$$(14,08) (-11,28\%) = - 1,58 \text{ kg.}$$

$$14,08 \text{ kg.} - 1,58 \text{ kg.} = 12,50 \text{ kg.}$$

Se ve cómo 12,76 kg. y 12,50 kg. se aproximan bastante a 12,50 kg. que es el peso base del promedio de peso esperado de la camada de 8 lechones tomada como referencia para efectuar el ajuste. En este caso se hace manifiesta la superioridad del primer lechón, a pesar de que su peso real es inferior al segundo.

5.2.2 En base a 35 días.

Al analizar el comportamiento del crecimiento de los lechones hasta una edad de 35 días, se encuentra que el error para las curvas hasta esta edad es de 27,83% (Anexo No.8), contra 60,74% del caso anterior (en base a 56 días).

Al desarrollar las ecuaciones de regresión en base al anexo No.14, con sus respectivos errores hallados por el método de los mínimos cuadrados, se obtiene:

$$(22) \quad Z = 4,55W + 0,011 \quad E_Z = 72,88\% \text{ (Anexo No.15)}$$

$$(23) \quad W = 0,22Z - 0,003 \quad E_W = 12,64\% \text{ (Anexo No.16)}$$

Al transformar la ecuación de menor error (23), en función de Z se tiene:

$$(24) \quad Z = 4,54W + 0,013$$

Cuando esta ecuación, cuyo ajuste se muestra en la Figura No. 5, se somete al mismo análisis de que fue objeto la expresión (20) para el caso de 56 días, se obtiene la siguiente expresión:

$$(25) \quad Z = 4,54 (W \pm 0,126)$$

Donde:

Z = Peso a los 35 días

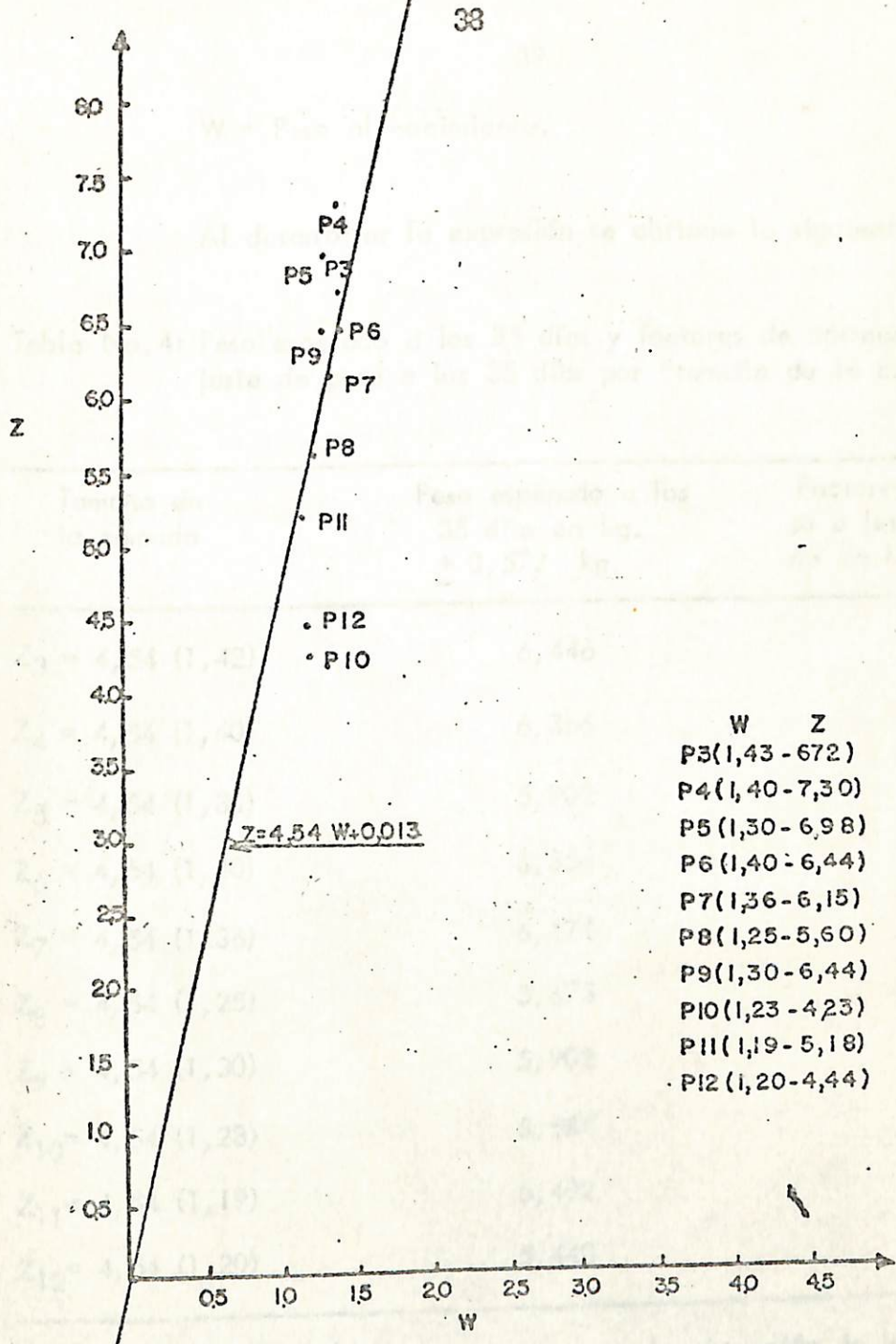


FIGURA No.5 TAMAÑO DE CAMADA

Peso a 35 días en kg. (Z) v.s.peso nacimiento en kg. (W)

W = Peso al nacimiento.

Al desarrollar la expresión se obtiene la siguiente tabla:

Tabla No.4: Peso esperado a los 35 días y factores de corrección para ajuste de peso a los 35 días por "tamaño de la camada".

Tamaño de la camada	Peso esperado a los 35 días en kg. + 0,572 kg.	Factores para corregir peso a los 35 días por tamaño de la camada en (%).
$Z_3 = 4,54 (1,42)$	6,446	- 19,20
$Z_4 = 4,54 (1,40)$	6,356	- 21,36
$Z_5 = 4,54 (1,30)$	5,902	- 11,65
$Z_6 = 4,54 (1,40)$	6,356	- 6,10
$Z_7 = 4,54 (1,36)$	6,174	+ 12,34
$Z_8 = 4,54 (1,25)$	5,675	+ 0,21
$Z_9 = 4,54 (1,30)$	5,902	+ 0,0033
$Z_{10} = 4,54 (1,23)$	5,584	+ 32,40
$Z_{11} = 4,54 (1,19)$	5,402	+ 4,29
$Z_{12} = 4,54 (1,20)$	5,448	+ 9,03

La metodología empleada para la obtención de los factores de ajuste fue la misma utilizada para el caso anterior de 56 días con la diferencia de que para el peso a los 35 días están en

base a la camada de 9 lechones, puesto que dicha camada es la que menor desviación presenta con respecto al peso esperado. (Ver Figura No.11).

5.3 Efecto del sexo.

En la figura No. 6, se muestra el comportamiento de los lechones por sexo -el error promedio (E_y) para las curvas fue de 17,80% (Anexo No.9)-. Las ecuaciones de regresión halladas según anexo No. 17, para esta característica con sus errores (E_M y E_H) son:

$$(26) \quad M = 1,035H - 0,014 \quad E_M = 11,30\% \text{ (Anexo No.18)}$$

$$(27) \quad H = 0,96M + 0,048 \quad E_H = 45,68\% \text{ (Anexo No.19)}$$

De la ecuación (26), que es la de menor error y cuyo ajuste se muestra en la figura No. 7, se desprende:

1. M ni H pueden ser cantidades negativas, ya que se refieren al peso de machos y hembras entre el nacimiento y los 56 días.
2. Si $H = 0$, entonces $M = -0,014$, por lo tanto, se descarta dicha región de la curva.
3. M y H tienen un máximo límite
4. Haciendo que la recta pase por el origen se obtiene la relación: $M = 1,035H$.

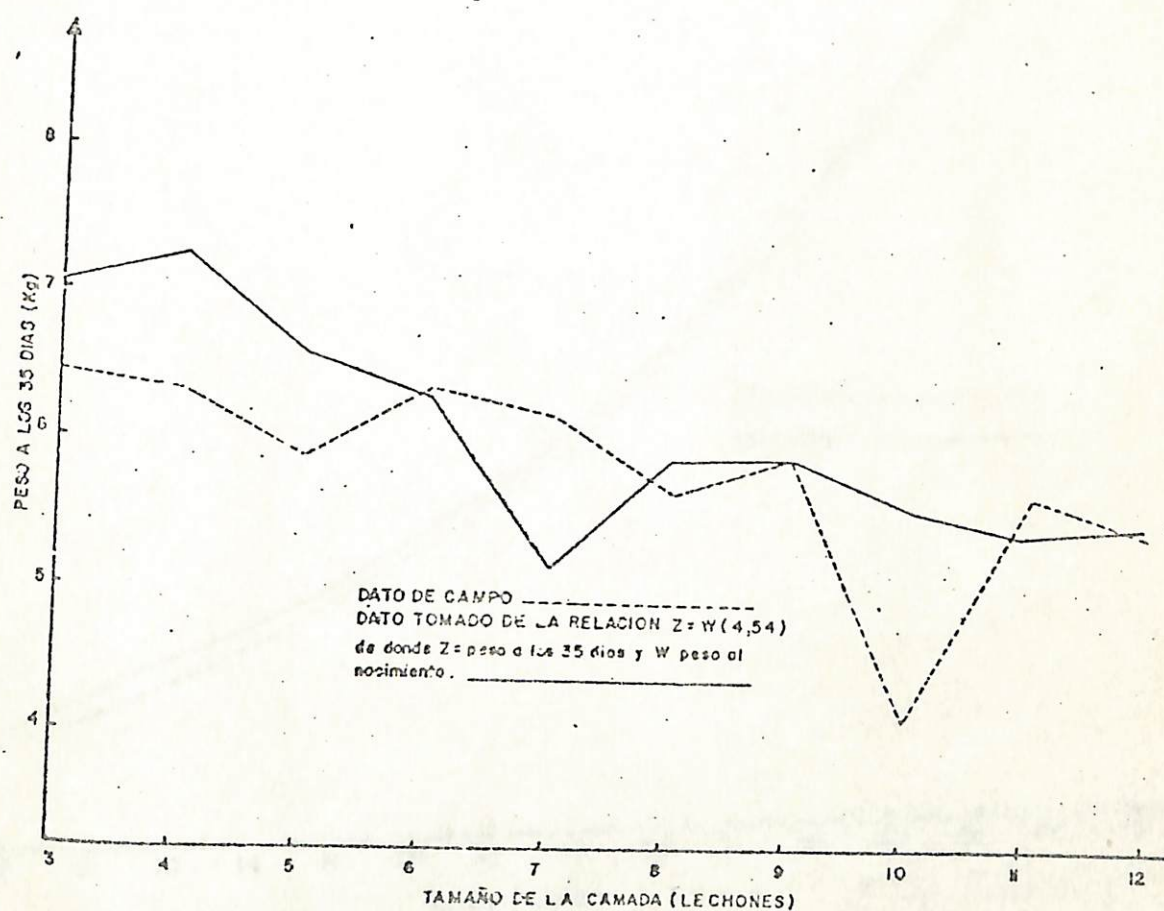


FIGURA No. II

Relación entre peso a los 35 días y camadas de diferente tamaño.

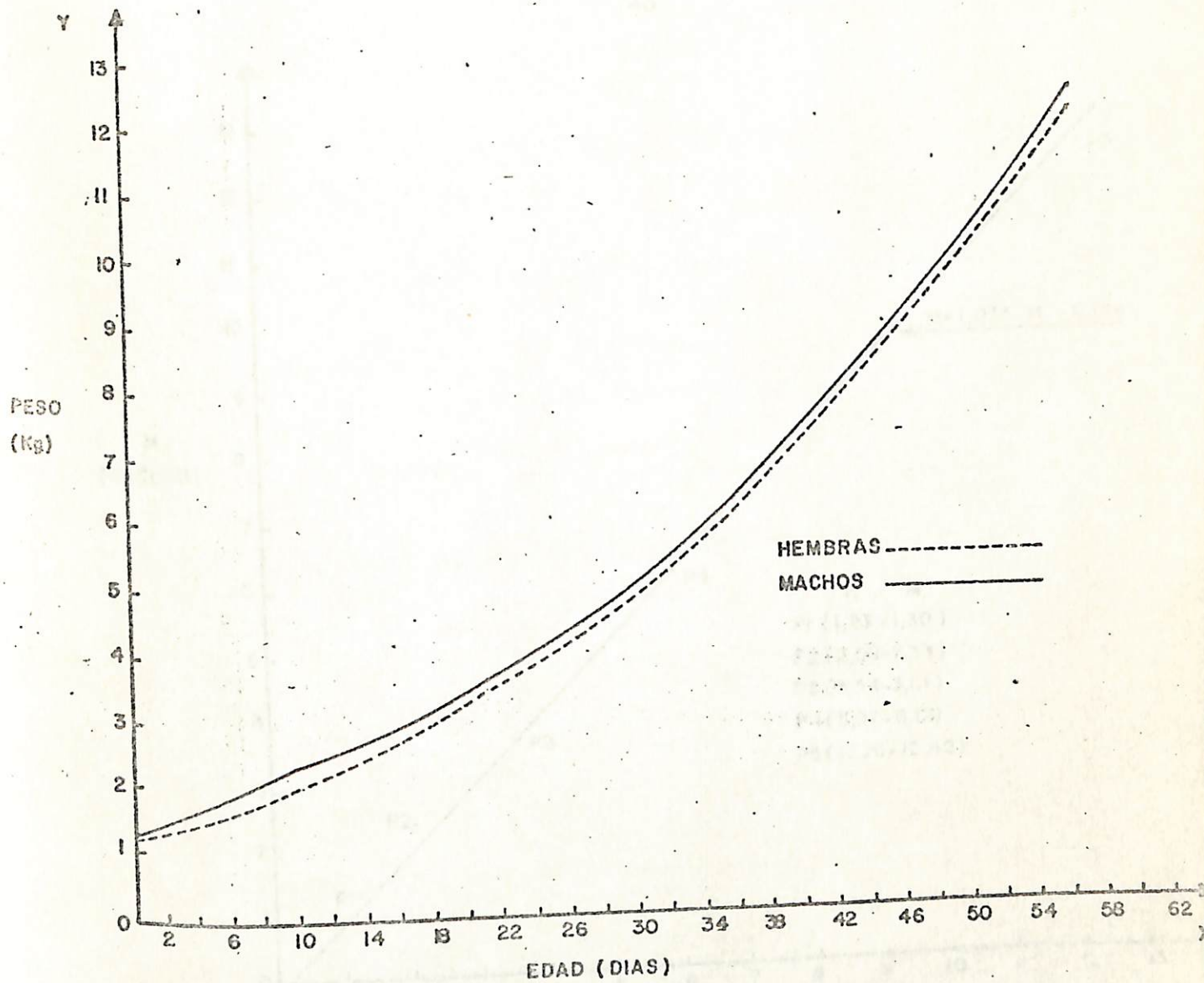


FIGURA No. 6 CURVAS DE CRECIMIENTO POR "SEXO"

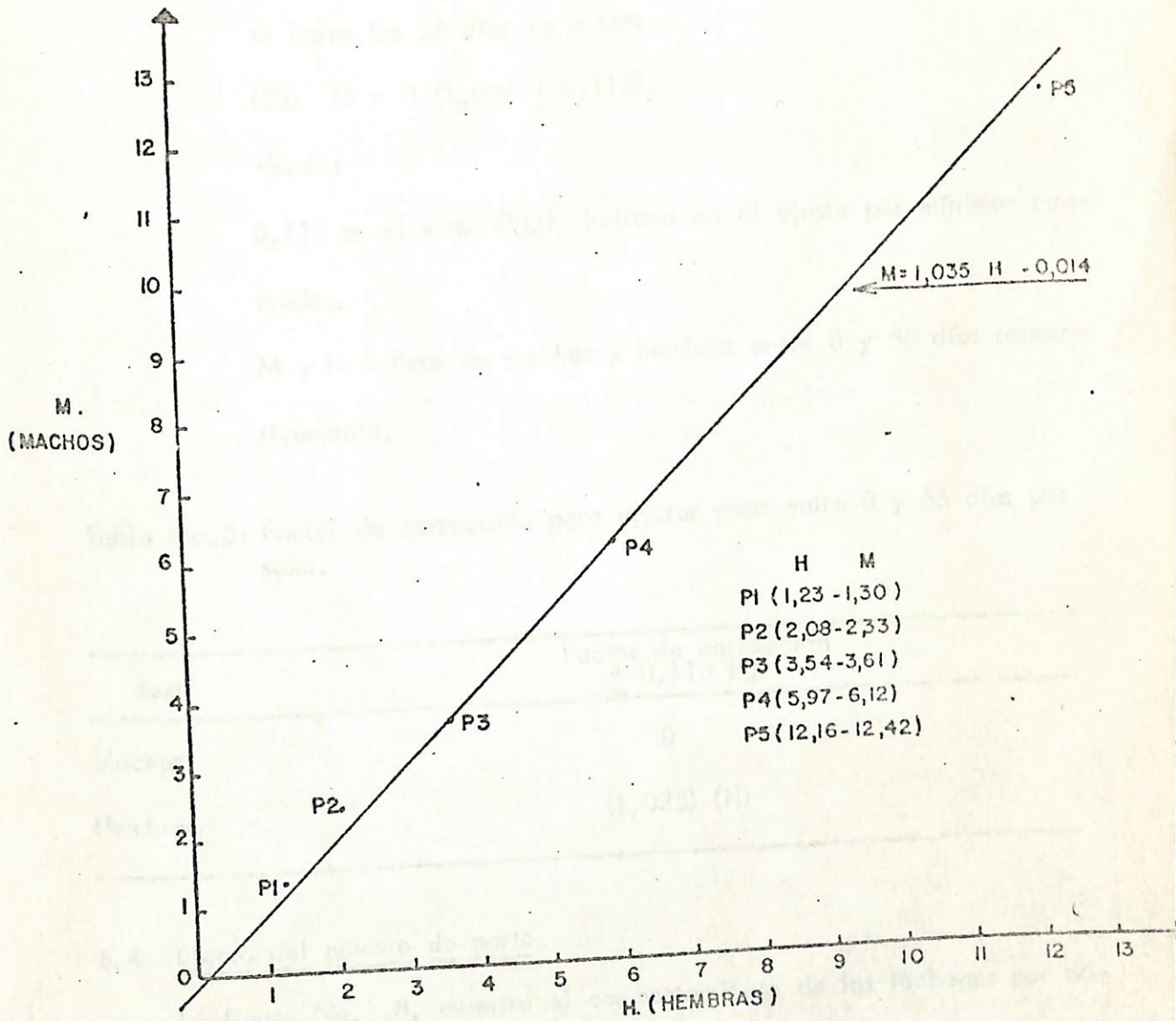


FIGURA No. 7 SEXO

Peso de machos a los 0, 10, 21, 35 y 56 días en kg. (M) v.s. peso de hembras a las mismas edades en kg. (H)

5. La relación de peso entre machos y hembras desde el nacimiento hasta los 56 días va a ser:

$$(28) \quad M = H (1,035 \pm 0,113),$$

donde:

0,113 es el error (E_M), hallado en el ajuste por mínimos cuadrados.

M y H = Peso de machos y hembras entre 0 y 56 días respectivamente.

Tabla No.5: Factor de corrección para ajustar peso entre 0 y 56 días por sexo.

Sexo	Factor de corrección $\pm 0,113 \text{ kg.}$
Machos	0
Hembras	(1,035) (H)

5.4 Efecto del número de parto.

La figura No. 8, muestra el comportamiento de los lechones por número de parto. El error promedio para dichas curvas (E_{y_i}) desde el nacimiento hasta los 56 días es de 15,33% (Anexo No.10).

Desarrollando la regresión del peso a los 56 días (Z) sobre el peso al

nacimiento (W) y de W v.s. Z , según los datos suministrados por el Anexo No.20, es como sigue:

$$(29) \quad Z = 10,19W + 0,015 \quad E_Z = 69,60\% \text{ (Anexo No.21)}$$

$$(30) \quad W = 0,098Z + 0,0658 \quad E_W = 9,30\% \text{ (Anexo No.22)}$$

La transformación de la expresión (30) en función de Z da como resultado:

$$(31) \quad Z = 10,20W - 0,0673$$

Para esta expresión cuyo ajuste se muestra en la Figura No.9, se tienen en cuenta las mismas asunciones que se hicieron al analizar la característica "tamaño de la camada en base a 56 días", (expresión 20). En consecuencia se obtiene finalmente la expresión:

$$(32) \quad Z = 10,20 (W \pm 0,093)$$

Desarrollando la expresión (32) se obtiene la siguiente tabla:

Tabla No.6. Peso esperado a los 56 días y factores de corrección para ajuste de peso a los 56 días por "número de parto".

Número de parto	Peso esperado a los 56 días en kg. + 0,94 kg.	Factores para corregir peso a los 56 días por número de parto en (%)
$Z_1 = 10,20 (1,18)$	12,036	+ 6,06
$Z_2 = 10,20 (1,22)$	12,444	- 1,84
$Z_3 = 10,20 (1,28)$	13,056	- 1,99
$Z_4 = 10,20 (1,25)$	12,750	- 0,39
$Z_5 = 10,20 (1,30)$	13,260	+ 8,89
$Z_6 = 10,20 (1,24)$	12,648	- 5,85

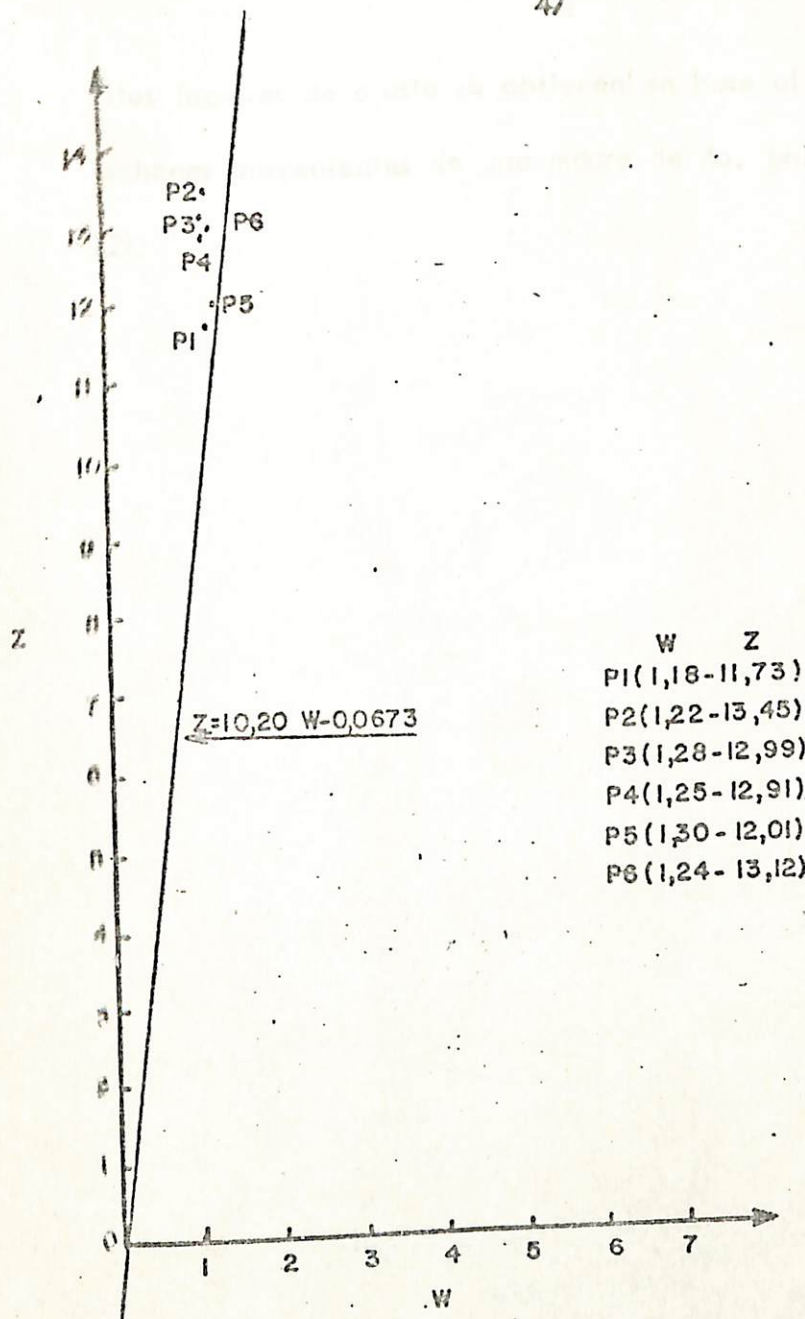


FIGURA No.9 PARTO

Peso a los 56 días en kg. (Z) v.s. peso al nacimiento en kg. (W).

Estos factores de ajuste se obtienen en base al peso esperado de los lechones provenientes de una madre de 4o. parto. Ver Figura No. 12).

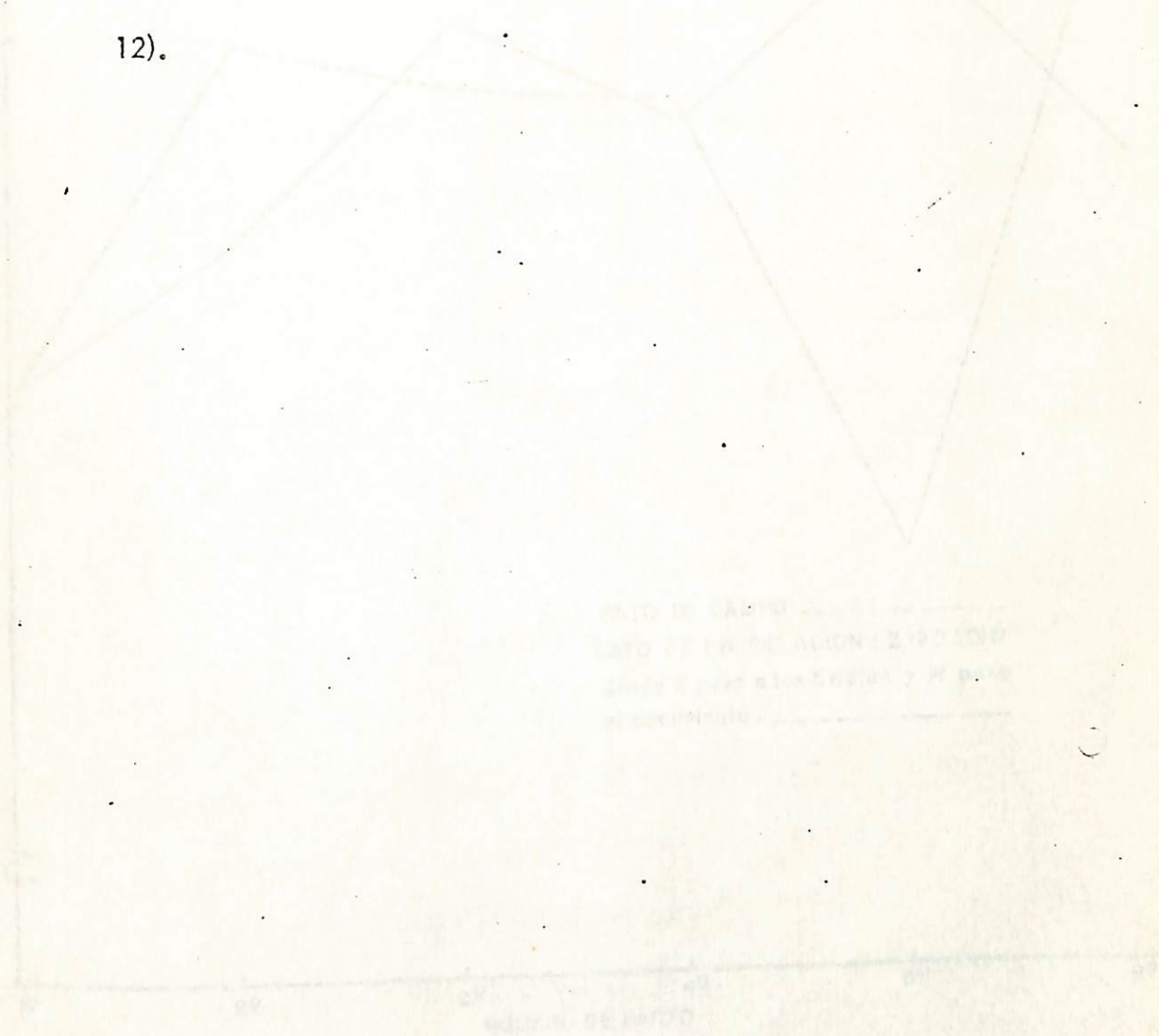


FIGURA No. 12. RELACION ENTRE EL PESO A LOS 56 DIAS Y EL NÚMERO DE PARTO

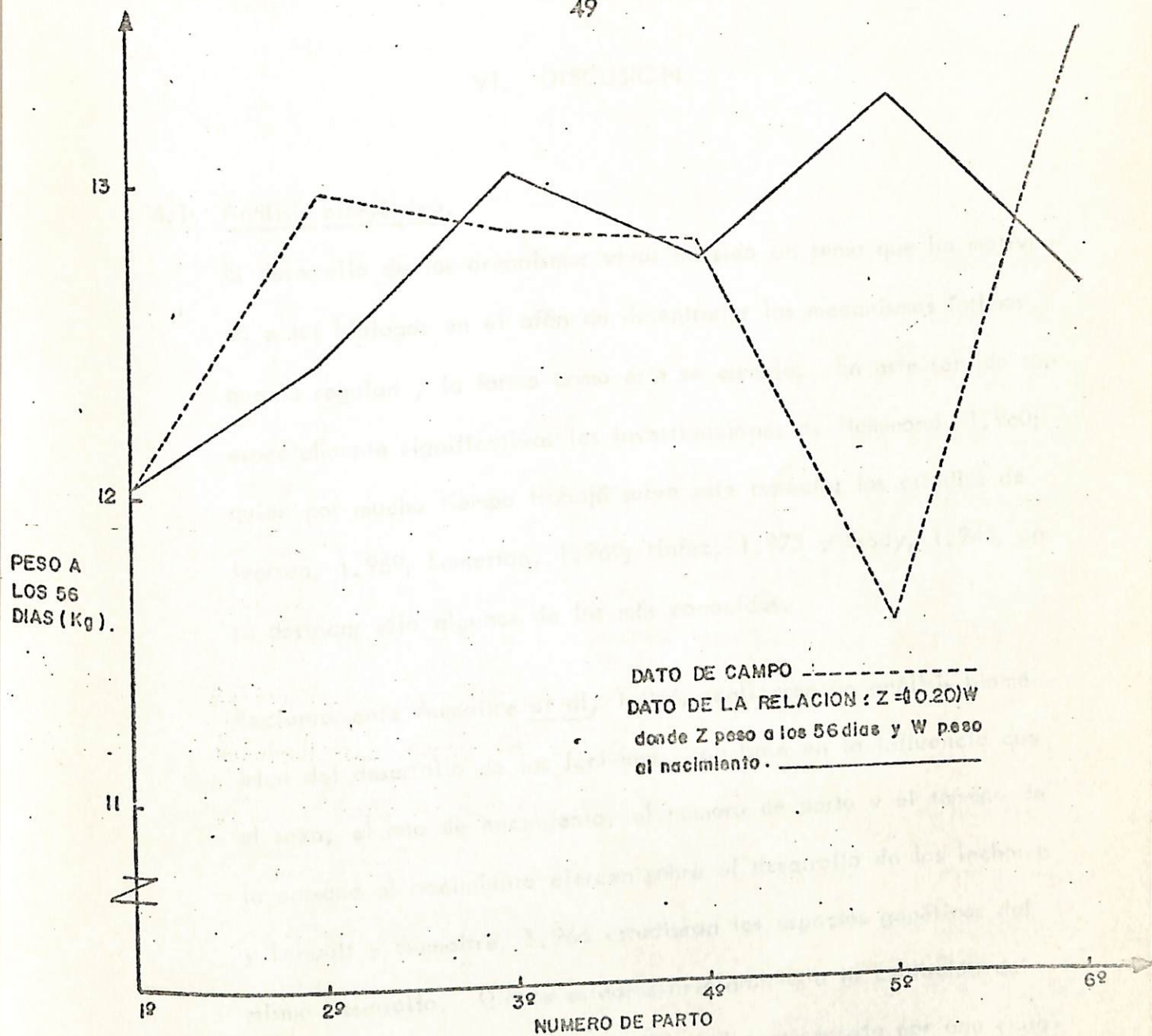


FIGURA No.12 RELACION ENTRE EL PESO A LOS 56 DIAS Y EL NUMERO DE PARTO.

VI. DISCUSION

6.1 Análisis biométrico.

El desarrollo de los organismos vivos ha sido un tema que ha motivado a los biólogos en el afán de desentrañar los mecanismos íntimos que lo regulan y la forma como éste se cumple. En este sentido son especialmente significativas las investigaciones de Hammond, 1.960; quien por mucho tiempo trabajó sobre este aspecto; los estudios de Iversen, 1.969; Lamerton, 1.969; Hafez, 1.972 y Brody, 1.945; para destacar sólo algunos de los más conocidos.

Recientemente Aumaitre et al, 1.966; realizaron un análisis biométrico del desarrollo de los lechones, con base en la influencia que el sexo, el año de nacimiento, el número de parto y el tamaño de la camada al nacimiento ejercen sobre el desarrollo de los lechones y Legault y Aumaitre, 1.966 estudiaron los aspectos genéticos del mismo desarrollo. Dichos estudios revelaron que la evolución del peso (Y) en función de la edad (X) está representada por una ecuación de cuarto grado de la forma:

$$Y = K + aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX$$

al confrontar los datos de campo utilizados en la presente investigación

con la matematización antedicha, se encontró que sigue en forma bastante similar el comportamiento indicado.

Sobre esta base resulta claro que el desarrollo de los lechones es un fenómeno complejo en el que influyen un número indeterminado de factores que actúan generalmente en forma interrelacionada. Si bien en el curso del presente trabajo se utilizaron pesajes a intervalos irregulares y más espaciados que los empleados por los autores franceses, es de destacarse que el error típico de cálculo de la curva y_i (E_{y_i}) reveló una validez general del método.

Se debe anotar cómo los resultados obtenidos muestran que el tamaño de la camada es el factor que introduce mayor variación en el desarrollo del lechón, principalmente en el último período anterior al destete, 35 a 56 días, lo que confirma con gran fuerza la apreciación de los investigadores franceses quienes afirman que el aspecto genético juega un papel mínimo en el desarrollo de los lechones el cual está más sujeto a las influencias ambientales. En efecto, los datos utilizados corresponden a animales nacidos entre 1.970 a 1.974, bajo condiciones ambientales no controladas, lo que supone una amplia fuente de variación que se va acentuando a medida que aumenta la edad del lechón, lo que se refleja en el amplio error típico de cálculo

de la curva entre los 35 y 56 días. En contraste los investigadores franceses trabajaron con camadas tenidas bajo condiciones ambientales controladas en cuanto a temperatura y humedad ambiental y condiciones nutricionales muy similares y llegaron a una conclusión semejante.

Es claro entonces, que la mayor variación de los datos acá reportados cuando se comparan con los franceses, se pueden deber a los factores ambientales no controlados en el presente caso, si bien es notorio que las curvas de dichos autores muestran también una más amplia variación a partir de los 35 días aproximadamente, debido probablemente en gran medida a la diferente capacidad lechera de la cerda que disminuye en forma acentuada a partir de la cuarta semana, mientras el desarrollo del lechón sigue su curso ascendente.

Las interacciones de los distintos factores, si bien no son analizadas en detalle para el caso presente, han sido demostradas claramente por Aumaitre y col., 1.966; quienes encuentran que el sexo es el único factor prácticamente independiente de las otras causas de variación.

Las curvas representadas en las figuras 2, 5 y 7, son en términos generales similares a las del estudio francés, anotando algunas diferencias destacadas cuales son:

- a) La influencia del número de parto no sigue exactamente la

misma secuencia, aunque la inferioridad notoria del peso de los lechones de primer parto es similar en ambos trabajos.

- b) El sexo macho es siempre superior a la hembra en ambos estudios, aunque los valores relativos de variación difieren de una a otra investigación.
- c) El tamaño de la camada, aunque muestra una tendencia decreciente general en el peso con respecto al aumento del número de lechones, se ve inexplicablemente alterada en la presente investigación en las camadas 7 y 9 que rompen la tendencia lineal.

Estas diferencias bien pueden deberse al tamaño de la muestra empleada y la tremenda variación que algunos factores de manejo tuvieron en el tiempo correspondiente a los datos de este trabajo. En este sentido son de destacarse la mortalidad post-natal por crisis sanitarias cuya mayor incidencia ocurrió en los años 70 y 74; en las materias primas para la elaboración de la ración por circunstancias de mercado, así: En 1.973 se utilizaron altos niveles de azúcar (35%), mientras que en los otros años se emplearon niveles de 0 a 15% y cambios climáticos naturales no controlados que se reflejan probablemente como otro factor de variación notorio en pesos al destete en diferentes épocas entre años y dentro de años.

La validez del método empleado aporta un elemento más en favor de la complejidad del desarrollo biométrico de los lechones, ya que el modelo matemático, convergencia de varias líneas de regresión, representa más acertadamente los fenómenos que las relaciones lineales simples; sobre este aspecto ha llamado la atención Ruseell, 1.972; cuando dice que los modelos matemáticos no siempre reflejan los fenómenos biológicos a pesar de que las pruebas estadísticas indiquen significancia; en realidad la matemática es sólo una herramienta que facilita el análisis pero que necesariamente no lo caracteriza en forma precisa.

En el estudio de Aumaitre et al, 1.966 aparece una crisis en el desarrollo de los lechones entre los días 11 y 17 de edad, lo que ya había sido reportado por otros autores citados por ellos; esta inflexión no fue posible detectarla en la presente investigación debido a que los intervalos entre las pesadas fueron muy amplios, mientras que en el estudio referido la frecuencia de pesajes fue cada 3 días.

6.2 Efecto de la edad.

- El crecimiento del lechón desde el nacimiento hasta el destete puede ser expresado por una función parabólica o exponencial. Sin embargo se puede asumir que en períodos cortos, el crecimiento es lineal,

Aumaitre et al, 1.966. Para determinar el peso a una edad fija se pueden tomar dos pesadas dentro de las cuales se sitúa la edad de referencia. Para el presente trabajo, los dos puntos de referencia son 38 y 62 días, los cuales se obtuvieron de restar y sumar a 50,54 días (edad promedio dentro de granja), el intercepto 11,9 días (12 días para fines de cálculo). Dentro de este intervalo la pendiente de la curva es constante. El coeficiente de regresión en este período fue de 0,28 kg/día. Estos resultados son muy similares con los hallados por Whatley y Quaife, 1.937; aunque la fórmula final varía en sus constantes debido a que la edad promedio de destete fue diferente en ambos estudios, lo que explica la diferencia en las constantes de la fórmula de ajuste propuesta.

6.3 Efecto del tamaño de la camada.

El efecto depresivo del tamaño de la camada sobre el peso individual del lechón en diferentes estados es un fenómeno bien conocido. Numerosos autores han encontrado coeficientes de correlación negativos entre los pesos medios y el peso efectivo de los lechones de una camada, tanto al nacimiento como al destete (Smith y Donald, 1.939; Winter et al, 1.947; Lodge y McDonald, 1.959; Omtvedet, 1.965). Un simple examen gráfico muestra la abertura del espectro de la curva

de crecimiento cuando se traza para esta característica (Figura No. 3). Es de anotar que los lechones pertenecientes a camadas de 6 lechones o menos muestran una notoria superioridad sobre las camadas mayores, lo cual coincide con los resultados de Aumaitre et al, 1.966 y demuestran la influencia del tamaño de la camada a distintas edades. La amplia variación que existe en las curvas por tamaño de camada a partir de los 35 días, expresada en el error típico de cálculo (Ey_i) de la curva a los 56 días (60,47%), obliga a hacer factores de ajuste para la primera edad (tabla No.5). Esta mayor amplitud de las curvas entre 35 y 56 días es también notoria aunque en menor grado en el estudio de los investigadores franceses. Se debe destacar que en el presente trabajo la tendencia decreciente en peso con relación al aumento del tamaño de la camada, se rompe con los cálculos para 7 y 9 lechones, sin que pueda darse ninguna explicación lógica. Sólo podría anotarse que al reunir las camadas en cuatro grupos así: 4 y 6; 7 y 8; 9 y 10; 11 y 12, tal como lo hacen los investigadores franceses, la tendencia sólo se rompe a nivel del grupo conformado por las camadas de 9 y 10 lechones, y esta situación es atribuible seguramente sólo al notorio mayor peso de las camadas de 9 lechones.

6.4 Efecto del sexo.

Los lechones machos son significativamente más pesados que los lechones hembras al nacimiento dentro del mismo tamaño de camada (Anexo No.5), permaneciendo esta ventaja a través de todo el período analizado, pudiendo establecerse la siguiente relación: los machos desde el nacimiento hasta el destete son 1,035 veces más pesados que las hembras.

En base al análisis de la curva por sexo (figura No. 6) y a la relación encontrada, se observa que el sexo es independiente de las otras características, como lo han reportado Aumaitre et al, 1.966. Esta circunstancia confirmada plenamente por la investigación antes citada y por la de Quijandria y Fernández, 1.959 entre otras, indica la validez y amplia utilización en condiciones diversas que tendría este factor de ajuste (Tabla No.6).

6.5 Efecto del número de parto:

Se puede observar en la figura No. 12, por número de parto, que los individuos provenientes de las primeras camadas tienen un crecimiento inferior a los demás, lo que concuerda con los resultados encontrados por Aumaitre et al, 1.966. Ello se explica en parte por el menor número de individuos nacidos y el peso al nacimiento inferior, como también por la menor producción de leche de la madre

(Salmont-Legagneur, 1958).

El análisis de los datos de peso esperado, representados en la Figura No.12, muestran cómo a mayor número de partos, se obtiene mejores pesos de las crías, logrando la máxima eficiencia, de acuerdo a la curva ajustada, entre el 3o. y 5o. parto, para luego declinar en el 6o.

Se debe anotar cómo este fenómeno no ha sido objeto de tan amplio estudio, como los otros factores analizados, y apenas si Aumaitre et al., 1.966, lo incluyeron en su análisis biométrico, encontrando que el mayor peso fue el de lechones de 4o. parto, seguido del 3o. y 2o. parto, secuencia ésta que difiere un poco de la acá reportada.

La amplia variación entre los datos de campo y la curva de pesos esperados, muestran la importancia de hallar factores de corrección para esta característica (Tabla No.7).

Un análisis de conjunto indica que el modelo matemático propuesto para el estudio biométrico del desarrollo de lechones es válido en general, ya que refleja en forma muy aproximada los complejos fenómenos biológicos que influyen en el proceso de crecimiento. De los factores analizados: Tamaño de la camada, sexo y número de parto, a edades de 0, 10, 21, 35 y 56 días, sólo el sexo parece actuar

independientemente de las otras características, mientras que las demás actúan en forma interrelacionada, lo que hace difícil su separación, a menos que se disponga de un número de datos suficientemente grande.

La mayor influencia de estas diferentes fuentes de variación se cumple entre los 35 y 56 días, lo que significa que es a partir de los 35 días cuando se hace más necesario realizar ajustes que permitan poner los animales sobre bases de comparación más homogéneas para garantizar una buena selección.

La complejidad del desarrollo de los lechones se refleja en la dificultad de hallar factores de corrección para esta especie. En la literatura sólo se mencionan ajustes para grasa de la espalda y para edad, mientras que no se conocen trabajos para las otras características.

Se podría concluir que para el caso de los lechones se debe ajustar por dos características principalmente, a una edad estándar; la primera por sexo, ya que aparece como independiente de las otras y la segunda por tamaño de la camada porque es la que presenta una mayor influencia sobre los pesos a una edad determinada y además incluiría buena parte del efecto de las otras características, si se sigue la metodología aquí propuesta.

Es oportuno recavar sobre el hecho de que los factores de corrección, sólo son válidos para las condiciones bajo las cuales se obtengan y deben estarse revisando a medida que se progrese en la selección.

BIBLIOGRAFIA

ABARCA, V. y J. Tapia. 1963. Curvas de crecimiento y correlaciones entre el peso a diferentes edades en Duroc Jersey. Bol. Prod. Anim., 1: 63.

AUMAITRE, A., C.E. Legault y S. Legagner. 1966. Aspects Biométriques de la croissance ponderale du porcelet. Ann. Zootech., 15: 313.

AUMAITRE, A. y S. Legagneur. 1961. Influence de l'alimentation complémentaire sur la croissance du porcelet avant le sevrage. Ann. Zootech., 10: 127.

BAKER, M.L., L.N. Hazel y C.F. Reinmiller. The relative importance of heredity and environment in the growth of pigs at different ages. J. Anim. Sci., 2: 13.

BRUNER, W.H., V.R. Cahill, W.L. Robinson y R.E. Wilson. 1958. Performance of barrow and gilt littermates pair at the Ohio Swine evaluation station. J. Anim. Sci., 17: 875.

BYWATERS, J.H. 1937. The hereditary and environmental portions of the variance in weaning weights of Poland China pigs. Genetics, 22: 457.

CAMERLYNCK, R. 1960. Les qualités de croissance des porcs piétrain. Colloque sur la croissance des porcs, 21-22 Mars. E.A.A.P. Ed. 39-57.

Aspects biometriques de la croissance des porcs piétrain. Zootech., 15: 313.

CICVAREK, A. 1955. Contribution à l'étude de la croissance et du développement des porcelets sous la mère. Cited by Aumaitre et al, 1966. Aspects biometriques de la croissance pondérale du porcelet. Ann. Zootech., 15: 311.

COMSTOCK, R.E., R.L. Winters y J. M. Cummins. 1944. The effect of sex on the development of the pigs. II. Differences in growth rate between males and females by line of breeding. J. Anim. Sci., 3: 120.

DONALD, H.P. 1940. Growth rate and carcass quality in swine pigs. A study of polynomial coefficients fitted to growth rate data. J. Agr. Sci., 30: 582.

ELSLEY, F.W. 1964. The physiological development of the young pig. Ann. Zootech., 13: 75.

FREDEEN, H.I. y R.N. Planck. 1963. Litter size and pre-and postwean performance in swine. J. Anim. Sci., 43: 135.

HAFEZ, E.S. y I.A. Dyer. 1972. Desarrollo y nutrición animal. Edit.

Acribia, Zaragoza España, Pp. 454.

HAMMOND, J. 1960. Farm animals - Their growth breeding and inheritance. 3 rd. ed. London, Eduard Arnold.

IVERSEN, O.H. 1969. Chalones of the skim. En "Homeostatic regulators". Edit. por G.E.W. Wolstenholme y J. Knight. J. & A. Churchill Ltd. London, Pp. 29.

LAMERTON, L.F. 1969. Cell population kinetics in relation to homeostasis. En "Homeostatic regulators". Edit. por G.E.W. Wolstenholme y J. Knight. J. & A. Churchill Ltd., London, Pp. 5-15.

LEGAGNEUR, S. y R. Fevrier. 1959. Influence de la castration sur la croissance du porcelet. C.R. Acad. Agric. France, 45:142. Citado por Aumaitre et al., 1966. Aspects biometriques de la croissance pondérale du porcelet. Ann. Zootech., 15:313.

LEGAULT, C.E. y J.C. Canonge. 1965. Essai d'aplication d'un test de convergence de droites de regression a la croissance des porcelets. Ann. Zootech., 14: 285.

LEGAULT, C. y Aumaitre. 1966. Aspects biometriques de la croissance ponderale du pork. Etude genetique. Ann. Zootech., 15: 333.

LODGE, G.A. y I. McDonald. 1959. The relative influence of birth weight, milk consumption and supplementary food consumption upon the growth rate of suckling piglets. Anim. Prod., 1: 139.

LUSH, J.L. y C.M. Kincaid. 1943. Adjusting weights of pigs to an age of 154 days. Regional Swine Laboratory, Reserch Item, No 25, Ames Iowa.

NORDSKOGG, A.W., R.E. Comstock y L.W. Winters. 1944. Hereditary and enviromental factors affecting rate in swine. J. Anim. Sci., 3: 257.

OMTVEDET, I.T., C.M. Stanislaw y J.A. Whatley. 1965. Relationships of gestation lengh age and weight at breeding and gestation gain to sow productivity at farrowing. J. Anim. Sci., 24: 531.

QUIJANDRIA, B.S. y O.W. Robinson. 1970. Body weight and backfat depodition in swine: curves and correction factors. J. Anim. Sci., 33: 911.

- QUIJANDRIA, B.S. y S. Fernández. 1959. Factores genéticos y ambientales que afectan el peso y tamaño de la camada en cerdos. Curvas de crecimiento. Anales científicos. Depto. Publi. Univ. Nal. Agraria. La Molina. Lima, Perú, P. 119.
- ROBINSON, O.W. 1962. Growth and backfat deposition curves in swine. J. Anim. Sci., 21: 975.
- SALMON, Legagneur E. 1958. Observations sur la production Laitière des truies. Ann. Zootech., 7: 143.
- ROBINSON, D.S. et G.F. Atkinson. 1960. Individual degrees of freedom for testing homogeneity of regression coefficients in a one-way analysis of covariance- Biometrics, 16: 593.
- RUSELL, S.T. 1972. Modelos matemáticos de crecimiento. En "Desarrollo y nutrición animal". Edit. por E.S.E. Hafez y I.A. Dyer. Edit. Acribia, Zaragoza, España, Pp. 454.
- SMITH, A.D. y H.P. Donald. 1939. Analysis of post-weaning growth in pigs. J. Agric. Sci., 29: 274.
- TAYLOR, J. M. y L.N. Hazel. 1955. The growth curve of pigs between 134 and 174 days of age. J. Anim. Sci., 14: 1.133.

WALDORF, D.P., W.C. Foote, H.L. Self, A.B. Chapman y E. Casida.

1957. Factors affecting fetal pig weight late in gestation. J. Anim.

Sci., 12: 776.

WHATLEY, J.A. y E.L. Quaife. 1937. Adjusting weights of pigs to a
standard age of 56 days. Rec. Proc. Am. Soc. Anim. Prod. P.126.

WINTERS, L.M., J.N. Cummings y H.A. Stewart. 1947. A study of
factors affecting survival from birth to weaning and total weaning
weight of the litter in swine. J. Anim. Sci., 6: 288.

ANEXO No.1

Datos de campo tomados de la estación experimental de Palmira (I.C.A.)
clasificados de acuerdo a las características estudiadas a saber: tamaño de
camada, sexo y número de parto.

Peso promedio (y) de:	X (Edad en días)				
	0	10	21	35	56
Camadas de 3 lechones	1,42	2,93	4,87	7,14	15,39
Camadas de 4 lechones	1,40	2,85	4,07	7,26	14,08
Camadas de 5 lechones	1,30	2,78	3,82	6,59	13,11
Camadas de 6 lechones	1,40	3,12	3,70	6,29	13,57
Camadas de 7 lechones	1,36	2,86	3,71	5,14	12,60
Camadas de 8 lechones	1,25	2,50	3,49	5,89	12,45
Camadas de 9 lechones	1,30	2,59	3,50	5,90	12,78
Camadas de 10 lechones	1,23	2,48	3,27	4,09	11,85
Camadas de 11 lechones	1,19	2,34	3,41	5,67	10,51
Camadas de 12 lechones	1,20	1,71	3,17	5,41	11,42
Machos	1,30	2,35	3,66	6,21	12,79
Hembras	1,23	2,09	3,55	6,01	12,42
1o. Parto	1,18	2,19	3,63	5,98	12,02
2o. Parto	1,22	2,37	3,68	6,24	12,98
3o. Parto	1,28	2,22	3,59	6,12	12,86
4o. Parto	1,25	2,19	3,61	6,07	12,80
5o. Parto	1,30	2,10	3,35	5,82	11,57
6o. Parto	1,24	2,15	3,23	5,54	13,49

ANEXO No.2

Planteamiento de 18 grupos de ecuaciones para determinar los coeficientes a , b , c y d ; en cada una de las características estudiadas.

I. POR TAMAÑO DE LA CAMADA

Camadas de 3:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 1,51$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 3,45$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 5,72$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 13,97$$

Camadas de 4:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 1,45$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,67$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 5,86$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 12,68$$

Camadas de 5:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 1,48$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,52$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 5,29$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 11,81$$

Camadas de 6:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 1,72$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,30$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 4,89$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 12,17$$

Camadas de 7:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 1,50$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,35$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 3,78$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 11,24$$

Camadas de 8:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 1,25$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,24$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 4,64$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 11,20$$

Camadas de 9:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 1,29$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,20$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 4,60$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 11,48$$

Camadas de 10:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 1,25$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,04$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 2,86$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 10,62$$

Camadas de 11:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 1,15$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,22$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 4,48$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 9,32$$

Camadas de 12:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 0,51$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 1,97$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 3,94$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 10,22$$

II. POR SEXO.

Machos:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 1,05$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,36$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 4,91$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 11,49$$

Hembras:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 0,86$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,32$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 4,78$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 11,19$$

III. POR NUMERO DE PARTO.

1er. Parto:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 1,01$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,45$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 4,80$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 10,84$$

2o. Parto:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 1,15$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,46$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 5,02$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 11,76$$

3er. Parto:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 0,94$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,31$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 4,84$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 11,58$$

4o. Parto:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 0,94$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,36$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 4,82$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 11,55$$

5o. Parto:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 0,80$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 2,05$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 4,52$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 10,27$$

6o. Parto:

$$a(10)^4 + b(10)^3 + c(10)^2 + d(10) = 0,91$$

$$a(21)^4 + b(21)^3 + c(21)^2 + d(21) = 1,99$$

$$a(35)^4 + b(35)^3 + c(35)^2 + d(35) = 4,30$$

$$a(56)^4 + b(56)^3 + c(56)^2 + d(56) = 12,25$$

ANEXO No.3

Solución de los coeficientes k , a , b , c y d ; de la ecuación fundamental:
 $y = k + aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX$, para cada una de las características estudiadas; con base en los datos suministrados por el Anexo No.2.

Tamaño de la camada	K	a	b	c	d
3	1,42	$3,6 \times 10^{-6}$	$-2,9 \times 10^{-4}$	$7,5 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-1}$
4	1,40	$-1,2 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$-4,3 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-1}$
5	1,30	$-3,7 \times 10^{-6}$	$4,4 \times 10^{-4}$	$-1,3 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-1}$
6	1,40	$-5,8 \times 10^{-6}$	$7,0 \times 10^{-4}$	$-2,3 \times 10^{-2}$	$3,4 \times 10^{-1}$
7	1,36	$1,4 \times 10^{-7}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$-7,2 \times 10^{-3}$	$2,1 \times 10^{-1}$
8	1,25	$-2,2 \times 10^{-6}$	$2,9 \times 10^{-4}$	$-8,9 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-1}$
9	1,30	$-2,5 \times 10^{-6}$	$3,3 \times 10^{-4}$	$-1,0 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-1}$
10	1,23	$2,6 \times 10^{-6}$	$-1,1 \times 10^{-4}$	$-8,9 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-1}$
11	1,19	$-1,9 \times 10^{-6}$	$2,2 \times 10^{-4}$	$-6,4 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-1}$
12	1,20	$3,4 \times 10^{-6}$	$-3,3 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$-3,4 \times 10^{-2}$

Sexo	K	a	b	c	d
Machos	1,30	$-4,6 \times 10^{-7}$	$8,3 \times 10^{-5}$	$-1,5 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-1}$
Hembras	1,23	$1,0 \times 10^{-6}$	$-8,2 \times 10^{-5}$	$4,0 \times 10^{-3}$	$5,3 \times 10^{-2}$

No. de parto	K	a	b	c	d
1o.	1,18	$7,2 \times 10^{-7}$	$-4,6 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-3}$	$8,1 \times 10^{-2}$
2o.	1,22	$-6,6 \times 10^{-7}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$-2,7 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-1}$
3o.	1,28	$2,7 \times 10^{-7}$	$4,2 \times 10^{-6}$	$1,1 \times 10^{-3}$	$8,2 \times 10^{-2}$
4o.	1,25	$7,8 \times 10^{-7}$	$-4,6 \times 10^{-5}$	$2,5 \times 10^{-4}$	$7,2 \times 10^{-2}$
5o.	1,30	$-3,5 \times 10^{-7}$	$4,9 \times 10^{-5}$	$3,3 \times 10^{-3}$	$7,2 \times 10^{-2}$
6o.	1,24	$1,4 \times 10^{-7}$	$5,7 \times 10^{-5}$	$-1,5 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-1}$

ANEXO No.4

Ecuaciones resultantes al reemplazar los coeficientes a, b, c y d en cada caso.

1. PARA TAMAÑO DE LA CAMADA.

Para 3:

$$y_3 = 1,42 + 3,6 \times 10^{-6} X^4 - 2,9 \times 10^{-4} X^3 + 7,5 \times 10^{-3} X^2 + 1,0 \times 10^{-1} X$$

Para 4:

$$y_4 = 1,40 + 3,7 \times 10^{-6} X^4 - 2,94 \times 10^{-4} X^3 + 7,55 \times 10^{-3} X^2 + 1,01 \times 10^{-1} X$$

Para 5:

$$y_5 = 1,30 - 3,7 \times 10^{-6} X^4 + 4,4 \times 10^{-4} X^3 - 1,3 \times 10^{-2} X^2 + 2,4 \times 10^{-1} X$$

Para 6:

$$y_6 = 1,40 - 5,8 \times 10^{-6} X^4 + 7,0 \times 10^{-4} X^3 - 2,3 \times 10^{-2} X^2 + 3,4 \times 10^{-1} X$$

Para 7:

$$y_7 = 1,36 + 1,4 \times 10^{-7} X^4 + 1,1 \times 10^{-4} X^3 - 7,2 \times 10^{-3} X^2 + 2,1 \times 10^{-1} X$$

Para 8:

$$y_8 = 1,25 - 2,2 \times 10^{-6} X^4 + 2,9 \times 10^{-4} X^3 - 8,9 \times 10^{-3} X^2 + 1,8 \times 10^{-1} X$$

Para 9:

$$y_9 = 1,30 - 2,5 \times 10^{-6} X^4 + 3,3 \times 10^{-4} X^3 - 1,0 \times 10^{-2} X^2 + 2,0 \times 10^{-1} X$$

Para 10:

$$y_{10} = 1,23 + 2,6 \times 10^{-6} X^4 - 1,1 \times 10^{-4} X^3 - 8,9 \times 10^{-4} X^2 + 1,4 \times 10^{-1} X$$

Para 11:

$$y_{11} = 1,19 - 1,9 \times 10^{-6} X^4 + 2,2 \times 10^{-4} X^3 - 6,4 \times 10^{-3} X^2 + 1,5 \times 10^{-1} X$$

Para 12:

$$y_{12} = 1,2 + 3,4 \times 10^{-6} X^4 - 3,3 \times 10^{-4} X^3 + 1,1 \times 10^{-2} X^2 - 3,4 \times 10^{-2} X$$

II. POR SEXO.

Machos:

$$y_m = 1,30 - 4,6 \times 10^{-7} X^4 + 8,3 \times 10^{-5} X^3 - 1,5 \times 10^{-3} X^2 + 1,1 \times 10^{-1} X$$

Hembras:

$$y_h = 1,23 + 1,0 \times 10^{-6} X^4 - 8,2 \times 10^{-5} X^3 + 4,0 \times 10^{-3} X^2 + 5,3 \times 10^{-2} X$$

III. POR NUMERO DE PARTO.

Primer parto:

$$y_1 = 1,18 + 7,2 \times 10^{-7} X^4 - 4,6 \times 10^{-5} X^3 + 2,3 \times 10^{-3} X^2 + 8,1 \times 10^{-2} X$$

Segundo parto:

$$y_2 = 1,22 - 6,6 \times 10^{-7} X^4 + 1,1 \times 10^{-4} X^3 - 2,7 \times 10^{-3} X^2 + 1,3 \times 10^{-1} X$$

Tercer parto:

$$y_3 = 1,28 + 2,7 \times 10^{-7} X^4 + 4,2 \times 10^{-6} X^3 + 1,1 \times 10^{-3} X^2 + 8,2 \times 10^{-2} X$$

Cuarto parto:

$$y_4 = 1,25 + 7,8 \times 10^{-7} X^4 - 4,6 \times 10^{-5} X^3 + 2,5 \times 10^{-3} X^2 + 7,2 \times 10^{-2} X$$

Quinto parto:

$$y_5 = 1,30 - 3,5 \times 10^{-7} X^4 + 4,9 \times 10^{-5} X^3 + 3,3 \times 10^{-4} X^2 + 7,2 \times 10^{-2} X$$

ANEXO No. 5

Resultado numérico de desarrollar la ecuación fundamental de Aumaitre, Legault y Salmont -LEGAGNEUR. (1966) para cada característica.

Tamaño de la camada	D I A S				
	0	10	21	35	56
3	1,42	2,91	5,34	6,72	15,02
4	1,40	2,91	4,85	7,30	15,47
5	1,30	2,81	3,97	6,98	14,87
6	1,40	3,15	3,76	6,44	14,21
7	1,36	2,85	3,63	6,15	10,84
8	1,25	2,43	3,37	5,60	13,11
9	1,30	2,61	3,66	6,44	14,51
10	1,23	2,54	3,27	4,23	12,534
11	1,19	2,25	3,19	5,18	9,47
12	1,20	1,66	2,95	4,44	9,27

Sexo	D I A S				
	0	10	21	35	56
Machos	1,30	2,33	3,61	6,12	12,42
Hembras	1,23	2,08	3,54	5,97	12,16

Número de parto	D I A S				
	0	10	21	35	56
1o.	1,18	1,76	3,60	5,90	11,73
2o.	1,22	2,36	3,66	6,28	13,45
3o.	1,28	2,21	3,57	6,12	12,99
4o.	1,25	2,17	3,59	6,06	12,91
5o.	1,30	2,09	3,34	5,87	12,01
6o.	1,24	2,14	3,21	5,50	13,12

Sexto parto:

$$y_6 = 1,24 + 1,4 \times 10^{-7} X^4 + 5,7 \times 10^{-5} X^3 - 1,5 \times 10^{-3} X^2 + 1,0 \times 10^{-1} X$$

ANEXO No.6

Regresión de la variación del peso sobre la edad.

$$(1) \quad b = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}$$

donde:

b = Coeficiente de regresión

X = Edad

Y = Peso

Resultados:

$$\sum Y = 10.723,55$$

$$\sum X = 50.086,00$$

$$n = 991$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n} = \frac{10.723,55}{991} = 10,82 \text{ kg.}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{50.086,00}{991} = 50,54 \text{ días}$$

$$\sum XY = 565.870,60$$

$$\sum X^2 = 2'616.514,00$$

$$\sum X \sum Y = 537'099.725,30$$

$$(\sum X)^2 = 2.508'607.396,00$$

$$b = \frac{23.893,10}{85.124,10} = 0,280 \text{ kg./día.}$$

Ecuación de regresión (2) $\bar{y} = a + b \bar{x}$, donde:

$\bar{y}$ = Peso promedio

$\bar{x}$ = Edad media

b = coeficiente de regresión

a = intercepto con el eje y

Para hallar el intercepto con el eje X (edad), se transforma la ecuación (2) en:

$$(3) \bar{X} - \frac{1}{b} \bar{y} = a, \text{ reemplazando los datos obtenidos en la expresión}$$

(3), se obtiene:

$$50,54 \text{ días} - \frac{1}{0,28 \text{ kg./días}} \times 10,82 \text{ kg.} = a$$

$a = 11,9$ días, quedando determinada la ecuación de regresión:

$$(4) X = 11,9 + 0,28 y$$

ANEXO No.7

Error típico de cálculo de la curva i (Ey_i) por "Tamaño de camada" hasta 56 días.

Tamaño de camada	Error (Ey_i) de la curva (%)
Ey_3	31,62
Ey_4	71,34
Ey_5	80,62
Ey_6	28,98
Ey_7	90,55
Ey_8	31,62
Ey_9	81,24
Ey_{10}	30,98
Ey_{11}	51,96
E_{y12}	105,83
Promedio	60,47

$i = Va$ desde camadas de 3 hasta 12 lechones

$$Ey_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_i^*)^2}{N}}$$

ANEXO No.8

Error típico de cálculo de la curva i (Ey_i) por "Tamaño de camada" hasta 35 días.

Tamaño de camada	Error (Ey_i) de la curva (%)
Ey_3	31,24
Ey_4	39,15
Ey_5	20,92
Ey_6	8,13
Ey_7	50,59
Ey_8	15,81
Ey_9	28,07
Ey_{10}	7,51
Ey_{11}	27,20
Ey_{12}	49,75
Promedio	27,83

$i = Va$ desde camadas de 3 hasta 12 lechones

$$Ey_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (y_j - y_i^*)^2}{N}}$$

ANEXO No. 9

Error típico de cálculo de la curva i (Ey_i) por "sexo" hasta 56 días.

Sexo	Error (Ey_i) de la curva (%)
Ey_m	23,83
Ey_h	11,78
Promedio	17,80

i = Machos y hembras

$$Ey_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (y_j - y_i^*)^2}{N}}$$

ANEXO No.10

Error típico de cálculo de la curva i (Ey_i) por "Número de parto" hasta 56 días.

Número de parto	Error (Ey_i) de la curva (%)
Ey_1	23,49
Ey_2	21,11
Ey_3	5,83
Ey_4	5,09
Ey_5	19,82
Ey_6	16,67
Promedio	15,33

$i = 10. \text{ a } 60. \text{ parto}$

$$Ey_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (y_j - y_i^*)^2}{N}}$$

ANEXO No. 11

Productos cruzados de peso a los 56 días (Z_i) Vs. peso al nacimiento (W_i), para resolver las ecuaciones normales correspondientes a las regresiones por tamaño de la camada.

Tamaño de la camada	Z_i	Z_i^2	W_i	W_i^2	$Z_i W_i$
3	15,02	225,60	1,42	2,01	21,32
4	15,47	239,32	1,40	1,96	21,65
5	14,87	221,11	1,30	1,69	19,33
6	14,21	201,92	1,40	1,96	19,89
7	10,84	117,50	1,36	1,84	14,74
8	13,11	171,87	1,25	1,56	16,38
9	14,51	210,54	1,30	1,69	18,86
10	12,53	157,00	1,23	1,51	15,41
11	9,47	89,68	1,19	1,41	11,26
12	9,27	85,93	1,20	1,44	11,12
	$\sum Z_i =$	$\sum Z_i^2 =$	$\sum W_i =$	$\sum W_i^2 =$	$\sum Z_i W_i =$
	129,30	1.720,47	13,05	17,07	169,96

$i =$ va de 3 a 12 camadas.

ANEXO No.12

Mínimos cuadrados para hallar el error E_Z , en el análisis de regresión de peso a los 56 días (Z_i) Vs. peso al nacimiento (W_i), para tamaño de la camada cuando se toma: $Z = f(W)$

Tamaño de la camada	Z^*	$Z = 9,90W + 0,011$	$(Z - Z^*)$	$(Z - Z^*)^2$
3	15,02	$Z_3 = 9,90(1,42) + 0,011 = 14,07$	- 0,95	0,9025
4	15,47	$Z_4 = 9,90(1,40) + 0,011 = 13,87$	- 1,60	2,5600
5	14,87	$Z_5 = 9,90(1,30) + 0,011 = 12,88$	- 1,99	3,9601
6	14,21	$Z_6 = 9,90(1,40) + 0,011 = 13,87$	- 0,34	0,1156
7	10,84	$Z_7 = 9,90(1,36) + 0,011 = 13,47$	2,63	6,9169
8	13,11	$Z_8 = 9,90(1,25) + 0,011 = 12,38$	- 0,73	0,5329
9	14,51	$Z_9 = 9,90(1,30) + 0,011 = 12,88$	- 1,63	2,6569
10	12,53	$Z_{10} = 9,90(1,23) + 0,011 = 12,18$	- 0,35	0,1225
11	9,47	$Z_{11} = 9,90(1,19) + 0,011 = 11,79$	2,32	5,3824
12	9,27	$Z_{12} = 9,90(1,20) + 0,011 = 11,89$	2,62	6,8600
				$\sum (Z - Z^*)^2 = 30,$

$$E_Z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z - Z^*)^2}{N}} ; \text{ donde:}$$

E_Z * Error de Z

$$Z = 9,90W + 0,011$$

Z^* y W = Dato del peso de los lechones a los 56 días y al nacimiento dado por la ecuación:

$$y = K + aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX$$

N = Número de datos, para este caso 10 (camadas de 3 a 12 lechones)

$$E_Z = \sqrt{\frac{30,001}{10}} = \sqrt{3,0001} = 1,7320$$

$$\therefore E_Z = 173,20\%$$

$$W = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (W_i - W)^2 \quad \text{donde:}$$

$$W = \text{Error de } W$$

$$W = 0,102 + 0,012$$

ANEXO No.13

Mínimos cuadrados para hallar el error E_W , en el análisis de regresión de peso al nacimiento (W_i), Vs. peso a los 56 días (Z), para tamaño de la camada cuando se toma: $W = f(Z)$.

Tamaño de la camada	W^*	$W = 0,10Z + 0,012$	$(W-W^*)$	$(W-W^*)^2$
3	1,42	$W_3 = 0,10(15,02) + 0,012 = 1,51$	0,09	0,0081
4	1,40	$W_4 = 0,10(15,47) + 0,012 = 1,55$	0,15	0,0225
5	1,30	$W_5 = 0,10(14,87) + 0,012 = 1,49$	0,19	0,0361
6	1,40	$W_6 = 0,10(14,21) + 0,012 = 1,43$	0,03	0,0009
7	1,36	$W_7 = 0,10(10,84) + 0,012 = 1,09$	-0,27	0,0729
8	1,25	$W_8 = 0,10(13,11) + 0,012 = 1,32$	0,07	0,0049
9	1,30	$W_9 = 0,10(14,51) + 0,012 = 1,46$	0,16	0,0256
10	1,23	$W_{10} = 0,10(12,53) + 0,012 = 1,26$	0,03	0,0009
11	1,19	$W_{11} = 0,10(9,47) + 0,012 = 0,95$	-0,24	0,0576
12	1,20	$W_{12} = 0,10(9,27) + 0,012 = 0,93$	-0,27	0,0729
				$\Sigma (W - W^*)^2$ 0,3105

$$E_W = \sqrt{\frac{\sum (W - W^*)^2}{N}} ; \text{ donde:}$$

E_W = Error de W

$$W = 0,10Z + 0,012$$

W^* y Z = Datos de los pesos de los lechones al nacimiento y a los 56 días dados por la ecuación:

$$y = K + aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX$$

N = Número de datos, para este caso 10 (camadas de 3 a 12 lechones)

$$E_W = \sqrt{\frac{0,3105}{10}} = \sqrt{0,03105} = 0,1762$$

$$\therefore E_W = 17,62\%$$

3	6,92	40,77	1,40	1,94	10,22
4	6,44	41,47	1,40	1,76	9,01
5	6,92	37,77	1,36	1,85	8,39
6	5,80	30,36	1,25	1,50	7,00
7	6,44	41,17	1,30	1,60	8,37
8	4,23	17,86	1,23	1,51	5,20
9	5,10	24,83	1,19	1,41	6,16
10	6,44	17,71	1,20	1,44	5,33
ΣW	59,48	313,72	13,05	12,09	78,26

1 a 12 camadas.

ANEXO No.14

Productos cruzados de peso a los 35 días (Z_i) Vs. peso al nacimiento (W_i), para resolver las ecuaciones normales correspondientes a las regresiones por tamaño de la camada.

Tamaño de la camada	Z_i	Z_i^2	W_i	W_i^2	$Z_i W_i$
3	6,72	45,16	1,42	2,01	9,54
4	7,30	53,29	1,40	1,96	10,22
5	6,98	48,72	1,30	1,69	9,07
6	6,44	41,47	1,40	1,96	9,01
7	6,15	37,82	1,36	1,85	8,36
8	5,60	31,36	1,25	1,56	7,00
9	6,44	41,47	1,30	1,69	8,37
10	4,23	17,89	1,23	1,51	5,20
11	5,18	26,83	1,19	1,41	6,16
12	4,44	19,71	1,20	1,44	5,33
	$\sum Z_i =$ 59,48	$\sum Z_i^2 =$ 363,72	$\sum W_i =$ 13,05	$\sum W_i^2 =$ 17,08	$\sum Z_i W_i =$ 78,26

i : Va de 3 a 12 camadas.

ANEXO No.15

Mínimos cuadrados para hallar el error E_Z , en el análisis de regresión de peso a los 35 días (Z_i), Vs. peso al nacimiento (W_i), para tamaño de la camada cuando se toma: $Z = f(W)$.

Tamaño de la camada	Z^*	$Z = 4,55W + 0,011$	$(Z - Z^*)$	$(Z - Z^*)^2$
3	6,72	$Z_3 = 4,55(1,42) + 0,011 = 6,47$	-0,25	0,0625
4	7,30	$Z_4 = 4,55(1,40) + 0,011 = 6,38$	-0,92	0,8464
5	6,98	$Z_5 = 4,55(1,30) + 0,011 = 5,92$	-1,06	1,1236
6	6,44	$Z_6 = 4,55(1,40) + 0,011 = 6,38$	0,06	0,0036
7	6,15	$Z_7 = 4,55(1,36) + 0,011 = 6,19$	0,04	0,0016
8	5,60	$Z_8 = 4,55(1,25) + 0,011 = 5,69$	0,09	0,0081
9	6,44	$Z_9 = 4,55(1,30) + 0,011 = 5,92$	-0,52	0,2704
10	4,23	$Z_{10} = 4,55(1,23) + 0,011 = 5,60$	1,37	1,8769
11	5,18	$Z_{11} = 4,55(1,19) + 0,011 = 5,42$	0,24	0,0576
12	4,44	$Z_{12} = 4,55(1,20) + 0,011 = 5,47$	1,03	1,0609
				$\Sigma (Z - Z^*)^2 =$
				5,3116

$$E_Z = \sqrt{\frac{\sum (Z - Z^*)^2}{N}} ; \text{ donde}$$

E_Z = Error de Z

$$Z = 4,55W + 0,011$$

Z^* y W = Dato del peso de los lechones a los 35 días y al nacimiento, dado por la ecuación:

$$y = K + aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX$$

N = Número de datos, para este caso 10 (camadas de 3 a 12 lechones)

$$E_Z = \sqrt{\frac{5,3116}{10}} = \sqrt{0,53116} = 0,7288$$

$$\therefore E_Z = 72,88\%$$

ANEXO No.16

Mínimos cuadrados para hallar el error E_W , en el análisis de regresión de peso al nacimiento (W_i), Vs. peso a los 35 días (Z_i), para tamaño de la camada cuando se toma: $W = f(Z)$.

Tamaño de la camada	W^*	$W = 0,22Z - 0,003$	$(W-W^*)$	$(W-W^*)^2$
3	1,42	$W_3 = 0,22(6,72) - 0,003 = 1,46$	0,04	0,0016
4	1,40	$W_4 = 0,22(7,30) - 0,003 = 1,59$	0,19	0,0361
5	1,30	$W_5 = 0,22(6,98) - 0,003 = 1,52$	0,22	0,0484
6	1,40	$W_6 = 0,22(6,44) - 0,003 = 1,40$	0	0
7	1,36	$W_7 = 0,22(6,15) - 0,003 = 1,34$	-0,02	0,0004
8	1,25	$W_8 = 0,22(5,60) - 0,003 = 1,22$	-0,03	0,0009
9	1,30	$W_9 = 0,22(6,44) - 0,003 = 1,40$	0,01	0,0001
10	1,23	$W_{10} = 0,22(4,23) - 0,003 = 0,92$	-0,10	0,01
11	1,19	$W_{11} = 0,22(5,18) - 0,003 = 1,12$	-0,07	0,0049
12	1,20	$W_{12} = 0,22(4,44) - 0,003 = 0,96$	-0,24	0,0576
				$\Sigma (W-W^*)^2 =$

$$E_W = \sqrt{\frac{\sum (W-W^*)^2}{N}} ; \text{ donde:}$$

E_W = Error de W

$$W = 0,22Z - 0,003$$

W^* y Z = Datos de pesos de los lechones al nacimiento y a los 35 días, dados por la ecuación:

$$y = K + aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX$$

N = Número de datos, para este caso (camadas de 3 a 12 lechones)

$$E_W = \sqrt{\frac{0,16}{10}} = \sqrt{0,016} = 0,1264$$

$$\therefore E_W = 12,64\%$$

ANEXO No.17

Productos cruzados de peso de machos a los 0, 10, 21, 35 y 56 días (M_i)
Vs. peso de las hembras a las mismas edades (H_i), para resolver las ecuaciones normales correspondientes a las regresiones por sexo.

Edad	M_i	M_i^2	H_i	H_i^2	$H_i M_i$
0	1,30	1,69	1,23	1,51	1,59
10	2,33	5,42	2,08	4,32	4,84
21	3,61	13,03	3,54	12,53	12,77
35	6,12	37,45	5,97	35,64	36,53
56	12,42	154,25	12,16	147,86	151,02
$\sum M_i =$		$\sum M_i^2 =$	$\sum H_i =$	$\sum H_i^2 =$	$\sum H_i M_i =$
25,78		211,84	24,98	201,86	206,75

M_i = Peso de machos a 0, 10, 21, 35 y 56 días

H_i = Peso de hembras a las mismas edades.

ANEXO No.18

Mínimos cuadrados para hallar el error E_M , en el análisis de regresión de peso de machos a los 0, 10, 21, 35 y 56 días (M_i) Vs. peso de hembras a las mismas edades (H_i), para sexo, cuando se toma: $M = f(H)$.

Edad	M^*	$M = 1,035H - 0,014$	$(M-M^*)$	$(M-M^*)^2$
0	1,30	$M_0 = 1,035(1,23) - 0,014 = 1,25$	- 0,05	0,0025
10	2,33	$M_{10} = 1,035(2,08) - 0,014 = 2,13$	- 0,2	0,04
21	3,61	$M_{21} = 1,035(3,54) - 0,014 = 3,64$	0,03	0,0009
35	6,12	$M_{35} = 1,035(5,97) - 0,014 = 6,15$	0,03	0,0009
56	12,42	$M_{56} = 1,035(12,16) - 0,014 = 12,56$	0,14	0,0196
				$\Sigma (M-M^*)^2 = 0,0639$

$$E_M = \sqrt{\frac{\Sigma (M - M^*)^2}{N}} ; \text{ donde:}$$

E_M = Error de machos (M)

$$M = 1,035H - 0,014$$

M^* y H : Datos de machos y hembras a los 0, 10, 21, 35 y 56 días dados por la ecuación:

$$y = K + aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX$$

N = Número de datos, para este caso 5 (0, 10, 21, 35, y 56 días)

$$E_M = \sqrt{\frac{0,0639}{5}} = \sqrt{0,01278} = 0,1130 \therefore E_M = 11,30\%$$

ANEXO No.20

productos cruzados de peso a los 56 días (Z_i), Vs. peso al nacimiento (W_i)
 resolver las ecuaciones normales correspondientes a las regresiones por
 número de parto.

número de parto	Z_i	Z_i^2	W_i	W_i^2	$Z_i W_i$
1o.	11,73	137,59	1,18	1,39	13,84
2o.	13,45	180,90	1,22	1,48	16,40
3o.	12,99	168,70	1,28	1,63	16,62
4o.	12,91	166,66	1,25	1,56	16,13
5o.	12,01	144,24	1,30	1,69	15,61
6o.	13,11	171,87	1,24	1,53	16,25
	$\sum Z_i =$ 76,20	$\sum Z_i^2 =$ 969,90	$\sum W_i =$ 7,47	$\sum W_i^2 =$ 9,28	$\sum Z_i W_i =$ 94,85

i : Va de 1o. a 6o. parto.

ANEXO No.19

Mínimos cuadrados para hallar el error E_H , en el análisis de regresión de peso de hembras a 0, 10, 21, 35 y 56 días (H_i), Vs. peso de los machos a las mismas edades (M_i), para sexo cuando se toma: $H = f(M)$.

Edad	H^*	$H = 0,96M + 0,048$	$(H-H^*)$	$(H-H^*)^2$
0	1,23	$H_0 = 0,96(1,30) + 0,048 = 1,28$	0,05	0,0025
10	2,08	$H_{10} = 0,96(2,33) + 0,048 = 2,27$	0,19	0,0361
21	3,54	$H_{21} = 0,96(3,61) + 0,048 = 3,50$	-0,04	0,0016
35	5,97	$H_{35} = 0,96(6,12) + 0,048 = 5,91$	-0,06	0,0036
56	12,16	$H_{56} = 0,96(12,42) + 0,048 = 11,96$	-1,0	1,000
				$\Sigma (H-H^*)^2 = 1,0438$

$$E_H = \sqrt{\frac{\sum (H-H^*)^2}{N}}, \text{ donde:}$$

E_H = Error de hembras (H)

$$H = 0,96M + 0,048$$

H^* y M = dato de hembras y machos a los 0, 10, 21, 35 y 56 días

dados para la ecuación:

$$y = K + aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX$$

N = Número de datos tomados, para este caso 5 (0, 10, 21, 35 y 56)

$$E_H = \sqrt{\frac{1,0438}{5}} = \sqrt{0,2087} = 0,4568 \quad \therefore E_Z = 45,68\%$$

ANEXO No.21

Mínimos cuadrados para hallar el error E_Z , en el análisis de regresión del peso a los 56 días (Z_i), Vs. peso al nacimiento (W_i), por parto, cuando se toma: $Z = f(W)$.

Número de parto	Z^*	$Z = 10,19W + 0,015$	$(Z-Z^*)$	$(Z-Z^*)^2$
1o.	11,73	$Z_1 = 10,19(1,18) + 0,015 = 12,03$	0,3	0,09
2o.	13,45	$Z_2 = 10,19(1,22) + 0,015 = 12,44$	-1,01	1,02
3o.	12,99	$Z_3 = 10,19(1,28) + 0,015 = 13,05$	0,06	0,0036
4o.	12,91	$Z_4 = 10,19(1,25) + 0,015 = 12,75$	-0,16	0,025
5o.	12,01	$Z_5 = 10,19(1,30) + 0,015 = 13,26$	1,25	1,56
6o.	13,11	$Z_6 = 10,19(1,24) + 0,015 = 12,65$	-0,46	0,211
				$\Sigma (Z-Z^*)^2$ 2,9096

$$E_Z = \sqrt{\frac{\Sigma (Z-Z^*)^2}{N}}, \text{ donde:}$$

E_Z = error de Z

$$Z = 10,19W + 0,015$$

Z^* y W = Datos de pesos de los lechones a los 56 días y al nacimiento dados por la ecuación:

$$y = K + aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX$$

N = Número de datos, para este caso 6 (de 1o. a 6o. parto)

$$E_Z = \sqrt{\frac{2,9096}{6}} = \sqrt{0,4849} = 0,696 \therefore E_Z = 69,60\%$$

ANEXO No. 22

Mínimos cuadrados para hallar el error E_W , en el análisis de regresión del peso al nacimiento (W_i), Vs. peso a los 56 días (Z_i) por parto cuando se toma: $W = f(Z)$.

Número de parto	W^*	$W = 0,098Z + 0,0658$	$(W-W^*)$	$(W-W^*)^2$
1o.	1,18	$W_1 = 0,098(11,73) + 0,0658 = 1,21$	0,034	0,0011
2o.	1,22	$W_2 = 0,098(13,45) + 0,0658 = 1,38$	0,163	0,0265
3o.	1,28	$W_3 = 0,098(12,99) + 0,0658 = 1,33$	0,058	0,0033
4o.	1,25	$W_4 = 0,098(12,91) + 0,0658 = 1,33$	0,08	0,0064
5o.	1,30	$W_5 = 0,098(12,01) + 0,0658 = 1,24$	-0,058	0,0033
6o.	1,24	$W_6 = 0,098(13,11) + 0,0658 = 1,35$	0,110	0,0121
			$\Sigma (W-W^*)^2 =$	0,0527

$$E_W = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W - W^*)^2}{N}}, \text{ donde:}$$

E_W = error de W

$$W = 0,098Z + 0,0658$$

W^* y Z = Datos de los pesos de los lechones al nacimiento y a los 56 días, dado por la ecuación:

$$y = K + aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX$$

N = Número de datos, para este caso 6 (de 1o. a 6o. parto)

$$E_W = \sqrt{\frac{0,0527}{6}} = \sqrt{0,00878} = 0,093 \quad \therefore E_W = 9,30\%$$

11

Inventario 38408

Quijano Bernal, Jorge H.

Titulo: Desarrollo biométrico de

Fecha Devol.	NOMBRE	Carnet
17-28/4	Pablo E. Arce C	1001
	Jaime Ayte	046
JUNIO-4-96	DEIVID ESPINO	1782
	Deli Barrera	204
	Yovani Lopez	2107121
	Alexander Diaz	110

636.41
Q6

38408

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
Biblioteca "Alberto Quijano Guerrero"



38408