

ESTACION EXPERIMENTAL DEL ZAIDIN (C.S.I.C.)  
GRANADA

"INFLUENCIA DEL RACIONAMIENTO PORCENTUAL EN LA DIGES-  
TIBILIDAD Y RENDIMIENTO NUTRITIVO DE UNA DIETA  
EN EL CERDO".

Por J. BOZA, J. FONOLLÁ y G. VARELA

Ars. Pharm. X, 237 (1969).

1.—OBJETO.

Según es sabido, los principales criterios sobre el éxito productivo del cerdo, en comparación con otras especies productoras de carne, gira en torno del ritmo de crecimiento, eficiencia en la utilización del alimento y en la calidad de la canal. Estos criterios son consecuencia de su peculiar fisiologismo, especialmente de sus circunstancias digestivas y metabólicas.

Como especie explotada que es, el problema de la alimentación ha sido naturalmente muy estudiada. Uno de los puntos más en discusión actualmente es el de la cantidad aconsejable de la ración; desde hace más de 40 años se discuten las ventajas económicas y zootécnicas de dos tipos diferentes de alimentación: "ad libitum" o controlada.

La alimentación "ad libitum", de antiguo la más preconizada y actualmente la más extendida en nuestro país, podría parecer la más conveniente ya que, con los modernos sistemas de alimentación automática, supondría un considerable ahorro de mano de obra.

Las ventajas evidentes de la técnica de alimentación controlada, reside según muestra la bibliografía, en unos índices de transformación más económicos, y una mejor calidad de la canal. Esta alimentación controlada raciona principalmente a los animales de acuerdo con diversos parámetros, siendo el más utilizado el peso vivo. Otro punto también de interés es la frecuencia de las comidas, con que el animal ingiere el alimento en el racionamiento controlado. Naturalmente el porcentaje de la dieta ha de ser diferente, según el estado fisiológico del animal, juzgado a efectos prácticos por la edad y peso de los cerdos.

Existe también un sistema de alimentación mixto, que consiste, en líneas generales, en alimentar a los animales "ad libitum" en las primeras edades, hasta un límite que se puede fijar en los 40 kilogramos de peso vivo. Seguidamente se le somete a una alimentación controlada de acuerdo con su peso hasta el sacrificio.

Parece pues, que el problema para la elección de criterios en el tipo de alimentación, debiera residir en los resultados obtenidos a partir de los 40 kilogramos; además este peso es prácticamente el que tienen los animales mejorados, cuando inician la fase de crecimiento rápido.

Un índice práctico de la utilización del nitrógeno de la dieta, es el llamado coeficiente de eficacia en crecimiento. Este índice depende fundamentalmente de dos tipos de factores, unos propios del alimento, y otros del fisiologismo del animal que lo beneficia, figurando entre estos últimos en primer lugar los factores anabolizantes proteicos, en el que sobresale la hormona somatotropa. Es la cantidad de esta hormona en los distintos estadios del crecimiento, la que explica el diferente rendimiento nutritivo de la proteína de la dieta, y la que hace que haya que tener en cuenta precisamente en el racionamiento, este dato del estado fisiológico del animal.

A efectos prácticos el índice de transformación cuantifica, el éxito o el fracaso de la producción cárnica de una determinada ración y por ello su gran interés en la alimentación animal.

Por todo lo anterior, nosotros proyectamos realizar un estudio sistemático con cuatro niveles de dieta y dos modificaciones, en cerdos Large White, en los que por un lado estudiaremos la digestibilidad, y por otro, la influencia de estos niveles sobre el metabolismo proteico juzgado por el llamado coeficiente de eficacia en crecimiento: se estudiarán también los índices de transformación en los distintos niveles de dieta.

Con el fin de ajustarnos a las razones dichas del papel anabolizante de la hormona de crecimiento, todas nuestras dietas tienen un alto nivel proteico, del 16,8 por ciento sobre muestra destacada. Este nivel está de acuerdo con las modernas técnicas de la nutrición porcina, para un crecimiento rápido de los animales.

Creemos que de esta manera podremos conocer, que porcentaje de dieta es el mejor para un determinado aprovechamiento digestivo o nutritivo, y poder sacar conclusiones generales sobre cual es el óptimo según el peso del animal.

En nuestra opinión, las anteriores consideraciones justifican la realización del presente trabajo.

## 2.—REVISION BIBLIOGRAFICA

En trabajos anteriores (BOZA y VARELA, 1960; VARELA y col. 1961, y 1965; FONOLLÀ, 1967), se ha tratado con detenimiento de la digestibilidad y de los factores que la afectan, por lo que limitamos la revisión bibliográfica a los tres apartados siguientes:

### 1.º—Cantidad de Ingesta.

Actualmente se conoce que el aumento o la disminución sensible del nivel alimenticio, provoca una depresión de la digestibilidad, no siendo esta alteración igual para todos los nutrientes.

Cuando el volumen de dieta es excesivo la digestibilidad decrece, al no poderse realizar un ataque completo del alimento por los fermentos digestivos. Además, cuando se ingiere un volumen grande de alimento, se activa el peristaltismo, lo que trae como consecuencia un acortamiento del llamado tiempo de paso y por tanto una menor utilización del pienso.

FORBES y HAMILTON (1952), demostraron que el valor de una mezcla alimenticia disminuía en el 20 por ciento, cuando a los animales se les suministraba 2,5 veces más la cantidad de dieta que cubriera sus necesidades de sostenimiento.

LEROY (1956), da un índice de voluminosidad para el cerdo de 0,9 a 1,1 para CHARTON y LESBOUYRIES (1957), estos índices serían de 0,8 a 1,2 en cerdos de 70 Kg.

ABRAMS (1965), nos dice que a medida que se eleva el plano de ingestión de alimentos, declina la digestibilidad aparente de la materia orgánica, proteína y materias extractivas libres de nitrógeno.

La digestibilidad y la capacidad digestiva, han sido estudiadas como factores limitantes de la toma voluntaria de alimentos por SANZ y VARELA (1963) y se ha observado por VARELA y col. (1961), que la lignina disminuye la toma de alimentos en cabra; MAKELA (1962), estudió la relación existente entre la toma voluntaria de alimento y el volumen del mismo, y en general, se puede asegurar que todo alimento que provoca fenómenos repletivos produce una disminución en su consumo. CAMPLING y BLACH (1961) demostraron que la toma de un alimento está relacionado, con el tiempo de paso por el tubo digestivo.

Las experiencias de VARELA y col. (1962), demuestran que la grasa se comporta como palatable hasta el límite de su digestibilidad, y que el animal toma tanto alimento como puede digerir. Los emulgentes aumentan la digestibilidad de la grasa y elevan la cantidad de alimento ingerido.

FERGUSON (1956), estudió las relaciones que existen entre el peso vivo y la capacidad de ingestión de los animales. Modernamente la forma más simple de expresar la capacidad alimenticia diaria de un animal, es en kilogramos de materia seca de alimentos ingeridos por 100 Kg de peso vivo, estos porcentajes varían con la calidad y tipo del alimento, ya que el factor que más influye en la capacidad alimenticia es el volumen del alimento.

Los alimentos concentrados, de fácil digestión y poco volumen, se asimilan rápidamente dejando espacio en el tractus digestivo para una nueva cantidad de alimento, por tanto la ingesta de materia seca de tales alimentos es superior a los de tipo fibroso, grosero e indigestible.

Los animales tienden a ajustar la ingestión de alimentos a su gasto de energía. GUILBERT y LOOSLI (1949), al tratar de la alimentación a discreción, opinan que las necesidades totales de energía serían relativamente constantes para el entretenimiento, y añaden que la capacidad total de ingestión de alimentos dependería al igual del peso vivo y del metabolismo basal. Admitiendo esta hipótesis, la proporción "peso vivo" representaría el estado de repleción del tubo digestivo.

BLAXTER (1964), nos dice que en todas las especies, la ingestión de alimento es proporcional al peso elevado a una potencia próxima a 0,70. A esto se llamó "talla o tamaño metabólico" de los animales.

La cantidad total de energía utilizada por el organismo, es del orden de 2,5 veces las necesidades para el metabolismo basal al principio del crecimiento, declinando hacia 2 veces, a medida que el animal se aproxima a la madurez (ABRAMS, 1965).

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, pensamos que un racionamiento controlado según el peso de los animales, sería el más idóneo para los cerdos en crecimiento-cebo, con dietas que produzcan saciedad, pero sin llegar a producir la sobrecarga alimenticia. Los niveles más altos se emplearían en la fase rápida del crecimiento, suministrando los inferiores, en la edad adulta próxima al sacrificio de los cerdos. Esto sería motivado por la disminución de las necesidades energéticas de los animales en estas edades y porque una reducción de la ingesta mejora la calidad de las canales y los índices de transformación.

Los trabajos de MANSFIELD y TREHANE (1937), McMEEKAN (1940) LUCAS y CALDER (1957), BRAUDE y col. (1958) y LUCAS, CALDER y McDONALD (1960), recomiendan, en líneas generales, una alimentación limitada ("restricted feeding") a partir de los 70 Kg. para evitar un engrasamiento excesivo, ya que la curva de crecimiento muestra una defavorable inflexión a medida que se acerca a la edad adulta, con una marcada tendencia al engrasamiento cuando se someten los animales a planos nutricionales altos.

## 2.º—Índices de Transformación.

Por índice de transformación, de conversión o eficiencia en la utilización de un pienso se entiende las unidades necesarias de un alimento o mezcla alimenticia, para el incremento de una unidad en el peso vivo de un animal.

Este índice depende de diversos factores, tales como la edad del animal, el plano nutritivo al que se le someta, el porcentaje en proteína y en otros nutrientes de la dieta, la raza del animal, el medio que lo rodea, etc.

HAMMOND (1959), al hablar de la economía de las explotaciones porcinas, indica que es preciso tener en cuenta las variaciones que presenta la curva del crecimiento del cerdo en relación con la edad y con los valores de la eficacia en la conversión de piensos. Según este autor, se necesitan de 70 a 80 días para que el cerdo pase de los 40 kgs. a 95 kgs. observando que el crecimiento más rápido se produce entre los 68 y 90 Kgs.

REVUELTA (1953), nos dice que por cada kilogramo de aumento de peso en cerdos en cebo de 50 a 110 Kg de peso vivo, se requieren alimentos con un valor de 3,5 a 4,5 unidades alimenticias y con 80 a 100 gramos de proteína digestible por unidad alimenticia.

Estas cifras en la actualidad y en cerdos mejorados no son aceptables y así RICE, ANDREWS, WARWICK y LEGATES (1957), sobre cerdos daneses han obtenido incrementos de pesos medios de 0, 675 Kg diarios, con un índice de transformación de 3,3 y un total de 104 días para colocar a los animales de 20 a 90 Kg.

LEROY (1956), para cerdos de 75 Kg de peso y con un incremento diario de 700 g fija la necesidades en 3,5 unidades alimenticias y 300 g de proteína digestible en una dieta de 3,32 Kg de materia seca, lo que representa un índice de transformación de 4,74 y un nivel alimenticio del 4,42 por ciento de su peso en materia seca de pienso.

BESON (1959), suministrando raciones a cerdos en cebo de 50 a 100 kg con el 15 y 16 por ciento de proteína bruta, obtiene ganancias de pesos diarios de 1,2 a 1,5 kilogramos en animales destinados a producir cerdos del tipo "bacon".

BELIIS (1960), empleó una ración standard de crecimiento en cerdos con el 17,2 por ciento de proteína bruta, obteniendo índices de convertibilidad de 4,66 en animales de 63 a 118 Kg. con incremento de peso diario de 0,864 Kg. lo que supone una dieta diaria para un cerdo de 90,1 Kg. de peso de 3,187, que representa aproximadamente el 3,53 por ciento de su peso en pienso.

MORGAN y LEWIS (1965), recopilan una serie de experiencias realizadas sobre 64 cerdos Large White, alimentados individualmente y empleando tres raciones, una patrón y las otras dos de régimen proteico bajo y alto respectivamente, obteniéndose los siguientes resultados:

	Bajo	Patrón	Alto
Días para crecer de 45 a 90 Kg.	83,4	72,2	67,9
Kilogramos alimento consumido:	194,6	164,4	155,5
Índices de transformación	3,5	3,0	2,8

ABRAMS (1965), da índices de conversión de 3,2 y 3,5 y afirma que esta cifra tenderá a disminuir a medida que mejoren los conocimientos en la nutrición y en el manejo de los cerdos.

Concluimos este apartado, indicando la importancia que tiene en el cebo del cerdo, la coordinación de los factores: crecimiento, edad, tiempo de duración del cebo, y limitación de la dieta en la última fase para mejorar la canal.

### 3.º—Coeficiente de Eficacia en Crecimiento.

Un procedimiento para valorar la calidad biológica de una proteína, es la obtención del llamado "Coeficiente de Eficacia en Crecimiento" (C.E.C.) método ideado originalmente por OSBORNE, MENDEL y FERRY (1919), y que consiste en comparar la ganancia de peso en gramos por los gramos de proteína ingerida, denominando a este proceder, C.E.C., "relación de eficacia proteica", valor en crecimiento de las proteínas", o "protein efficiency ratio" (P.E.R.) siendo esta última denominación la más empleada en la bibliografía actual.

El C.E.C. se representa por la expresión matemática siguiente:

$$C. E. C. = \frac{\text{Gramos aumento de peso}}{\text{Gramos de proteína ingerida}}$$

ALBANESE (1959), opina que este método clasifica a las proteínas de acuerdo con las necesidades de síntesis de los tejidos, considerándolo como un índice crítico del valor de las proteínas de los alimentos.

La duración de estos ensayos es variable, y en la bibliografía consultada encontramos que CHAPMAN, CASTILLO y CAMPBELL (1959), recomiendan se obtengan los C.E.C. en periodos de 20 a 23 días: TASKAR y col. (1959), trabajando en 527 animales y utilizando periodos de 7, 14, 21 y 28 días, indican como el período óptimo el de 14 días, y encuentran resultados muy próximos a los obtenidos por otras pruebas biológicas. PERETIANU y col. (1963), DOUGHTY y AYROYD (1964), y VIDAL (1965) en ratas utilizan periodos de 20, 21 y 12 días respectivamente. Por último BOZA (1966), también en ratas, emplea periodos de 30 días de duración.

En líneas generales se recomienda una duración para estos ensayos de 14 a 20 días, pues periodos mayores se verían afectados por cambio de necesidades que enmascararían los resultados.

El porcentaje de la dieta para estas experiencias oscila entre límites amplios, recomendando PERETIANU (1963), un 15 por ciento. ROSENBERG (1959), emplea porcentajes del 7 al 12; VIDAL (1965) y BOZA (1965) en ratas, utilizan porcentajes de proteína bruta del 12,2 y 18,2 respectivamente.

El sistema de alimentación recomendado en estas experiencias por los autores del método OSBORNE y col. (1919), y por JONES y DIVINE (1944), es "ad libitum". MITCHELL (1943 y 1944), reseña las ventajas de la alimentación controlada en este tipo de ensayos. MAYNARD (1955), opina que la alimentación "ad libitum" es la comunmente empleada, pero este sistema no da valores uniformes para ciertas determinaciones fundamentales, como la digestibilidad y valor biológico, citando los resultados muy variables encontrados por OSBORNE y MENDEL en los primeros estudios del C.E.C., debidos a este tipo de alimentación "ab libitum".

La edad y peso de los animales son los factores que influyen de una manera más destacada sobre los coeficientes de eficacia en crecimiento, observándose que a medida que aumenta la edad disminuyen los C.E.C.; sobre este particular TASKAR (1959), indica la conveniencia de utilizar en estas experiencias animales en pleno crecimiento.

### 3.—METODICA EXPERIMENTAL

Para observar la influencia del racionamiento porcentual sobre la digestibilidad, incremento de peso diario, índices de transformación y coeficientes de eficacia en crecimiento, de un pienso standard para cerdos en cebo precoz, se han realizado cuatro experiencias empleando seis niveles de dieta. El objeto de los ensayos es conocer el comportamiento de estos niveles en la nutrición del cerdo, y fijar los porcentajes de dieta óptimos, obtenidos por los coeficientes e índices encontrados en nuestras experiencias.

El diseño experimental fue: en cuadro latino, según la siguiente forma:

Cerdos		N.º 32	N.º 22	N.º 13	N.º 21
Expe.	1. <sup>a</sup>	6 %	4 %	5 %	3 %
Expe.	2. <sup>a</sup>	5 %	3 %	6 %	4 %
Expe.	3. <sup>a</sup>	3 %	5 %	4 %	6 %
Expe.	4. <sup>a</sup>	4 %	6 %	3 %	5 %

Estos porcentajes representan las cantidades de pienso suministrado a los animales en relación a su peso vivo, tomados siempre al principio de cada experiencia.

Para la realización de este diseño, empleamos los niveles nutricionales más idóneos, de acuerdo con las necesidades de los animales y con la bibliografía consultada, aunque al negarse algunos cerdos, 3.<sup>a</sup> y 4.<sup>a</sup> experiencias, a consumir los porcentajes de dieta que les correspondían, se tuvieron que variar como se observa en los cuadros que a continuación insertamos:

	Nivel dieta	N.º cerdo	Peso en Kg.	Ración en S. Seca.
1. <sup>a</sup> Experiencia (1)	3 %	21	40,50	1.193,7 g
	4 %	22	41,00	1.611,2 "
	5 %	13	40,00	2.053,4 "
	6 %	32	39,75	2.343,4 "
2. <sup>a</sup> Experiencia	3 %	22	53,00	1.562,9 g
	4 %	21	49,25	1.935,6 "
	5 %	32	56,00	2.751,3 "
	6 %	13	56,25	3.316,5 "
3. <sup>a</sup> Experiencia	3 %	32	72,50	2.136,8 g
	4 %	13	74,00	2.908,6 "
	4,5 %	21	63,00	2.892,0 "
	5 %	22	61,50	3.021,1 "
4. <sup>a</sup> Experiencia	2 %	22	81,00	1.591,0 g
	2 %	21	82,00	1.611,0 "
	3 %	13	88,00	2.944,6 "
	4 %	32	82,00	3.544,1 "

(1) La ración en sustancia seca es muy aproximada a la teórica (1.215 g, 1.640 g, 2.000 g, 2.385 g), y estas diferencias se deben a los cambios en la humedad del pienso a lo largo de los 16 días de experiencia.

El nivel del 2 % empleado en la 4.<sup>a</sup> Experiencia tiene por objeto observar los coeficientes de digestibilidad de una dieta prácticamente de sostenimiento.

Los animales utilizados fueron cerdos Large-White, machos castrados, escogidos al azar de uno lote de animales en crecimiento de la Estación Experimental del Zaidín (C.S.I.C.) en Granada, con un peso medio de 40,3 Kg y a los que se les suministró un antiparasitario interno, para que una posible parasitosis no enmascarase los resultados obtenidos.

Para la realización de estos ensayos hemos seguido las normas preconizadas por la Federación Europea de Zootecnia que en líneas generales son: 10 días de período de adaptación a las células de metabolismo y 16 experimentales (6 para la fase preparatoria y 10 días de período principal o propiamente experimental).

Las instalaciones, las técnicas experimentales y analíticas, y los cálculos de los coeficientes de digestibilidad utilizando el método directo se han descrito detalladamente por los autores en anteriores publicaciones (BOZA y VARELA 1960 y FONOLLÁ 1967).

Los resultados se someten a tratamiento estadístico. En los coeficientes de digestibilidad y en los de eficacia en crecimiento, empleamos el análisis de la varianza y coeficientes de correlación. Los índices de transformación, se tratan mediante el análisis de varianza y las pruebas de significación de promedios con el cálculo de las "t".

En cada ensayo se vigiló el peso de los animales, la humedad del pienso, y el comportamiento de los cerdos, que fue normal durante todas las experiencias.

## TABLAS DE ANALISIS

(Referidos a % sobre sustancia seca).

### I.—Análisis del alimento.

Sustancia Seca ... ..	87,9
Sustancia Orgánica ... ..	94,8
Proteína Bruta ... ..	16,8
Grasa Total ... ..	3,7
Fibra Bruta ... ..	5,2
M.E.L.N. ... ..	69,1
Cenizas ... ..	4,2

### II.—Análisis de las heces.

N. <sup>o</sup> del animal ...	1. <sup>a</sup> Experiencia					2. <sup>a</sup> Experiencia.		
	32	22	13	21	32	22	13	21
S. Seca ... ..	86,3	86,5	87,2	87,0	87,8	88,1	89,2	89,4
S. Orgánica ... ..	85,5	85,8	86,6	85,3	85,3	85,4	88,1	87,1
Proteína B ... ..	18,3	18,5	18,4	17,6	16,4	18,6	19,6	16,7
Grasa T ... ..	3,5	2,9	2,8	3,2	4,6	3,0	4,4	3,8
Fibra B ... ..	15,2	14,9	15,6	16,7	16,5	18,1	15,1	16,0
M.E.L.N. ... ..	48,5	49,5	49,8	47,8	47,8	45,7	49,0	50,6
Cenizas ... ..	14,5	14,2	13,4	14,7	14,7	14,6	11,9	12,9

N.º del animal ...	3.ª Experiencia					4.ª Experiencia.		
	32	22	13	21	32	22	13	21
S. Seca ... ..	94,1	93,6	89,9	90,0	91,7	91,7	91,6	91,6
S. Orgánica ... ..	85,3	86,8	85,4	86,2	81,1	80,3	81,7	80,7
Proteína B ... ..	18,5	18,5	18,6	18,6	19,6	19,7	17,9	18,1
Grasa T ... ..	4,0	4,3	4,1	4,0	5,9	5,6	7,0	5,6
Fibra B ... ..	15,1	13,7	13,0	13,7	13,8	12,6	14,4	14,1
M.E.L.N. ... ..	47,7	50,3	49,7	49,9	41,8	42,4	42,4	42,9
Cenizas ... ..	14,7	13,2	14,6	13,8	18,9	19,7	18,3	19,3

## 4.—RESULTADOS EXPERIMENTALES

## I.—Coeficientes de digestibilidad.

## 1.ª Experiencia

Porcentaje de dieta	3	4	5	6
Sustancia Seca ... ..	75,15	75,25	75,14	73,30
Sustancia Orgánica ... ..	77,63	77,60	76,49	75,92
Proteína ... ..	73,96	72,74	71,82	70,91
Grasa ... ..	78,50	80,54	80,52	74,74
Fibra ... ..	20,29	29,12	22,84	21,92
M.E.L.N. ... ..	82,80	82,26	81,45	81,26

## 2.ª Experiencia

Porcentaje de dieta	3	4	5	6
Sustancia Seca ... ..	78,58	78,34	76,86	75,86
Sustancia Orgánica ... ..	80,70	80,10	79,18	77,25
Proteína ... ..	76,27	78,47	77,41	71,45
Grasa ... ..	82,69	77,79	71,22	70,90
Fibra ... ..	24,46	33,37	26,62	28,93
M.E.L.N. ... ..	85,83	84,13	83,99	82,65

## 3.ª Experiencia

Porcentaje de dieta	3	4	4,5	5
Sustancia Seca ... ..	74,85	74,78	74,18	72,21
Sustancia Orgánica ... ..	77,38	77,28	76,52	74,53
Proteína ... ..	72,31	72,08	71,40	69,40
Grasa ... ..	72,82	72,03	72,05	67,71
Fibra ... ..	27,00	36,90	31,98	26,80
M.E.L.N. ... ..	82,64	81,86	81,36	79,77

4.<sup>a</sup> Experiencia

Porcentaje de dieta	2	2	3	4
Sustancia Seca ... ..	77,64	78,97	79,53	78,11
Sustancia Orgánica ... ..	81,06	82,10	82,36	81,27
Proteína ... ..	73,77	77,35	78,19	74,47
Grasa ... ..	66,21	68,12	61,25	65,89
Fibra ... ..	45,83	42,96	43,30	41,89
M.E.L.N. ... ..	86,28	86,94	87,44	86,76

## Coeficiente de digestibilidad medios

Porcentaje de dieta	2	3	4	4,5	5	6
Sustancia Seca ... ..	78,30	77,02	76,59	74,18	74,74	74,41
Sustancia Orgánica... ..	81,58	79,52	79,06	76,52	76,74	76,58
Proteína ... ..	75,56	75,18	74,44	71,40	72,88	71,18
Grasa ... ..	67,16	73,81	73,85	72,05	73,15	72,82
Fibra ... ..	44,39	29,01	35,32	31,98	25,42	25,43
M.E.L.N.... ..	86,61	84,64	83,75	81,36	81,74	81,95

## II.—Índices de transformación

(Sobre alimento en sustancia fresca)

Porcentaje de dieta	2	3	4	4,5	5	6
1. <sup>a</sup> Experiencia ... ..	—	2,483	2,444	—	2,299	2,624
2. <sup>a</sup> Experiencia ... ..	—	3,348	2,563	—	3,035	3,402
3. <sup>a</sup> Experiencia ... ..	—	4,093	3,781	2,771	2,820	—
4. <sup>a</sup> Experiencia ... ..	15,957	6,700	4,965	—	—	—
4. <sup>a</sup> Experiencia ... ..	11,750	—	—	—	—	—

## III.—Coeficiente de eficacia en crecimiento

Porcentaje de dieta	2	3	4	4,5	5	6
1. <sup>a</sup> Experiencia ... ..	—	2,73	2,77	—	2,94	2,58
2. <sup>a</sup> Experiencia ... ..	—	2,02	2,64	—	2,23	1,99
3. <sup>a</sup> Experiencia ... ..	—	1,65	1,79	2,44	2,40	—
4. <sup>a</sup> Experiencia ... ..	0,35	1,01	1,36	—	—	—
4. <sup>a</sup> Experiencia ... ..	0,57	—	—	—	—	—

## 5.—TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.

## 1.º—Coeficientes de digestibilidad.

- a) Análisis de varianza entre los niveles de dieta 3 % y 4 % :

	Valor de la F		Significación
	Calculada	Real	
Sustancia Seca ... ..	2,47	5,54	No
Sustancia Orgánica ... ..	3,50	5,54	No
Proteína ... ..	0,37	5,54	No
Grasa ... ..	0,0003	5,54	No
Fibra ... ..	5,86	5,54	0,1
M.E.L.N. ... ..	12,21	10,13	0,05

El tratamiento estadístico nos muestra una falta de significación entre los nutrientes estudiados, excepto en lo referente a la fibra que se nota un aumento en la dieta del 4 %, y en las M.E.L.N. en que la mejor digestibilidad corresponde al nivel del 3 %.

Al existir un menor número de animales entre los restantes niveles de dietas, no podemos aplicar el presente tratamiento estadístico, y realizamos el de correlación.

- b) Correlación entre todos los niveles de dieta :

Sustancia Seca... ..	$r = -0,91 \mp 0,06$	( $P < .01$ )
Sustancia Orgánica ... ..	$r = -0,92 \mp 0,06$	( $P < .01$ )
Proteína ... ..	$r = -0,92 \mp 0,08$	( $P < .02$ )
Grasa ... ..	$r = -0,59 \mp 0,26$	
Fibra ... ..	$r = -0,80 \mp 0,15$	( $P < .1$ )
M.E.L.N. ... ..	$r = -0,90 \mp 0,07$	( $P < .02$ )

Los coeficientes de correlación obtenidos para, sustancia seca, sustancia orgánica, proteína y M.E.L.N. nos indican que a medida que aumenta el nivel de ingesta disminuye la digestibilidad de estos nutrientes. Los resultados encontrados para la grasa y la fibra, carecen de significación.

## 2.º—Índices de transformación.

- a) Análisis de varianza :

Calculada	Valor de la F		Significación
	Real		
13,39	10,13		0,05

El tratamiento estadístico realizado mediante este método pone de manifiesto, que al aumentar la edad de los animales se incrementan los índices de transformación.

## b) Significación de promedios :

Entre niveles 3 % y 4 % ...  $t = 0,66$  Probabilidad de 0,6 a 0,5Entre niveles 4 % y 5 % ...  $t = 0,83$  Probabilidad de 0,5 a 0,4Entre niveles 5 % y 6 % ...  $t = 0,31$  Probabilidad de 0,8 a 0,7

Esto nos indica que los índices de transformación mejoran progresivamente hasta el nivel 5 %, siendo desfavorables en el caso del 6 %.

Al ser pequeño el número de animales utilizados para cada porcentaje de dieta, las probabilidades encontradas son escasas y prácticamente sin significación.

## 3.º—Coeficientes de eficacia en crecimiento.

## a) Análisis de varianza :

Calculada	Valor de la F		Significación
	Real		
15,06	10,13		0,05

El valor de F nos indica que cuando aumentan la edad y el peso de los animales, disminuyen los coeficientes de eficacia en crecimiento.

## b) Correlación :

$$r = 0,83 \mp 0,06 (P < .05).$$

Este valor nos dice que al aumentar la ingesta se incrementan los C.E.C., como se aprecia en los resultados encontrados, salvo en el caso del nivel 6 % (2,28) que es menor que el del 5 % (2,52).

## 6.—Discusión de los resultados.

En la revisión bibliográfica, encontramos una opinión general respecto a la disminución de los coeficientes de digestibilidad cuando la ingesta aumenta, concretando ABRAMS (1965) que esta disminución es más destacada, para la materia orgánica, proteínas y materias extractivas libres de nitrógeno.

En nuestros resultados esto se confirma observando correlaciones negativas de  $-0,91 \mp 0,06$  para la sustancia seca,  $-0,92 \mp 0,06$  para la sustancia orgánica  $-0,89 \mp 0,08$  para la proteína, y  $-0,90 \mp 0,70$  para las materias extractivas libres de nitrógeno, no siendo admisibles los valores de las correlaciones referentes a la grasa y fibra bruta.

Entre los niveles 3 y 4 por ciento de dieta, se observó igualmente mediante el análisis de la varianza, la existencia de diferencias significativas ( $P < .0,5$ ) en favor del coeficiente de digestibilidad de las materias extractivas libres de nitrógeno, cuando los animales consumían el 3 por ciento de su peso en materia seca. Encontramos también significación para la fibra bruta ( $P < .01$ ) pero en favor del 4 por ciento de la dieta.

AXELSSON (1949), manifestó que el aumento de la edad y peso de los animales traía consigo un incremento general de la digestibilidad, debido ésto a una mejor preparación del tubo digestivo.

FONOLLA (1967), concretamente en el cerdo, demuestra el aumento de la digestibilidad de la sustancia seca, sustancia orgánica, proteína, fibra bruta y materias extractivas libres de nitrógeno, al incrementarse la edad de los animales hasta los seis meses. Igualmente investiga la digestibilidad de la grasa, apreciando una falta de significación para estos resultados.

Nuestros datos concuerdan con los obtenidos por este investigador, y en lo referente al nutriente grasa, apreciamos una disminución de su digestibilidad al aumentar la edad de los animales.

Encontramos en la bibliografía, que la cantidad de energía capaz de utilizar el organismo es del orden de 2,5 veces las necesidades de sostenimiento, declinando hacia las dos veces de esas necesidades, a medida que el animal se aproxima a la madurez (según ABRAMS, 1965). En nuestros resultados observamos, que los niveles óptimos de dieta son: el 5 por ciento desde los 40 a 65 Kgs., el 4,5 por ciento desde los 65 a 85 Kgs. y por último el 4 por ciento desde los 85 a 96 Kgs., periodos que comprende nuestras experiencias. Se observa también que las necesidades de sostenimiento están algo por debajo del 2 por ciento del peso de los animales en materia seca del pienso, todo lo cual nos indica la proximidad de nuestros niveles óptimos, a los límites de las cantidades de energía que puede utilizar el animal.

En lo que se refiere a los índices de transformación, los autores consultados (BRODY, 1945; HAMMOND, 1959; MORGAN y LEWIS, 1965, etc.) están de acuerdo, que a medida que aumenta la edad se incrementan estos índices, es decir, que se necesita más alimento por unidad de aumento de peso.

Los índices obtenidos en nuestros ensayos, se elevan al aumentar la edad de los animales, apreciándose diferencias significativas con una probabilidad del 0,05. Se estima, que esto sería debido a un aumento de las necesidades de sostenimiento, conforme los animales van avanzando en edad y peso.

Igualmente los autores anteriores, indican planos nutricionales altos al principio del crecimiento, para ir disminuyéndolos después de acuerdo con la energía que pueda utilizar el animal. También se recomienda en la bibliografía porcentajes elevados de proteína bruta en la dieta, y así, BEESON (1959) habla del 15 y 16 por ciento con ganancias diarias de peso de 1,2 a 1,5, en cerdos de 50 a 100 Kg. BELLIS en 1960, emplea dietas con el 17,2 por ciento de proteína; MORGAN y LEWIS (1965), nos demuestran el interés de los niveles altos de proteína, al objeto de mejorar los índices de transformación, y un aumento de peso en el menor número de días.

ABRAMS (1965), nos habla de dietas con el 14 y 16 por ciento de proteína, obteniéndose índices de transformación de 3,2 y 3,5.

Nosotros empleamos un pienso con el 16,8 por ciento de proteína bruta sobre muestra desecada, encontrándonos un índice de transformación medio entre los niveles óptimos de 3,155, en la etapa de los 40 a 96 Kg. estudiada por nosotros; estos valores están próximos a los citados por ABRAMS (3,2 y 3,5) a los dados por MORGAN y LEWIS (1965) de 2,8 a 3,5 y a los encontrados por RICE y col. (1957) de 3,03 en cerdos desde los 20 a 90 Kg., obteniendo este aumento de peso en un periodo de 104 días.

En lo que se refiere a los Coeficientes de Eficacia en Crecimiento, la bibliografía nos habla de las ventajas de una alimentación controlada, y la disminución de estos coeficientes a medida que aumenta la edad y peso de los animales.

Nosotros hemos apreciado mejores coeficientes hasta el nivel del 5 por ciento de dieta, aumentando de una forma general estos coeficientes con el incremento de la dieta, como nos lo prueba la correlación encontrada entre los niveles de dieta y los C.E.C. ( $r = 0,83$ ). El análisis de la varianza realizado sobre estos datos, pone de manifiesto ( $P < 0,05$ ), que disminuyen los Coeficientes de Eficacia en Crecimiento al aumentar la edad de los animales, tal como vimos en la revisión bibliográfica.

### 7.—Resumen y conclusiones.

Se han determinado la digestibilidad, coeficiente de eficacia en crecimiento, incremento de peso diario e índices de transformación de un pienso compuesto en cerdos en crecimiento-cebo, empleando raciones que representan el 3, 4, 5 y 6 por ciento del peso del animal en materia seca del alimento, al objeto de conocer la influencia del nivel de la dieta sobre los coeficientes e índices mencionados.

Igualmente hemos utilizado los porcentajes de ración del 2,0 y 4,5 del peso del animal en materia seca del pienso.

Para ello se han realizado cuatro experiencias de digestibilidad por el método directo, diseñadas en cuadrado latino y siguiendo las técnicas recomendadas por la Federación Europea de Zootecnia.

Se han confeccionado gráficas, donde se representan las variaciones encontradas en el crecimiento e índices de transformación, debidas a los distintos niveles de dieta.

Por último hemos tratado estadísticamente nuestros resultados empleando el análisis de varianza, la prueba de significación de promedios y coeficientes de correlación con su error probable.

De nuestros ensayos concluimos.

1.º—Disminuye la digestibilidad de la sustancia seca, sustancia orgánica, proteína y materias extractivas libres de nitrógeno a medida que aumenta el nivel de la dieta, lo que se pone de manifiesto por las correlaciones negativas encontradas para estos nutrientes ( $P < .01$ ), no alterándose, desde el punto de vista estadístico, los valores encontrados para la fibra bruta y la grasa.

2.º—Al aumentar la edad y el peso de los animales, se observa una disminución de la digestibilidad de la grasa, y un aumento de los coeficientes de digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, proteína y materias extractivas libres de nitrógeno.

3.º—En lo que se refiere al incremento de peso diario, se fijan los niveles óptimos de dieta, durante la fase de cebo de los 40 a 96 kilogramos en:

5	%	de los 40 a 65 Kg.
4,5	%	de los 65 a 85 Kg.
4	%	de los 85 a 96 Kg.

4.º—Para los índices de transformación hemos observado que se incrementan a medida que aumenta la edad y peso de los animales, y mejoran con el aumento del nivel de la dieta hasta el 5 %.

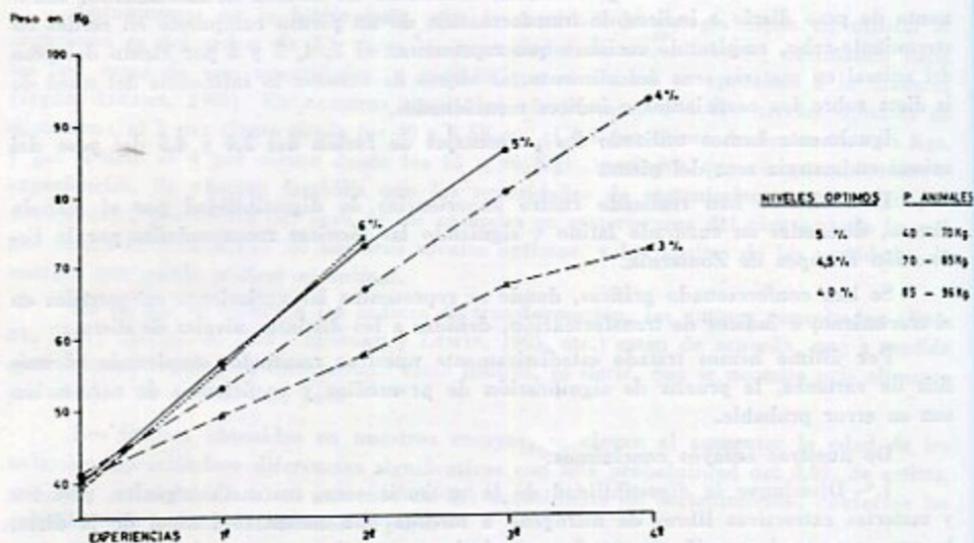
5.º—Los índices de transformación más idóneos, los ciframos en los siguientes niveles de dieta, según peso de los animales:

5	%	de los 40 a 65 Kg.
4,5	%	de los 65 a 85 Kg.
4	%	de los 85 a 96 Kg.

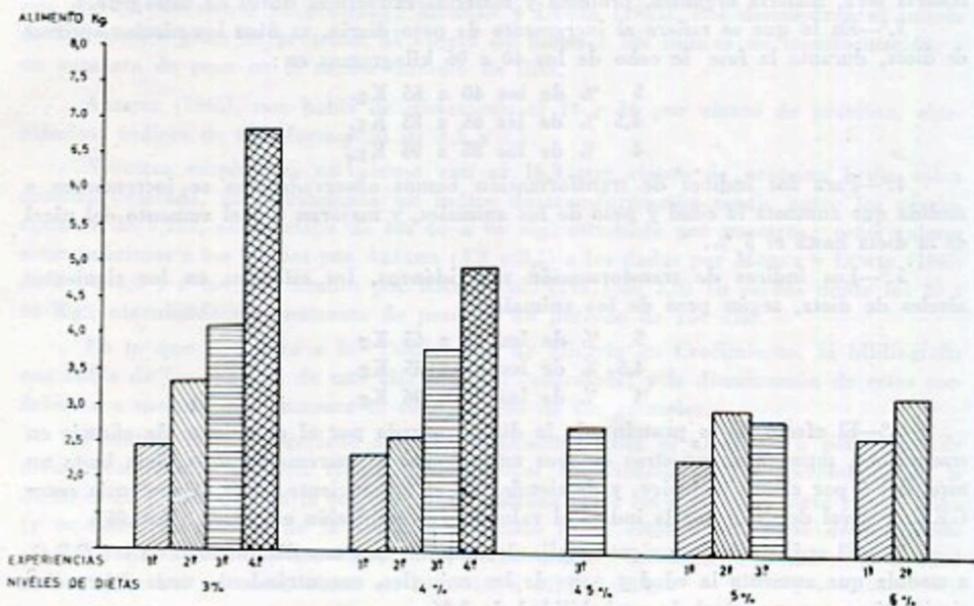
6.º—El efecto de la proteína de la dieta, juzgada por el coeficiente de eficacia en crecimiento, muestra en nuestros ensayos un aumento al incrementarse la dieta hasta un nivel del 5 por ciento inclusive, y descende con el 6 por ciento; esta dependencia entre C.E.C. y nivel de dieta nos la indica el valor de la correlación efectuada ( $P < .05$ ).

7.º—El análisis de la varianza realizado, nos muestra una disminución de los C.E.C. a medida que aumenta la edad y peso de los animales, encontrándonos unas diferencias significativas con un nivel de probabilidad de 0,05.

GRAFICA INCREMENTO DE PESO CON DISTINTOS NIVELES DE DIETAS



GRAFICA 2- INDICES DE TRANSFORMACION



## 3.—Bibliografía.

- ABRAMS, J. T., 1965.—Nutrición Animal y Dietética Veterinaria. Editorial ACRIBIA. Zaragoza.
- ALBANESE, A., 1959.—Protein and amino acid nutrition. Academic Press. New York.
- AXELSSONS, J., 1941.—Das Futtermittelsvermögen der Schweine und seine Konsequenzen für die Bewerung des Schweinefutters. Landw. Abteilung B. Tierernährung, 13: 413.
- BEESON, W. M., MERTZ, E. T. y SHELTON, D. C., 1959.—*Journal of Animal Science*, 8: 532.
- BELLIS, D. B., 1960.—The economic production of pig meat. Garden House Press Ltd. London.
- BLAXTER, K. L., 1964.—Metabolismo energético de los rumiantes. Editorial ACRIBIA. Zaragoza.
- BOZA, J. y VARELA, G., 1960.—Experiencias de digestibilidad con cerdos retintos de tipo ibérico. *Avances en Alimentación Animal*, 8: 5-12.
- BOZA, J., VARELA, G. y BRUGGER, F., 1966.—Influencia de la luz y el sexo sobre la digestibilidad y coeficientes de eficacia en crecimiento en ratas. *Ars Pharmaceutica*, 7: 5-24.
- BRODY, S., 1945.—Bioenergetic and Growth. Reinhold. New York.
- BRAUDE, R., TOWSEND, M. J., HARRINGTON, G. y ROWEL, J. G., 1958.—*Journal of Animal Science*, 51: 208.
- CAMPLING, R. C. y BLACH, C. C., 1961.—*Brit. Journal Nutrition*, 15: 523.
- CHAPMAN, D. G., CASTILLO, R. y CAMPBELL, J. A., 1959.—Evaluation of protein in food. I. A method for the determination of protein efficiency ratio. *Canadian Journal Biochem. Physiol.*, 37: 679.
- CHARTON, A. y LESBOUYRIES, G., 1957.—Nutrition des Mammifères Domestiques. Bases Physiologiques. Vigot frères éditeurs. Paris.
- DOUGHTY, J. y AYROYD, W. R., 1964.—Las leguminosas en la nutrición humana. Publicaciones de las Naciones Unidas. Roma.
- FERGUSON, K. A., 1956.—*Proc. Austral Soc. of Animal Prod.*, 1: 58.
- FONOLLÁ, J., 1967.—La edad como factor modificante de la digestibilidad de los cerdos. *Avances en Alimentación y Mejora Animal*, 7: 3.
- FORBES, R. M. y HAMILTON, T. S., 1952.—The utilization of certain cellulosic materials by swine. *Journal of Animal Science*, 3: 480.
- GUILBER y LOOSLI, J. K., 1949.—Tomado de BLAXTER, 1964.
- HAMMOND, J., 1959.—*Avances en Fisiología Zootécnica*. Editorial ACRIBIA. Zaragoza.
- JONES, D. y DIVIDE, J. P., 1944.—The protein nutritional value of soybean peanut and cottonseed flours and their value as supplements to wheat flour. *J. Nutrition*, 28: 41.

- LEROY, A.-M., 1956.—Cría racional del ganado. Zootecnia General. Ediciones GEA. Barcelona.
- LUKAS, I. A. M. y CALDER, A. F. C., 1957.—*Journal Agriculture Science*, 49: 184.
- LUKAS, I. A. M., CALDER, A. F. C. y McDONALD, T., 1960.—*Journal Agriculture Science*, 54: 81.
- MAKELA, A., 1962.—Citado en el trabajo de SANZ y VARELA, 1963.
- MAYNARD, L. A., 1955.—*Nutrición Animal*. 2.<sup>a</sup> Edición. UTEHA. México.
- MANSFIELD, W. E. y TREHANE, W. R., 1937.—*Journal R. Agriculture Science*, 98: 172.
- McMEEKAN, C. P., 1940.—Critical study of important factors in successful pig-keeping. Thesis, Cambridge. *Journal Agriculture Science*, 30: 276.
- MITCHELL, H. H., 1943.—Biological methods of measuring the proteins of food products. *Ind. and Eng. Chem. Anal. Ed.*, 16: 696.
- MITCHELL, H. H., 1944.—Determination of the nutritive value of the proteins of food products. *Journal Animal Science*, 2: 263.
- MORGAN, J. T. y LEWIS, D., 1965.—*Nutrición de cerdos y aves*. Editorial ACRIBIA. Zaragoza.
- OSBORNE, T. B., MENDEL, D. B. y FERRY EDNA, L., 1919.—A method of expressing numerically the growth value of proteins. *Journal Biological Chem.*, 37: 223.
- PERETIANU, J., ABRAHAM, J. y JACQUOT, R., 1963.—Une nouvelle technique de mesure du coefficient d'efficacité protéique et sa justification. *C. R. Acad. Sci.*, 256: 4751.
- PERETIANU, J. y ABRAHAM, J., 1963.—Nouvelle technique de mesure du coefficient d'efficacité protéique. *Ann. Nutrition*, 17: 81.
- REVUELTA, L., 1953.—*Bromatología Zootécnica y Alimentación Animal*. Salvat Editores, S. A., Madrid-Barcelona.
- RICE, V. A., ANDREWS, F. N., WARWICK, E. I. y LEGATES, J. E., 1957.—Breeding and improvement of farm livestock. McGraw-Hill. New York.
- ROSENBERG, H. R., 1959.—Protein and amino acid nutrition. Academic Press. New York.
- SANZ, F. y VARELA, G., 1963.—Factores que condicionan la toma voluntaria en alimentos. I Reunión Científica de la Sociedad Ibérica de Nutrición Animal. Madrid.
- SNEDECOR, G. W., 1964.—Métodos estadísticos aplicados a la investigación agrícola y biológica. Compañía Editorial Continental, S. A. México.
- TASKAR, A. D., PARTHASARATHY, N. R. y SHANTHA, C. S., 1959.—The influence of food intake and duration of feeding on evaluation of protein efficiency ratio. *Indian Journal Med. Res.*, 47: 696.
- TORRENT, J., VARELA, G. y BOZA, J., 1961.—Digestibilidad y valor nutritivo de la bellota en cerdos. Estudio de la capacidad de asentamiento en encinares. *Boletín del Servicio de Plagas Forestales*, IV, 8.
- VARELA, G., FERRER, J. y BOZA, J., 1961.—Experiencias de digestibilidad en cabras de raza granadina. *Zootecnia*, 4: 3.
- VARELA, G., BOZA, J. y JORDAN, J., 1962.—Experiencias de digestibilidad de la grasa del orujo bruto de aceituna. *Avances en Alimentación y Mejora Animal*, 9: 621.
- VARELA, G., FONOLLÁ, J. y RUANO, J., 1965.—Influencia del maíz sobre la digestibilidad y valor nutritivo de la bellota en cerdos. *Avances en Alimentación y Mejora Animal*, 4: 221.

VIDAL, M.<sup>a</sup> Concepción, 1965.—Stress digestivo por cambio brusco del tipo de grasa de la dieta. Tesis doctoral. Facultad de Farmacia, Granada.

"Porcentaje ratio influence on the digestibility and nutritive value of a diet in pigs".

## 7. SUMMARY AND CONCLUSIONS

We have determined the digestibility, growth efficiency coefficient, daily increase of weight and transformation indexes of a compound food in pigs during the fattening period, using rations representing 3, 4, 5, and 6 % of the weight of the animal in dry matter of the food, with the object of determining the influence of the level of the diet on these coefficients and indexes.

We have also used 2 and 4.5% rations of the weight of the animal in dry matter of the food.

Four digestibility experiments, based on a latin square and using the techniques recommended by the European Federation of Zootechnia, have been carried out by the direct method.

Graphs have been prepared showing the variations found in the growth and in the transformation indexes due to the different levels of diet.

Lastly, we have treated our results statistically using variance analysis, average significance test and correlation coefficients with their probable error.

From our experiments we draw the following conclusions:

1. The digestibility of the dry matter, organic matter, protein and nitrogen free extracts decreases as the level of the diet increases, which is shown by the negative correlations found for these nutrients ( $P < 0.01$ ), the values found for fibre and fat not varying from the statistical point of view.

2. As the age and weight of the animals increase, a decrease is observed of the digestibility of the fat, and an increase of the digestibility coefficients of the dry-matter, organic matter, protein and nitrogen free extracts.

3. As regards daily increase of weight, the following optimum levels of diet were fixed during the fattening period from 40 to 96 kgs.:

- 5% from 40 to 65 kgs.
- 4.5% from 65 to 85 kgs.
- 4% from 85 to 96 kgs.

4. We have observed that the transformation indexes increase as the age and weight of the animals increase and that they improve with the increase of the level of the diet up to 5%.

5. We consider the best transformation indexes in the following levels of diet, according to the weight of the animals:

5% from 40 to 65 kgs.

4.5% from 65 to 85 kgs.

4% from 85 to 96 kgs.

6. The effect of the protein of the diet, judged by the growth efficiency coefficient, shows, in our experiments, an increase when the level of the diet is increased up to 5%, and it then drops with an increase of 6%. This dependence between the growth efficiency coefficient and the level of the diet indicates the value of the correlation effected ( $P < 0.05$ ).

7. Variance analysis shows a decrease of the growth efficiency coefficients as the age and weight of the animals increase, significant differences being found with a probability level of 0.05.